

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



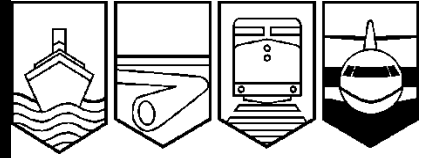
Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A09P0397



**PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC UN PLAN D'EAU
DU BEAVER DE HAVILLAND DHC-2 MK 1 C-GTMC
EXPLOITÉ PAR SEAIR SEAPLANES LTD.
À LYALL HARBOUR, ÎLE DE SATURNA
(COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 29 NOVEMBRE 2009**

Canada



A09P0397

<p>ÉVÉNEMENT</p>	<p>Le 29 novembre 2009, un de Havilland DHC-2 (Beaver) de Seair Seaplanes Ltd. quitte Lyall Harbour, Île de Saturna, pour se rendre à l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique). Après une tentative manquée de décollage vent arrière, l'aéronef décolle face au vent en direction de l'île. L'hydravion décolle, mais demeure plus bas que le relief avoisinant. Alors qu'il effectue un virage à gauche, l'aéronef descend et percute la surface de l'eau. Le pilote et un passager survivent, mais sont gravement blessés. Les autres 6 occupants se sont noyés à l'intérieur de l'hydravion.</p>
<p>QUESTIONS DE SÉCURITÉ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Au cours des 20 dernières années, près de 70 % des victimes d'accidents d'aéronefs qui se sont écrasés et ont coulé dans l'eau se sont noyées. Bon nombre d'enquêtes du BST ont permis de déterminer que les occupants étaient conscients et pouvaient se déplacer dans la cabine avant de se noyer. En effet, 50 % des personnes qui survivent à un écrasement ne réussissent pas à évacuer l'appareil et se noient. • Dans le cas présent, 2 occupants ont pu évacuer l'aéronef, mais aucun d'eux n'a réussi à saisir un gilet de sauvetage. Sans les bouées pare-chocs qu'ils ont trouvées à proximité et utilisées pour flotter, ils auraient facilement pu se noyer. Il a été démontré que ceux qui se retrouvent dans un aéronef submergé n'ont pas le temps de trouver et de mettre un vêtement de flottaison ou n'y pensent pas. Parmi les personnes qui ne survivent pas après avoir évacué l'appareil, 86 % se noient.
<p>RECOMMANDATIONS DU BST</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le ministère des Transports exige que les sorties normales et les issues de secours des hydravions commerciaux, neufs et actuellement en service, permettent une évacuation rapide après un impact avec l'eau offrant des chances de survie. • Le ministère des Transports exige que les occupants d'hydravions commerciaux portent un dispositif individuel qui assure leur flottaison après une évacuation d'urgence.



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 aéronautique

Perte de maîtrise et collision avec un plan d'eau

Du Beaver de Havilland DHC-2 MK 1 C-GTMC
exploité par Seair Seaplanes Ltd.

à Lyall Harbour, île de Saturna
(Colombie-Britannique)

le 29 novembre 2009

Rapport numéro A09P0397

Sommaire

Le de Havilland DHC-2 MK 1 de Seair Seaplanes Ltd. (immatriculé C-GTMC et portant le numéro de série 1171) quitte Lyall Harbour sur l'île de Saturna pour se rendre à l'hydroaérodrome de l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique). Après une tentative manquée de décollage vent arrière, l'aéronef décolle face au vent en direction de Lyall Harbour. À environ 16 h 3, heure normale du Pacifique, l'hydravion décolle, mais demeure plus bas que le relief avoisinant. Alors qu'il effectue un virage à gauche, l'aéronef descend et percute la surface de l'eau. Des personnes à proximité réagissent immédiatement; cependant, la cabine est entièrement submergée quand elles atteignent l'appareil. Il y avait 8 personnes à bord; le pilote et 1 passager adulte survivent, mais sont gravement blessés. Aucun signal de l'émetteur de localisation d'urgence n'est capté.

This report is also available in English.

1.0 Renseignements de base.....	1
1.1 Itinéraire de vol	1
1.2 Conditions météorologiques	1
1.3 Le pilote	2
1.4 L'aéronef.....	3
1.5 Masse et centrage	4
1.6 Séquence de l'accident.....	5
1.7 Examen de l'épave	6
1.8 Questions relatives à la survie des occupants.....	7
1.9 Décrochage aérodynamique.....	9
1.10 Caractéristiques de décrochage du DHC-2	10
1.11 Essais en vol après l'accident	11
1.12 Procédures d'exploitation de l'entreprise.....	12
1.13 Études antérieures portant sur la sécurité des hydravions et des avions à flotteurs	13
2.0 Analyse	15
3.0 Conclusions	17
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	17
3.2 Faits établis quant aux risques	17
4.0 Mesures de sécurité.....	19
4.1 Mesures de sécurité prises	19
4.1.1 Seair Seaplanes Ltd.	19
4.1.2 Viking Air Limited.....	19
4.1.3 Transports Canada.....	19
4.2 Mesures de sécurité à prendre	20
4.2.1 Évacuation d'urgence d'un hydravion	20
4.2.2 Port de vêtement de flottaison individuel.....	21

Annexes

Annexe A - Graphique de masse et centrage	23
Annexe B - Études du BST sur la sécurité et communications du BST sur la sécurité des hydravions et des avions à flotteurs	24
Annexe C - Rapports d'enquête du BST sur les accidents où les occupants ont eu de la difficulté à évacuer un hydravion	26
Annexe D - Rapports d'enquête du BST sur les accidents où le centre de gravité de l'hydravion était un facteur contributif	29

Figures

Figure 1. Lyall Harbour avec trajectoire de vol et vents	5
Figure 2. Emplacement des sièges et des points de sortie	8

1.0 Renseignements de base

1.1 Itinéraire de vol

L'aéronef effectuait un vol en plusieurs étapes selon les règles de vol à vue en partance de l'hydroaérodrome situé à l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique) avec des escales prévues à l'île Mayne, à l'île Pender et à l'île Saturna avant de revenir à l'aéroport international de Vancouver. L'aéronef devait prendre des passagers et leurs bagages à chaque escale. Il devait quitter Lyall Harbour sur l'île Saturna rempli de passagers. Avant chaque départ, le pilote a indiqué aux passagers l'emplacement des portes, comment manipuler les poignées d'ouverture des portes, comment mettre la ceinture de sécurité, ainsi que l'emplacement des gilets de sauvetage. Il a aussi invité les passagers à consulter la carte de mesures de sécurité, mais il ne leur a pas expliqué comment sortir de l'hydravion si celui-ci était submergé, ce qui ne contrevenait pas à la réglementation.

À Lyall Harbour, le départ de l'aéronef était prévu pour 16 h¹, et à Vancouver, le coucher du soleil était à 16 h 18. Le temps de vol normal entre Lyall Harbour et Vancouver est d'environ 15 minutes. L'aéronef devait se poser à Vancouver avant le crépuscule civil, qui aurait lieu à 16 h 54².

1.2 Conditions météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière de 16 h pour Victoria indiquait les conditions suivantes : des vents du 160 degrés vrai à 13 nœuds, une visibilité de 20 milles terrestres, des nuages épars à 800 pieds au-dessus du sol (agl), à 1400 pieds agl, à 2500 pieds agl et à 5000 pieds agl, une couche de nuages épars à 20 000 pieds agl, une température de 10 °C, un point de rosée de 9 °C et un calage altimétrique de 30,24 pouces de mercure.

Au moment où s'est produit l'accident, le vent qui soufflait à Lyall Harbour a été un élément particulièrement important. Selon les données locales, la direction du vent variait de 082° à 165° vrai, et il a été estimé qu'il soufflait généralement du sud-est à 18 nœuds avec des rafales de 26 nœuds. Lorsque le vent souffle du sud-est, les hydravions utilisent le couloir protégé du vent par le secteur montagneux de l'île (voir la figure 1). De telles conditions sont propices à la création de turbulences mécaniques et d'ondes orographiques.

Les turbulences mécaniques sont produites par le passage du vent sur un relief ou des obstacles ou autour de ceux-ci. Lorsque l'air près de la surface de la terre passe par dessus un obstacle, qu'il s'agisse d'une falaise, de collines, de montagnes ou de bâtiments, l'écoulement normal horizontal du vent est perturbé et se transforme en une série complexe de tourbillons et de

¹ Les heures sont exprimées en heure normale du Pacifique (temps universel coordonné moins 8 heures).

² Le crépuscule civil prend fin lorsque le centre du disque solaire se trouve à 6° au-dessous de l'horizon.

mouvements irréguliers. L'intensité et l'ampleur des turbulences mécaniques dépendent de la vitesse du vent, de l'irrégularité du terrain (ou de la nature de l'obstacle) et de la stabilité de l'air. Si les turbulences associées à un vent faible sont généralement insignifiantes ou faibles, un vent qui souffle plus vite par-dessus des obstacles plus importants produit des turbulences mécaniques plus intenses et qui peuvent s'étendre à des niveaux plus hauts³.

Les ondes orographiques se produisent lorsque⁴ :

- la direction du vent est en deçà de 30° de la ligne perpendiculaire à l'axe du relief montagneux;
- la vitesse du vent au sommet de la crête est de 15 nœuds ou plus.

Généralement, lorsque le vent bute sur un relief, une masse d'air est forcée en altitude puis s'écoule en vagues après avoir passé la crête. La longueur des ondes et l'amplitude des oscillations dépendent en partie de l'altitude du relief, de la vitesse du vent et de la stabilité atmosphérique. Les courants verticaux à l'intérieur des oscillations peuvent atteindre des vitesses de 2000 pieds par minute.

Les ondes orographiques peuvent créer une zone de turbulence sur le versant descendant et sous la dorsale. En effet, un vent fort soufflant sur une crête crée une zone de basse pression en aval due à ce qu'on appelle l'effet de Bernoulli⁵. Au contact avec la surface du terrain, il se produit une friction qui crée des tourbillons dans l'écoulement de l'air. Tout comme pour les turbulences mécaniques, l'amplitude du phénomène dépend de la force du vent, de la nature du relief et de la stabilité de l'air. Si l'air est humide, des nuages de tourbillon d'aval peuvent se former.

1.3 Le pilote

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel, et était certifié et qualifié pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Il avait à son actif environ 2800 heures de vol, dont près de 2350 heures sur le de Havilland DHC-2 (le Beaver). Une grande partie de son expérience de pilote professionnel a été acquise sur des avions à flotteurs, desservant en général les îles Gulf de la Colombie-Britannique.

Le pilote était en congé pendant les 3 jours qui ont précédé celui de l'accident et n'avait effectué que 2,2 heures de vol au cours de la semaine précédente. La nuit précédente, il avait eu un sommeil réparateur. Il n'avait effectué aucun autre vol avant celui de l'accident. La fatigue n'est pas considérée comme un facteur contributif à l'accident.

³ United States Navy. (2003). *Aviation Weather Student Guide*, CNATRA P-303 (Rev 03-03).

⁴ Federal Aviation Administration. (2001). *Aeronautical Information Manual – Official Guide to Basic Flight Information and ATC Procedures*, section 7-5-6.

⁵ Selon le théorème de Bernoulli, une accélération de la vitesse d'un fluide (comme de l'air) produit une diminution de la pression. La vitesse du vent au-dessus de la crête a sans doute créé une zone de basse pression en aval.

Six semaines avant l'accident, le pilote avait suivi une formation en évacuation d'urgence subaquatique. Aucune réglementation en vigueur ne le prescrit, mais l'entreprise avait pris l'initiative d'offrir cette formation.

1.4 L'aéronef

Construit en 1957, l'hydravion comportait 4 portes, soit 2 portes à l'avant pour l'accès au siège du pilote et au siège du passager avant, et 2 portes pour la cabine principale. Généralement, c'est par la porte de la cabine principale située à gauche de l'hydravion et derrière le pilote que tous les passagers embarquent dans l'hydravion et en débarquent. C'est le pilote qui ouvre et ferme habituellement cette porte pour les passagers, alors que lui-même utilise la porte avant gauche. Lorsque les portes de la cabine principale sont fermées, la personne assise près de la porte ne peut pas facilement atteindre la poignée, puisque celle-ci se trouve alors à l'arrière de son siège. Les portes avant et arrière situées du côté droit sont rarement utilisées, puisque lorsque l'hydravion est amarré au quai, elles se retrouvent généralement du côté opposé au quai, donc du côté de l'eau.

L'hydravion en cause était à l'origine un hydravion des forces armées des États-Unis, et il avait alors été équipé de portes largables. C'est au cours des années 1970 qu'il a été importé au Canada. Les portes largables n'étant pas certifiées pour un usage civil au Canada, elles ont été remplacées par des portes ordinaires. Il n'y a eu aucune modification approuvée visant à équiper l'hydravion de grandes fenêtres cassables ou largables à ouverture instantanée afin d'ajouter des sorties d'urgence, et aucune n'a été installée.

Avant que Seair Seaplanes Ltd. (Seair) n'achète l'appareil, d'autres propriétaires avaient apporté les modifications suivantes :

- Certificat de type supplémentaire (CTS) SA92-63 de Viking Air Limited :
Modification visant à augmenter le poids brut à 5500/5600 livres;
- CTS SA397NW de la Federal Aviation Administration (FAA) : Déplacement de la batterie de type Gill du fuselage arrière au côté avant de la cloison pare-feu.

Conformément aux exigences du CTS SA92-63, on a installé un avertisseur de décrochage comprenant un voyant sur le tableau de bord et un avertisseur sonore. Selon le CTS, le circuit de l'avertisseur de décrochage doit être constamment sous tension, peu importe la position de l'interrupteur batterie. C'est ce qu'on appelle un circuit sous tension permanente. Selon le CTS, pour le maintenir sous tension, il faut relier le circuit de l'avertisseur de décrochage au circuit d'éclairage de la cabine, lequel est protégé par un disjoncteur de 15 ampères et relié directement à la batterie.

Le CTS SA 397NW, qui visait à déplacer le centre de gravité vers l'avant, demandait que l'on déplace la batterie de la queue au compartiment de nez de l'hydravion. À cette fin, il fallait retirer le circuit d'alimentation permanente et le disjoncteur de 15 ampères qui devaient à l'origine alimenter l'éclairage cabine et les feux de mouillage.

Les modifications rendues nécessaires par les CTS SA92-63 et SA 397NW ont été apportées par Victoria Air Maintenance. Toutefois, le propriétaire précédent n'a pas trouvé la documentation

relative à cette maintenance. À un moment donné, on ne sait pas quand, le circuit d'alimentation permanente a été reconnecté à la batterie par l'intermédiaire d'un disjoncteur de 5 ampères au lieu du disjoncteur initial de 15 ampères. Un fusible de 5 ampères offrirait une protection adéquate pour le circuit de l'avertisseur de décrochage de 5 ampères.

L'hydravion avait été vendu à une entreprise aux États-Unis avant d'être racheté par Seair et rapatrié au Canada. Lors de la vérification de la navigabilité de l'appareil, qui s'inscrit dans les procédures d'importation, les problèmes de câblage de l'avertisseur de décrochage n'ont pas été détectés. De plus, d'après les procédures de maintenance et le supplément du manuel de vol de l'aéronef, aucune vérification du bon fonctionnement de l'avertisseur de décrochage n'a été effectuée.

Pendant que l'hydravion était exploité par Seair, un voyant d'essai de l'émetteur de localisation d'urgence (ELT) d'un ampère et des lampes de lecture de cartes de 5 ampères à l'usage du pilote avaient été connectés au même circuit sous tension permanente de l'avertisseur de décrochage, protégé par un fusible de 5 ampères. Le fonctionnement simultané de 2 de ces 3 systèmes aurait suffi à surcharger le circuit au-delà de la capacité du fusible de 5 ampères et à griller ce dernier.

À un moment donné, on a modifié l'avertisseur sonore de l'avion en question en le remplissant de scellant en silicone afin de le rendre moins bruyant, mais cette modification n'a pas été consignée. Il est important de souligner qu'un avertisseur modifié pour être moins bruyant ne sera probablement pas audible par-dessus le bruit du moteur à la puissance de décollage.

1.5 Masse et centrage

Il y avait à bord de chaque appareil des disques à calculer que les pilotes pouvaient utiliser pour calculer la masse et le centrage de l'appareil. Selon les calculs du pilote, la masse au décollage était de 5050 livres et le centre de gravité se situait à la limite arrière de la plage de centrage de l'hydravion (voir l'annexe A). Ces calculs étaient basés sur les poids standard d'été pour les passagers et un poids des bagages estimé à 176 livres.

Se servant des mêmes données, les enquêteurs du BST ont calculé que le centre de gravité était à - 6,27 pouces (indiqué en rouge dans l'annexe A). Les bagages, une fois séchés, pesaient 214 livres⁶. Au moment du décollage, la masse réelle de l'aéronef était donc de 5204 livres, soit 296 livres en dessous de la masse brute maximale au décollage, et le centre de gravité se situait à - 6,97 pouces (soit 0,87 pouce en arrière de la limite arrière de la plage de centrage indiquée en vert dans l'annexe A).

⁶ La capacité maximale du compartiment à bagages est de 200 livres.

1.6 Séquence de l'accident

Les pilotes d'hydravion décollent généralement de Lyall Harbour dans une direction ouest à nord-ouest, une trajectoire de vol qui est libre de tout obstacle et présente une route plus favorable vers Vancouver. Après une tentative manquée de décollage vent arrière en direction nord-ouest, le pilote a tourné l'hydravion face au vent puis a décollé en direction de Lyall Harbour (voir la figure 1).

Selon le manuel de vol de l'aéronef, les volets doivent être en position de décollage lorsque l'avion décolle. Or, les volets étaient braqués en configuration d'atterrissage pour le décollage. Rien dans le manuel de vol n'indique qu'il est interdit aux avions de décoller si les volets sont dans une telle configuration.

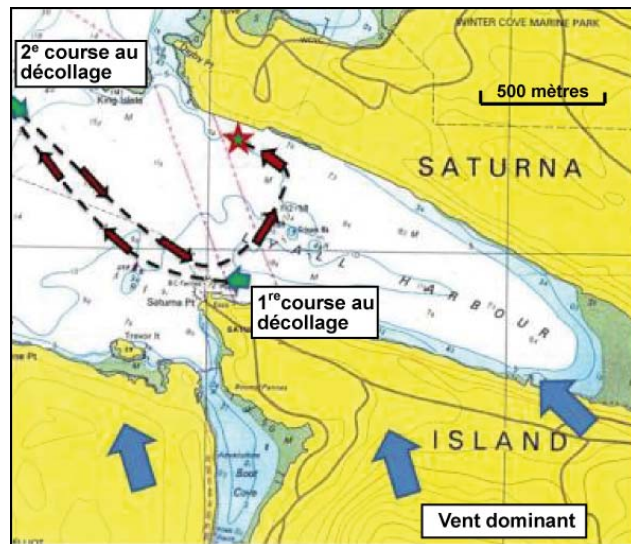


Figure 1. Lyall Harbour avec trajectoire de vol et vents

Dans un premier temps, au décollage, l'hydravion a pris de l'altitude et le pilote a utilisé la puissance de montée. La position des volets est restée inchangée après le décollage. Alors que l'hydravion entrait dans le port, sa vitesse ascensionnelle a baissé et l'appareil est resté à une altitude inférieure à celle du relief avoisinant. Le pilote s'efforçait d'atteindre l'angle optimal de montée pour franchir le relief ascendant et son regard était tourné vers l'extérieur. Le vent poussant l'aéronef vers la crête nord, le pilote a exécuté un virage à gauche (vent arrière) afin de sortir du port.

Pendant le virage, l'aile gauche s'est rabattue, l'appareil a piqué du nez et le pilote a appliqué la puissance maximale. Cependant, l'aéronef est descendu rapidement. À aucun moment pendant le décollage ou la perte de contrôle, l'avertisseur de décrochage ou le voyant d'alarme⁷ n'ont été remarqués. Juste avant que l'avion percute la surface de l'eau, le pilote avait réussi à ramener les ailes à l'horizontale et à établir une légère assiette en cabré. Malgré tout, la vitesse verticale de descente de l'hydravion est restée élevée. Au contact de l'eau, les flotteurs se sont repliés vers le haut, heurtant les ailes et l'hélice. Le siège du pilote s'est brisé et a libéré ce dernier, ce qui a sans doute contribué à la gravité de ses blessures et nuit à sa capacité d'aider les passagers.

⁷

Voir la rubrique intitulée Décrochage aérodynamique ci-dessous.

1.7 Examen de l'épave

Les plongeurs sauveteurs ont trouvé l'hydravion à 14 mètres de profondeur, la queue pointant vers le haut. La porte droite de la cabine et celle de gauche du poste de pilotage étaient ouvertes. Il a été impossible d'ouvrir la porte droite du poste de pilotage et la porte gauche de la cabine.

Une fois sortie de l'eau, l'épave a été transportée au laboratoire d'examen d'épaves du BST, situé à Richmond (Colombie-Britannique). Les dommages semblent correspondre à ceux produits par un impact à plat de force importante, avec le moteur tournant à pleine puissance.

Les mécanismes des commandes de vol ne présentaient aucun signe de dommages antérieurs à l'impact. Les volets étaient en configuration d'atterrissage. Une biellette de commande des volets, qui était brisée, a laissé des marques attestant le fait que les volets étaient en configuration d'atterrissage au moment de l'impact. Le compensateur de profondeur était réglé presque en plein piqué.

La commande de richesse était réglée en position étouffoir et la poignée des gaz était réglée à ralenti. La tringlerie de ces 2 commandes était cassée.

La force de l'impact a déformé le fuselage, ce qui a eu pour conséquence de coincer la porte gauche de la cabine par où se font habituellement l'embarquement et le débarquement des passagers. Il a fallu forcer pour ouvrir la porte droite du poste de pilotage.

Il y avait 7 gilets de sauvetage à bord : 5 ont été trouvés sous les sièges, dans leur pochette de rangement, 2 des gilets étaient sortis de leur pochette. Il n'a pas été possible de déterminer si ces 2 gilets avaient été retirés de leur pochette par l'un ou l'autre des passagers ou s'ils s'étaient détachés au cours de l'accident ou lors de la récupération de l'épave.

La fenêtre de la porte droite de la cabine était brisée, tout comme la fenêtre située au-dessus de la porte de la soute à bagages. C'est par là que l'air est sorti et que l'eau est rentrée peu après l'impact.

Le châssis du siège du pilote est resté fixé au plancher, mais le dossier du siège ainsi que les fixations de la ceinture abdominale se sont brisés. Le siège avant de droite (poste de pilotage) est resté en place.

Une attache autobloquante maintenait le disjoncteur du circuit d'éclairage cabine dans la position déclenchée, on ignore pourquoi.

L'avertisseur de décrochage comportait les anomalies suivantes :

- le klaxon était rempli de silicone;
- le filament de l'ampoule électrique de l'avertisseur de décrochage ne s'était pas étiré, ce qui signifie que l'ampoule n'était pas allumée;
- le circuit d'alimentation permanente d'origine, qui était doté d'un disjoncteur de 15 ampères, avait été retiré;

- un nouveau circuit d'alimentation permanente, qui était doté d'un fusible de 5 ampères, avait été installé;
- le fusible de 5 ampères était grillé.

1.8 Questions relatives à la survie des occupants

Après l'impact, le pilote est resté inconscient pendant un bref instant. Dès qu'il a retrouvé ses esprits, il a pu sortir du poste de pilotage submergé en appliquant les manœuvres qu'il avait récemment apprises lors d'une formation en évacuation subaquatique. C'est par la porte gauche du poste de pilotage, qui s'était détachée au moment de l'impact, que le pilote est sorti de l'hydravion. Après avoir tenté d'ouvrir la porte gauche de la cabine sans y parvenir, il s'est dirigé vers l'arrière de l'hydravion. La fenêtre au-dessus de la soute à bagages étant brisée, le pilote a tendu le bras, mais n'a trouvé personne. Le pilote n'a récupéré aucun des gilets de sauvetage qui se trouvaient à bord de l'hydravion.

Un passager assis dans la rangée du milieu près de la porte droite de la cabine était resté conscient pendant toute cette série d'évènements. Après avoir décroché sa ceinture de sécurité, il a flotté loin de la sortie et s'est retrouvé dans une bulle d'air située à l'arrière de l'hydravion. Il a ensuite trouvé la porte droite de la cabine et a pu ainsi s'échapper de l'avion. En sortant de l'hydravion, le passager n'a récupéré aucun des gilets de sauvetage qui se trouvait à bord, mais ayant trouvé à la surface 2 bouées pare-chocs⁸ à portée de main, il en a saisi une et a donné l'autre au pilote.

La ceinture de sécurité de 4 des passagers adultes était détachée. Ils n'ont pas pu sortir de l'hydravion et se sont noyés. La figure 2 montre l'emplacement des sièges, les portes qui étaient ouvertes ainsi que celles qui étaient bloquées.

⁸ Cylindres hermétiques en plastique qu'utilisent les plaisanciers pour protéger leur bateau au moment de l'accostage.

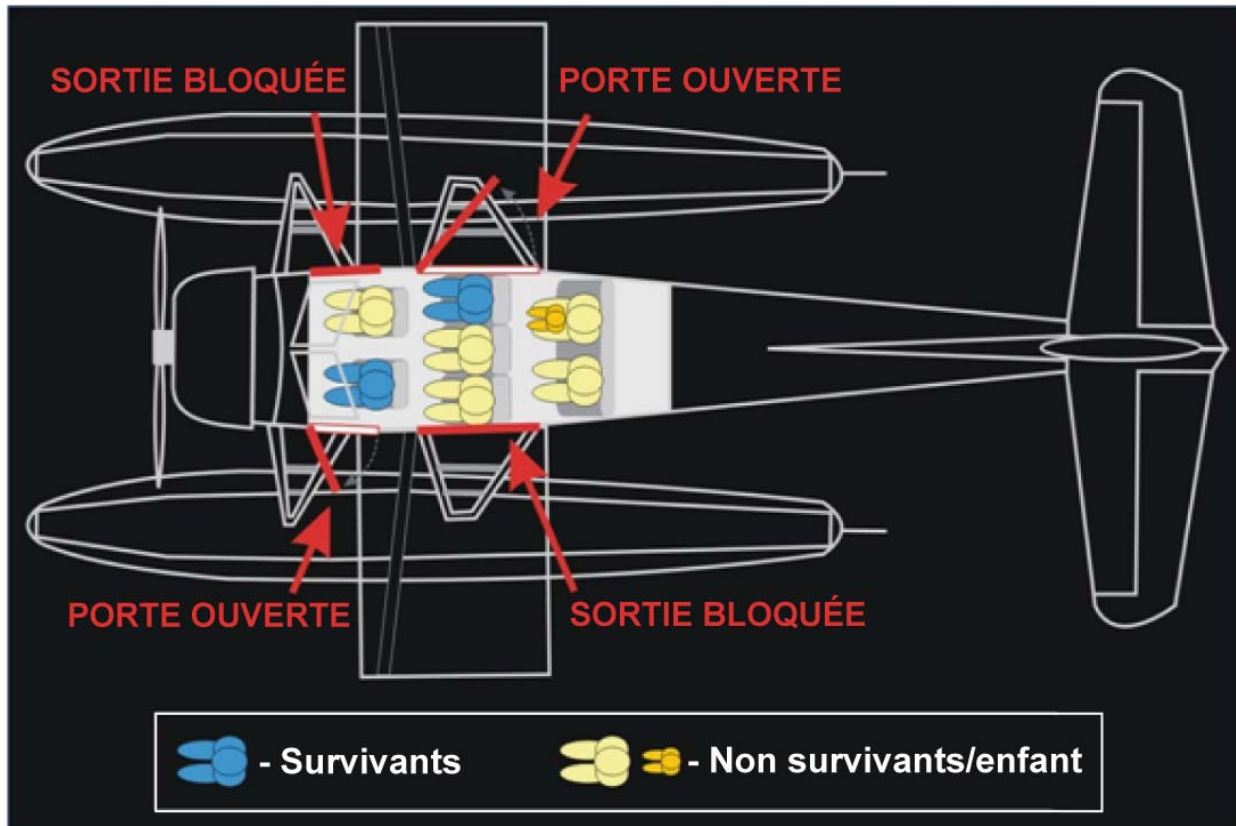


Figure 2. Emplacement des sièges et des points de sortie

Les flotteurs et le fuselage ont absorbé une grande partie de la force de l'impact. La force d'accélération subie par les occupants de l'hydravion variait en fonction de la force exercée sur le fuselage à l'endroit où ils se trouvaient. La force d'impact était considérée comme survivable. Il n'en reste pas moins que 6 passagers sont décédés et que seuls le pilote et 1 passager ont survécu à l'accident.

D'après les recherches antérieures sur les accidents d'aéronefs submergés, seuls 10 % à 15 % des occupants sont capables d'exécuter les manœuvres de sortie requises de façon efficace⁹. Pour un autre 10 % à 15 % des occupants, l'intensité du stress les empêche de bouger, ce qui réduit considérablement leurs chances de survie. Quant au 75 % restant, ils se retrouvent étourdis ou traumatisés, mais peuvent généralement réussir à s'en tirer s'ils ont suivi une bonne formation en évacuation subaquatique et s'ils sont bien préparés à une telle éventualité. L'accès restreint aux portes de sortie normales, la température de l'eau, l'obscurité et la désorientation causée par un impact avec l'eau sont autant de facteurs qui réduisent la capacité des occupants à évacuer un aéronef immergé. La formation en évacuation et l'exposé aux passagers insistent surtout sur l'importance de mémoriser l'emplacement des sorties qui sont clairement indiquées sur les cartes de consignes de sécurité des passagers. Toutefois, d'après les renseignements anecdotiques obtenus, peu de passagers consultent ces cartes.

⁹ Brooks, C.J., MacDonald, C.V., Donati, L., & Taber, J.T. (2008). Civilian Helicopter Accidents into Water: Analysis of 46 Cases, 1979-2006. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79(10), p. 935 à 940.

Des recherches ont également démontré que la capacité à retenir son souffle est un des principaux facteurs de survie lors d'un accident sur l'eau. En effet, les chercheurs ont conclu que le manque de capacité d'apnée est à l'origine d'un taux de mortalité de 15 % à 50 % lors d'accidents aquatiques¹⁰. Une étude a révélé que la capacité moyenne d'apnée dans une eau d'une température de 25 °C était de 37 secondes. Or, cette capacité chute entre 5 à 10 secondes dans une eau dont la température se rapproche du point de congélation¹¹. En novembre, la température moyenne de l'eau dans cette région se situe autour de 10 °C. L'utilisation d'un appareil respiratoire sous-marin par des occupants, à qui on a montré comment l'utiliser correctement, peut prolonger le temps disponible pour sortir d'un aéronef submergé.

Pour une personne qui a réussi à évacuer un aéronef submergé dans des eaux profondes, la survie devient une préoccupation importante. Selon l'Étude de sécurité du BST portant sur les possibilités de survie dans les accidents d'hydravions (SA9401), il est peu probable que devant l'urgence de rejoindre la surface de l'eau, les personnes pensent à se saisir d'un gilet de sauvetage entreposé dans l'aéronef. Or, sans gilet de sauvetage, la personne dépense beaucoup d'énergie à se maintenir à la surface de l'eau. Un tel effort physique cause une perte de chaleur, épuise et aboutit éventuellement à la noyade. Les probabilités de survie d'une personne qui ne porte pas de gilet de sauvetage sont encore plus minces si elle est blessée.

1.9 Décrochage aérodynamique

Un décrochage aérodynamique survient lorsque l'angle d'attaque de l'aile excède l'angle d'attaque critique où l'écoulement de l'air commence à se décoller. Il y a décrochage de l'aile lorsque l'écoulement de l'air décolle de l'extrados et que la portance diminue au point de ne plus supporter l'aile. Même si le décrochage survient toujours au même angle d'attaque, il peut se produire à toutes les vitesses.

On utilise souvent la vitesse indiquée pour anticiper les conditions de décrochage. Plus l'hydravion vole vite, moins l'angle d'attaque doit être prononcé pour assurer une portance égale à la masse de l'appareil. Au fur et à mesure que l'appareil ralentit, il faut accroître l'angle d'attaque pour engendrer une portance égale à la masse. Si un aéronef ralentit davantage, il arrivera un point où l'angle d'attaque sera égal à l'angle d'attaque critique (angle de décrochage). La vitesse de décrochage est la vitesse à laquelle l'appareil ne peut pas générer une portance suffisante pour se maintenir en vol.

La vitesse à laquelle un décrochage se produit dépend de plusieurs éléments, dont le facteur de charge, les manœuvres en cours d'exécution et les rafales.

¹⁰ Hayward, J.S., Eckerson, J.D., et Collis, M.L. (1977). Thermoregulatory Heat Production in Man: Prediction Equation Based on Skin and Core Temperature. *J. Appl. Physiol.* 42. p. 377 à 384.

¹¹ Cheung, S.S., D'Eon, N.J., Brooks, C.J. (2001). Breath-Holding Ability of Offshore Workers Inadequate to Ensure Escape from a Ditched Helicopter. *Aviation Space and Environmental Medicine*; 72, p. 912 à 918.

Le facteur de charge est le rapport de la force de portance de l'aéronef par rapport à son poids et représente une mesure de la contrainte, ou de la charge, à laquelle est soumise la structure de l'aéronef. Le facteur de charge est exprimé en nombre de « g » à cause de l'accélération due à la gravité ressentie par une personne à l'intérieur de l'appareil.

Lors d'un vol rectiligne en palier, la portance est égale au poids de l'appareil et le facteur de charge est égal à 1 (ou 1 g). Toutefois, un virage incliné en palier nécessite plus de portance. Pour ce faire, il faut augmenter l'angle d'attaque (en tirant sur la commande de profondeur) ce qui augmente le facteur de charge. Au fur et à mesure que l'angle d'inclinaison augmente, le facteur de charge augmente en proportion, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse de décrochage. Par conséquent, l'exécution d'une telle manœuvre nécessite souvent une augmentation de la puissance afin de maintenir la vitesse indiquée.

Les rafales suscitent une augmentation momentanée du facteur de charge. Dans les cas extrêmes, une rafale, surtout une rafale verticale ascendante, peut être suffisamment forte pour causer le décrochage aérodynamique de l'aile.

Pour sortir d'un décrochage, il faut habituellement ramener les ailes à l'horizontale, pousser sur le manche (baisser la gouverne de profondeur) et mettre la puissance maximale ou partielle. Dès que l'appareil montre signe d'être sorti du décrochage, le pilote ramène graduellement le manche pour sortir du piqué. Au fur et à mesure que la sortie du décrochage progresse et que le vol en palier est rétabli, le pilote met l'hydravion en cabré (remonte la gouverne de profondeur) afin de regagner l'altitude perdue.

1.10 Caractéristiques de décrochage du DHC-2

En 1947, le Beaver avait été certifié conformément aux exigences de navigabilité civiles britanniques et ses caractéristiques de décrochage étaient considérées comme acceptables. Cependant, à l'approche d'un décrochage, le Beaver ne manifeste pas ou très peu de tremblements annonçant un décrochage et, si un avertisseur n'est pas installé, le début d'un décrochage peut prendre le pilote par surprise.

Les vols d'essai effectués en 1992 ont révélé que le Beaver équipé de flotteurs (limite arrière du centre de gravité [CG], ailes horizontales et puissance maximale continue) décrochait à la vitesse indiquée de 55 mi/h si les volets étaient en position de décollage et à la vitesse indiquée de 54 mi/h si les volets étaient en position d'atterrissage.

Le Beaver utilisé pour les essais de décrochage en virage n'était pas équipé de flotteurs. Lorsqu'un avion équipé de roues a été mis en décrochage à un angle d'inclinaison de 30°, il a piqué du nez et roulé d'abord dans le sens de l'inclinaison et ensuite dans le sens opposé. Le roulement le plus prononcé a été de 50° et la perte d'altitude la plus importante a été de 100 pieds avant que le pilote appliquant la manœuvre appropriée ne reprenne la maîtrise de l'appareil. Le pilote d'essai a souligné que le Beaver n'avait manifesté que peu ou pas de tremblements, qui sont normalement les signes précurseurs d'un décrochage.

Les vols d'essai de certification sont effectués dans des conditions contrôlées. Or, dans des conditions plus difficiles, notamment lorsqu'il y a turbulence du vent et glissades involontaires,

les caractéristiques de décrochage peuvent être aggravées par des angles d'inclinaison plus prononcés et une perte d'altitude plus importante. Aussi, lorsque le décrochage est involontaire, il se peut que le pilote ne réalise pas tout de suite ce qui se passe et on peut s'attendre à une perte d'altitude de plus de 100 pieds.

Un centrage à la limite arrière peut causer, entre autres :

- une diminution de la vitesse de décrochage de l'aéronef;
- une diminution de la stabilité longitudinale;
- de violentes caractéristiques de décrochage;
- une sortie de décrochage difficile¹².

En 2009, dans une note d'information de la FAA, on décrivait les caractéristiques de décrochage du Beaver avec un centrage avant comme étant dociles et prévisibles. Toutefois, l'appareil a fait l'objet de nombreuses modifications approuvées visant à accroître la charge utile et à faciliter le chargement à la limite de centrage arrière. La FAA soutient que les caractéristiques de décrochage du Beaver avec un centrage à la limite arrière sont instables et imprévisibles et que pour les vols dans de telles conditions, il est souvent impossible de sortir à temps d'un décrochage à basse altitude.

1.11 Essais en vol après l'accident

À la suite de l'accident, Viking Air Limited a procédé à des essais en vol pour lesquels Transports Canada (TC) avait accordé un permis de vol. Un Beaver semblable à celui de l'accident a été utilisé afin de déterminer les performances de décollage et de montée lorsque les volets étaient en configuration de décollage et d'atterrissage. La charge de l'hydravion était de 5280 livres et le centrage était situé près de la limite arrière.

Les essais de décollage ont démontré que l'hydravion parvenait à décoller et à atteindre une altitude de 50 pieds en 35 secondes lorsque les volets étaient en configuration de décollage et en 36 secondes lorsque les volets étaient en configuration d'atterrissage. L'angle optimal de montée était également très similaire. Le jour de l'essai, la température enregistrée se situait entre 4 °C et 5 °C et les 2 vitesses ascensionnelles moyennes étaient de 500 pieds par minute.

On utilise généralement la vitesse d'angle de montée optimale pour franchir un obstacle, ce qui correspond pour ces hydravions à 1,2 fois la vitesse de décrochage (v/v_s) ou à une vitesse indiquée de 70 mi/h lorsque les volets sont en configuration de décollage et de 68 mi/h lorsque les volets sont en configuration d'atterrissage. Pendant les vols d'essai, l'avertisseur de décrochage s'est déclenché de façon intermittente à 1,1 v/v_s .

¹² Sandy A.F. MacDonald, *From the Ground Up* (Aviation Supplies and Academics, 22^e édition, 2003) p. 26.

1.12 Procédures d'exploitation de l'entreprise

Les pilotes de Seair peuvent s'informer des conditions météorologiques auprès du service de régulation des vols de la compagnie, qui se trouve à l'aéroport international de Vancouver. Tous les pilotes de l'entreprise doivent procéder à une vérification de navigation radio avant de partir pour n'importe laquelle des destinations régulières desservies par l'entreprise. Par contre, ils ne sont pas obligés de communiquer avec le service de régulation des vols au moment de l'approche ou du départ. Le service de régulation des vols n'est pas toujours informé du nombre de passagers à bord.

À la suite d'un évènement qui s'est produit en 2004¹³, le BST a émis la recommandation A04-01 qui exige expressément que le poids réel soit utilisé pour les calculs de performance :

Le ministère des Transports exige que les poids passagers réels soient utilisés pour les aéronefs d'une capacité de neuf passagers ou moins exploités dans le cadre d'un service aérien commercial ou d'un service de taxi aérien.

Cette recommandation n'a pas été entièrement mise en œuvre. Dans une mise à jour de 2008, TC indiquait que la Circulaire d'information de l'Aviation commerciale et d'affaires n° 0235 et la Lettre de politique n° 168 avaient été publiées afin de rappeler aux exploitants que c'est à eux qu'incombe la responsabilité d'établir précisément : « ... la masse des passagers, des bagages de cabine et des bagages enregistrés, obtenue à partir des masses réelles, des masses normalisées homologuées ou des masses générales homologuées et de la masse réelle du fret ». TC indiquait également qu'un Avis de proposition de modification (APM) était en cours d'élaboration. Cet APM vise à obliger les exploitants à utiliser la masse réelle des passagers ou une valeur graduelle d'après des données canadiennes similaires au tableau 2-5 de la circulaire d'information 120-27E, *Aircraft Weight and Balance Control* (Contrôle de la masse et du centrage des aéronefs), publiée par la FAA.

À la base principale de Seair, située à Richmond (Colombie-Britannique) tous les bagages des passagers sont pesés avant d'être chargés dans l'hydravion. Toutefois, les lieux de ramassage éloignés n'étaient pas équipés de balances. Seair pesait périodiquement les passagers afin d'établir une moyenne du poids des passagers aux fins de calculs de masse et centrage. Approuvé par TC, ce processus était inscrit dans le manuel d'exploitation de l'entreprise.

¹³ A04H0001 : Perte de maîtrise du Cessna 208B Caravan C-FAGA exploité par Georgian Express Ltd. à l'île Pelée (Ontario), le 17 janvier 2004.

1.13 Études antérieures portant sur la sécurité des hydravions et des avions à flotteurs

Au cours des dernières années, le BST a mentionné les risques croissants de décrochage liés à certains types d'hydravions ainsi que les risques de noyade dus à la difficulté d'évacuer l'aéronef à la suite d'un impact avec l'eau. Afin d'améliorer la sécurité, le BST a publié des études sur la sécurité, des avis de sécurité (annexe B) ainsi que de nombreux rapports d'enquête sur les accidents d'aéronefs (annexe C) qui mettent en évidence les problèmes relatifs à la sécurité des hydravions et des avions à flotteurs. Ces documents traitent de l'avantage de porter des vêtements de flottaison individuels et de la présentation d'exposés clairs montrant aux passagers comment sortir de l'aéronef. Ils décrivent également des moyens de faciliter les évacuations d'urgence, notamment les mécanismes à déclenchement rapide et les fenêtres largables.

En plus des mesures susmentionnées, TC a effectué en 2005 une étude sur la sécurité des avions à flotteurs. Dans le rapport interne qui en a résulté, on recommandait de porter un gilet de sauvetage pendant le décollage et l'atterrissage, d'offrir une formation plus poussée pour l'équipage de vol sur l'évacuation d'urgence d'un aéronef submergé et d'améliorer la conception des sorties de secours. Ce rapport n'a jamais été rendu public et cette étude n'a donné lieu à aucune modification importante de la réglementation en vigueur.

Selon les conclusions du BST, les risques de noyade sont élevés pour les occupants d'avions à flotteurs. En effet, les données du BST et du British Columbia Coroners Service (bureau des médecins légistes de Colombie-Britannique) montrent qu'au cours des 20 dernières années, près de 70 % des victimes d'accidents d'avion qui se sont écrasés dans l'eau se sont noyées. Dans bien des cas, les corps ont été trouvés dans l'épave.

Au Canada, les voyages en hydravions sont fréquents, surtout dans les provinces comme la Colombie-Britannique où souvent le seul moyen de se rendre rapidement à destination est de prendre un hydravion ou un hélicoptère. Chaque année, dans le port de Vancouver, environ 33 000 mouvements d'avions à flotteurs transportent près de 300 000 passagers.

2.0 Analyse

En dehors du fait que l'avertisseur de décrochage était hors service, l'examen de l'épave n'a révélé aucune anomalie mécanique préalable qui aurait pu être un facteur contributif à l'accident. L'analyse suivante porte principalement sur les conditions présentes au moment de l'accident, le décrochage aérodynamique et les facteurs qui ont contribué à l'accident. Le sujet plus large des problèmes de sécurité associés à la capacité de survie des personnes à bord d'un hydravion qui s'est écrasé dans l'eau est également abordé.

Le DHC-2 avait à l'origine été certifié sans avertisseur de décrochage. Toutefois, l'avion à flotteurs accidenté avait été équipé d'un avertisseur dans le cadre d'un CTS relatif à une modification visant à augmenter la masse brute. Par contre, ce système a par la suite été mis hors service. En raison de l'absence d'un avertisseur de décrochage et des caractéristiques connues de décrochage « sans avertissement » du Beaver, aucun avertissement d'un décrochage imminent n'a pu être perçu. De plus, l'avertisseur sonore de décrochage avait été rempli de silicone afin de le rendre moins bruyant. Il est donc possible qu'un avertisseur ainsi modifié ne soit pas entendu par-dessus le bruit du moteur, augmentant ainsi les risques de décrochage involontaire.

Les conditions à Lyall Harbour au moment de l'évènement étaient propices au développement de turbulences mécaniques et d'ondes orographiques. Les turbulences associées à ces phénomènes ont probablement généré des rafales verticales qui ont soumis l'hydravion à des augmentations temporaires, mais importantes, de la charge aérodynamique.

Peu après le décollage, et après la montée initiale, le pilote a amorcé un virage à gauche pour sortir du port. L'aéronef a été pris dans des courants d'air descendants, ce qui a nui à sa capacité de prendre de l'altitude. Pendant le virage, l'aéronef dérivait vers le relief, ce qui a amené le pilote à accroître l'angle d'attaque. En effet, pour maintenir l'altitude pendant la manœuvre, le pilote a probablement dû accroître l'angle d'attaque, augmentant du même coup le facteur de charge et la vitesse de décrochage de l'hydravion. Bien que l'utilisation des volets ait augmenté la surface portante des ailes et ainsi diminué leur charge alaire, cela n'a pas suffi à contrecarrer les effets des charges combinées résultant des conditions météorologiques et de l'inclinaison accrue de l'appareil.

Il a été démontré qu'en vol rectiligne en palier, un Beaver équipé de flotteurs dont les volets sont en configuration d'atterrissage décrochait à 54 mi/h. Dans le cas présent, les effets combinés d'une diminution de la vitesse pendant la montée, de l'angle d'inclinaison dans le virage et des conditions météorologiques ont contribué à l'augmentation de la charge aérodynamique de l'aéronef au point de générer un décrochage aérodynamique.

L'hydravion était en dessous de sa masse brute maximale au décollage, mais il était chargé de telle manière que son CG était au-delà de la limite arrière établie pour les hydravions. L'hydravion s'était mis en palier juste avant l'impact, ce qui indique que le pilote avait entamé une sortie de décrochage. Or, la pleine sortie de décrochage a été entravée par le CG à la limite arrière. Même sans tenir compte de la pilotabilité de l'appareil, l'altitude à laquelle la sortie de

décrochage a été faite était trop basse pour arrêter la descente et l'hydravion a heurté le plan d'eau.

Le siège du pilote a été endommagé et le système de retenue a perdu toute efficacité, ce qui a contribué aux blessures du pilote. Ses blessures et le fait qu'il ait brièvement perdu connaissance ont retardé son évacuation de l'avion et limité ses capacités à porter secours aux passagers.

Tous les passagers, à l'exception d'un adulte, avaient défait leur ceinture de sécurité, ce qui laisse supposer qu'ils étaient conscients après l'impact. Les passagers n'auraient disposé que de quelques secondes pour se libérer de leur ceinture de sécurité, trouver un point d'évacuation approprié et sortir de l'appareil.

Dans le cas présent, l'hydravion n'était pas équipé de portes ni de fenêtres largables. Les seuls points d'évacuation étaient donc les 4 portes de l'hydravion, mais les dommages causés par l'impact avaient coincé 2 de ces portes, limitant ainsi les possibilités d'évacuation de l'hydravion immergé. Les 7 passagers et le pilote ne pouvaient plus sortir que par l'une des 2 portes utilisables. Plutôt que d'essayer d'ouvrir une des portes, le passager survivant est sorti par la porte qui s'était ouverte sous l'effet de l'impact. Il est probable que la formation d'évacuation subaquatique qu'avait récemment suivie le pilote l'a aidé à ouvrir la porte et à sortir de l'hydravion. L'absence d'autres sorties de secours, notamment des fenêtres largables, augmente les risques que les passagers et l'équipage ne puissent pas évacuer un hydravion immergé lorsque les principaux points de sortie sont structurellement endommagés par l'impact avec l'eau.

Étant donné qu'on considère que les forces d'impact subies par toutes les personnes à bord offraient des chances de survie, c'est la difficulté à évacuer l'hydravion en temps opportun qui a causé la noyade des passagers. Bon nombre de passagers qui pourraient améliorer leurs chances de survie s'ils connaissaient les issues de sorties, y compris les autres points de sortie possibles, et s'ils répétaient mentalement la démarche à suivre en cas d'accident. Si les passagers n'ont pas reçu un exposé détaillé leur expliquant comment procéder pour évacuer un hydravion submergé, il y a de fortes probabilités qu'ils ne soient pas capables de s'en sortir après un impact avec l'eau.

Lorsqu'on tient compte du temps que prend un sauvetage, la survie d'une personne qui a réussi à évacuer un hydravion après un impact peut être problématique, surtout si la personne est blessée. Aussi, devant la nécessité de sortir rapidement de l'hydravion immergé, il est peu probable qu'une personne pense à saisir un des gilets de sauvetage qui se trouvent dans l'hydravion. Les risques de noyade sont aggravés pour les passagers et les pilotes qui ne portent pas de dispositifs de flottaison au moment de l'impact avec l'eau, même s'ils ont réussi à évacuer l'appareil.

3.0 Conclusions

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les effets combinés des conditions météorologiques et de l'angle d'attaque ont entraîné une augmentation du facteur de charge, ce qui a causé un décrochage aérodynamique.
2. En raison de l'absence d'un avertisseur de décrochage en état de fonctionnement et des caractéristiques de décrochage « sans avertissement » du Beaver, le pilote n'a eu aucun avertissement d'un décrochage imminent.
3. Le fait que l'hydravion était chargé avec un centre de gravité (CG) au-delà de la limite arrière a rendu la sortie du décrochage plus difficile.
4. La sortie de décrochage a été tentée à une altitude trop basse pour arrêter la descente; l'hydravion a donc heurté la surface de l'eau.
5. Deux des 4 portes ont été endommagées par l'impact, rendant leur ouverture impossible et réduisant ainsi les possibilités d'évacuation de l'hydravion qui s'engloutissait.
6. Le siège du pilote s'est brisé et la ceinture s'est détachée, ce qui a contribué à la gravité de ses blessures et a nui à sa capacité d'aider les passagers.

3.2 Faits établis quant aux risques

1. Un pilote risque de se retrouver accidentellement en décrochage si son avertisseur de décrochage ne fonctionne pas ou si son avertisseur sonore a fait l'objet de modifications visant à le rendre moins bruyant.
2. Les pilotes qui n'ont pas eu de formation d'évacuation subaquatique ont moins de chances de sortir d'un aéronef submergé.
3. L'absence d'issues de secours secondaires, telles que des fenêtres largables, augmente le risque que les passagers et les pilotes ne puissent pas évacuer un aéronef submergé si les issues de sorties principales sont endommagées lors de l'impact.
4. Si aucun exposé sur la sécurité n'est présenté aux passagers précisant comment sortir d'un appareil submergé à la suite d'un impact avec l'eau, ces derniers risquent davantage de ne pas être en mesure d'évacuer un aéronef submergé.
5. Les passagers et les pilotes qui, au moment de l'impact avec l'eau, ne portent aucun dispositif de flottaison courent un plus grand risque de se noyer après être sortis de l'appareil.

4.0 Mesures de sécurité

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Seair Seaplanes Ltd.

Seair a équipé chacun de ses appareils d'une balance portative pour peser les bagages afin de permettre aux pilotes de calculer la masse et le centrage de façon plus précise.

Seair a commandé chez Viking Air Limited des nouvelles trousse de modification pour les systèmes de blocage des portes et des fenêtres.

Seair a amélioré son exposé de sécurité avant vol qui comprend désormais une démonstration montrant à quoi ressemblent les gilets de sauvetage, où les trouver et comment les mettre. Cette démonstration est faite sur un mannequin situé sur les quais de Seair à Vancouver et à Nanaimo. Des photos illustrant la carte de mesures de sécurité ont été élargies et sont exhibées sur le stand du mannequin. Un exposé est présenté aux passagers avant que ces derniers ne se rendent sur le quai pour monter à bord de l'aéronef et un autre est offert lorsqu'ils sont à bord.

4.1.2 Viking Air Limited

Viking Air Limited, le titulaire du certificat de type, a fabriqué des trousse permettant d'installer sur le Beaver des fenêtres largables ainsi que des systèmes de blocage pour les portes de la cabine et du poste de pilotage.

4.1.3 Transports Canada

Il est encourageant pour le Bureau de noter que Transports Canada a pris certaines initiatives depuis cet accident, notamment :

- la publication d'articles dans *Sécurité aérienne – Nouvelles* visant à promouvoir la formation sur l'évacuation d'urgence et la présentation aux passagers d'exposés efficaces;
- l'élaboration d'affiches et de brochures destinées à être distribuées aux passagers d'hydravions afin de les sensibiliser davantage au rôle qu'ils ont à jouer pour assurer leur propre sécurité;
- l'attribution à ses inspecteurs de la responsabilité de voir à ce que la documentation promotionnelle concernant la sécurité soit distribuée aux exploitants d'hydravions. Lors de leurs visites, les inspecteurs doivent également mettre l'accent sur l'importance d'une formation sur l'évacuation d'urgence et la présentation de meilleurs exposés aux passagers. Ils doivent également faire un sondage de suivi par téléphone, auprès des exploitants, afin de vérifier que ces derniers utilisent la documentation;
- la création d'un portail Web où toute l'information sur la sécurité des hydravions à l'intention des exploitants et des passagers sera centralisée. Les exploitants

d'hydravions sont encouragés à intégrer un lien permettant d'accéder au portail à partir de leur site Web;

- la production d'une vidéo de promotion des pratiques exemplaires et des leçons apprises à l'intention des exploitants d'hydravions;
- la production d'une vidéo à l'intention des passagers visant à souligner leur rôle quant à leur propre sécurité;
- l'organisation, en octobre 2010, d'une rencontre des exploitants d'hydravions qui, à l'initiative des intervenants de l'industrie, a donné lieu à la formation d'une association d'exploitants d'hydravions de la C.-B. axée sur la sécurité.

4.2 Mesures de sécurité à prendre

4.2.1 Évacuation d'urgence d'un hydravion

Au Canada, les voyages en hydravions sont fréquents, surtout dans les provinces comme la Colombie-Britannique où souvent le seul moyen de se rendre rapidement à destination est de prendre un hydravion ou un hélicoptère. Chaque année, dans le port de Vancouver, environ 33 000 mouvements d'hydravions transportent près de 300 000 passagers.

Or, selon les conclusions du BST, les risques de noyade sont élevés pour les occupants d'hydravions. En effet, les données du BST et du British Columbia Coroners Service (bureau des médecins légistes de Colombie-Britannique) montrent qu'au cours des 20 dernières années, près de 70 % des victimes d'accidents d'hydravion qui se sont écrasés dans l'eau se sont noyées. Dans bien des cas, les corps ont été trouvés dans l'épave. Il n'est pas toujours possible de déterminer les faits avec certitude, cependant, certaines enquêtes ont pu établir que les occupants étaient conscients et capables de se déplacer dans la cabine avant de se noyer. De tels événements confirment la probabilité selon laquelle des personnes physiquement aptes peuvent se retrouver coincées dans un avion immergé et se noyer.

La présente enquête a permis de conclure que certains passagers avaient survécu à l'impact, mais se sont noyés parce que 2 des 4 sorties normales étaient coincées. Si toutes les sorties avaient été accessibles ou s'il y avait eu d'autres issues de secours, telles que des fenêtres largables, il y a de fortes chances qu'un plus grand nombre de personnes auraient réussi à sortir de l'hydravion et à survivre à l'accident. Une des mesures de sécurité en cours concerne la mise au point de fenêtres largables pour le modèle DHC-2, mais une telle mesure ne vise qu'un seul type d'hydravion parmi tant d'autres. De plus, aucune exigence réglementaire n'impose l'installation de telles issues de secours. C'est pourquoi le Bureau recommande que :

Le ministère des Transports exige que les sorties normales et les issues de secours des hydravions commerciaux, neufs et actuellement en service, permettent une évacuation rapide après un impact avec l'eau offrant des chances de survie.

A11-05

4.2.2 Port de vêtement de flottaison individuel

Dans bien des accidents, lorsqu'un occupant réussit à sortir d'un aéronef submergé, il le fait sans porter un gilet de sauvetage, ce qui peut aboutir à une noyade. Il a été démontré que ceux qui se retrouvent dans un aéronef submergé cherchent avant tout à en sortir et souvent, dans leur hâte, ils ne mettent pas de vêtement de flottaison individuel (VFI), soit par manque de temps soit parce qu'ils n'y ont pas pensé. Dans le cas présent, 2 des blessés graves ont pu évacuer l'aéronef, mais aucun d'eux, y compris le pilote qui pourtant avait suivi une formation sur l'évacuation subaquatique, n'avait réussi à saisir un des VFI présents dans l'aéronef. Sans les bouées pare-chocs qu'ils ont utilisées, ils se seraient peut-être noyés.

Certains exploitants, notamment Transports Canada et sa flotte d'aéronefs, exigent que toute personne à bord d'un aéronef, qui décolle d'une surface aquatique ou y atterrit, porte un gilet de sauvetage. Une telle mesure évite aux occupants d'avoir à chercher leur VFI et leur permet de s'en servir dès qu'ils ont évacué l'aéronef. Sinon, en l'absence d'autres possibilités de sauvetage, il est fort probable que les survivants d'un accident sur l'eau se noient.

Le BST avait auparavant émis une recommandation (A94-07) selon laquelle les occupants d'hydravions devraient être tenus de porter un VFI pendant le vol. Cette recommandation avait soulevé bon nombre d'objections de la part des responsables de la réglementation et des intervenants de l'industrie. Les objections portaient sur le fait qu'en cas d'urgence, le gonflement spontané du VFI pourrait entraver les mouvements de la personne et gêner l'évacuation des autres, sur le choix des tailles, surtout si ces VFI doivent être portés par-dessus les vêtements d'extérieurs, et sur l'inconfort. Ces objections sont valides en ce qui concerne les gilets de sauvetage traditionnels. Toutefois, il y a eu récemment de nombreuses innovations dans le domaine des VFI, dont la ceinture de sauvetage gonflable manuellement que l'on met après l'avoir gonflé. Accompagnés d'un exposé clair pour les passagers, ces dispositifs devraient répondre à toutes ces objections.

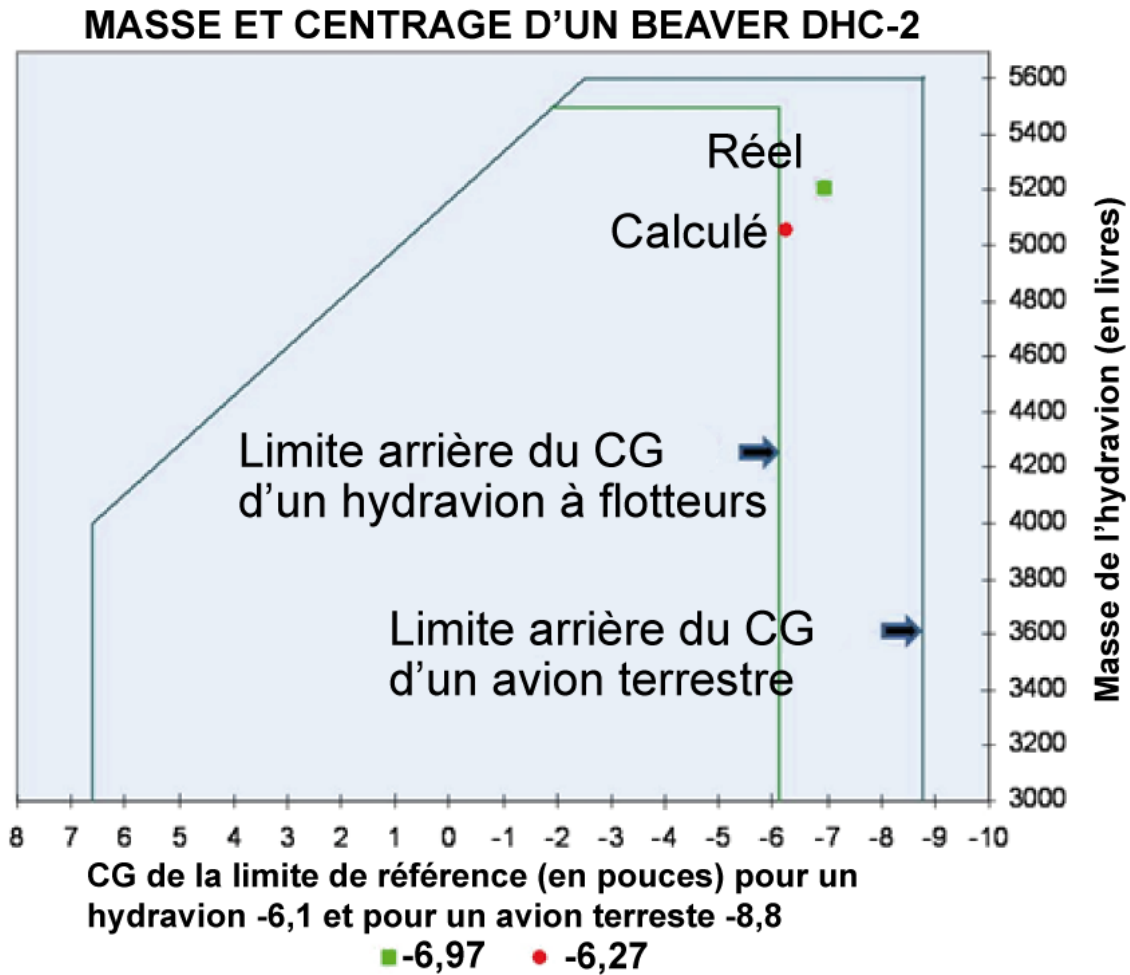
Les éléments de preuve attestent le fait qu'il est peu probable qu'une personne qui ne porte pas de VFI au moment de l'accident en utilise un après avoir évacué un avion submergé. Le Bureau recommande donc que :

Le ministère des Transports exige que les occupants d'hydravions commerciaux portent un dispositif individuel qui assure leur flottaison après une évacuation d'urgence.

A11-06

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 14 février 2011.

Annexe A – Graphique de masse et centrage



Annexe B – Études du BST sur la sécurité et communications du BST sur la sécurité des hydravions et des avions à flotteurs

- *Étude de sécurité portant sur les compétences et les connaissances des pilotes d'hydravion* (rapport SSA93001 du BST). En 1993, cette étude examinait 1432 accidents d'hydravions. Même si l'étude n'était pas axée sur les questions de survivance, elle comparait la proportion d'accidents mortels du nombre total d'accidents d'hydravions équipés de flotteurs par rapport aux avions sur roues (pour les marques et les modèles d'aéronefs qui sont le plus souvent équipés de flotteurs). Quand ces appareils sont montés sur roues, 10 % de leurs accidents sont mortels; toutefois, sur flotteurs, ce chiffre monte à 17 %. Le rapport contenait 10 recommandations relatives à la sécurité visant à réduire le nombre d'accidents d'hydravions.
- *Étude de sécurité portant sur les possibilités de survie dans les accidents d'hydravions* (rapport SA9401 du BST). En 1994, le BST a analysé les accidents d'hydravions survenus au Canada pendant une période de 15 ans, soit de 1976 à 1990, au cours de laquelle il y a eu 1432 accidents de ce type, dont 234 ont coûté la vie à 452 personnes. L'étude de sécurité contenait 6 recommandations visant à améliorer la survivance des occupants lors d'accidents d'hydravions, recommandant notamment le port d'un dispositif de flottaison personnel au cours des phases d'arrêt de circulation, de décollage, d'approche et d'amerrissage du vol (recommandation A94-07 du BST).
- *Avis de sécurité A000003-1 du BST – Évacuation d'un hydravion submergé*. Le BST a publié cet avis de sécurité à la suite de l'accident d'un Beaver DHC-2 de de Havilland qui a eu lieu en 2000. L'avis suggérait, entre autres, que l'installation de mécanismes à déclenchement rapide ou de fenêtres à ouverture instantanée permettrait d'évacuer l'hydravion plus rapidement. Toutefois, Transports Canada n'a pas imposé d'exigences relatives aux modifications à apporter aux hydravions.
- *Avis de sécurité A040044-1 du BST – Évacuation d'un hydravion submergé*. Le BST a publié cet avis de sécurité en 2004, à la suite de l'accident de l'hydravion Cessna A185F qui avait à son bord 3 passagers et 1 pilote. Le pilote et le passager qui occupait le siège avant de droite, incapables d'ouvrir ni l'une ni l'autre des sorties principales, avaient réussi à évacuer l'hydravion en passant par la fenêtre brisée de la porte gauche de la cabine. Les 2 passagers assis à l'arrière se sont noyés, en dépit du fait qu'ils n'avaient subi aucune blessure lors de l'accident. L'avis mentionnait que les modifications des portes d'hydravion visant à les équiper de mécanisme à déclenchement rapide ou des fenêtres largables augmenteraient les possibilités d'évacuation rapide si l'hydravion devait se trouver immergé. Il était également suggéré que TC devrait envisager le recours à d'autres méthodes qui permettraient de faciliter l'évacuation d'urgence d'un hydravion immergé. Dans sa réponse, TC indiquait que de telles modifications, qu'il s'agisse de portes largables ou de grandes fenêtres cassables ou à ouverture instantanée, relèvent de l'État responsable de l'autorité de conception et que TC ne prendrait aucune mesure à ce sujet.

- *Lettre d'information sur la sécurité aérienne A040046 du BST – Exposés aux passagers et cartes de mesures de sécurité dans des opérations faisant appel à des hydravions.* Cette lettre a été rédigée en 2004, à la suite de l'accident de l'hydravion Cessna A185F mentionné dans le paragraphe précédent. La lettre d'information soulignait le fait que la réglementation ne contenait pas d'information quant à l'exigence d'inclure des renseignements sur les procédures d'évacuation subaquatique à l'exposé de sécurité présenté dans les hydravions. Il n'y a pas non plus d'exigence selon laquelle les cartes de mesures de sécurité doivent contenir des renseignements ou décrire des procédures d'urgence propres à une évacuation subaquatique. Dans la conclusion de la lettre, on souligne le fait que les risques pour les occupants pris au piège à l'intérieur d'un hydravion immergé sont accrus lorsque l'exposé avant vol sur la sécurité et la carte des mesures de sécurité ne comportent aucun renseignement spécifique concernant les procédures d'évacuation subaquatique. Dans sa réponse, TC indiquait qu'une centaine de copies de la brochure révisée, intitulée *Hydravion et hydravion à flotteurs – Guide du passager* (TP 12365) avaient été envoyées à chaque exploitant commercial d'hydravions au Canada, accompagnées des procédures à suivre pour en commander d'autres au besoin.

Annexe C – Rapports d'enquête du BST sur les accidents où les occupants ont eu de la difficulté à évacuer un hydravion

Évènement	Type	Victimes	Commentaires
A86P0058	DHC-2 Beaver	5	Le pilote, gravement blessé, a pu sortir de l'appareil, mais 5 passagers se sont noyés. Le rapport soulignait le fait que, lorsque les sièges de la rangée du milieu sont en place, la poignée rotative pour ouvrir la porte arrière se trouve derrière le siège, ce qui rend la poignée difficilement accessible pour les occupants de ces sièges.
A87P0021	Cessna A185F	1	Le pilote n'a pas pu évacuer l'hydravion immergé et s'est noyé.
A87P0901	Cessna 180J	1	Le pilote a pu évacuer l'hydravion immergé en passant par la porte gauche. Il a ensuite plongé dans l'eau à plusieurs reprises afin de sauver sa femme, mais n'a pas réussi à la trouver. Les sauveteurs l'ont trouvée 20 minutes plus tard, à l'arrière de la cabine. Elle est décédée quelques jours plus tard à l'hôpital. Au moment de l'impact, aucun des occupants n'avait subi de blessures qui auraient restreint leur mobilité.
A88O0203	DHC-2 Beaver	2	Le pilote et le passager du siège avant n'ont pas pu évacuer l'hydravion qui s'enfonçait dans l'eau et se sont noyés.
A89C0089	Cessna A185	1	Un des 4 occupants est resté coincé dans l'hydravion et s'est noyé.
A89O0369	Cessna TU206G	1	Le pilote a pu sortir de l'hydravion en ouvrant la fenêtre de la porte de gauche à coups de pieds. Cependant, il n'y avait aucune porte à côté du passager assis à l'avant qui, incapable d'évacuer, s'est noyé.
A90W0265	DHC-2 Beaver	2	Un passager a réussi à évacuer l'hydravion, mais le pilote et le deuxième passager n'y sont pas parvenus et se sont noyés. Les ailes endommagées bloquaient les portes droite et gauche de la cabine.
A91C0122	DHC-2 Beaver	1	Le pilote a survécu à l'impact, mais s'est noyé alors qu'il tentait de sortir de l'épave.

A91Q0267	Cessna A185F	2	La poignée de la porte de droite était cassée, mais les passagers qui occupaient le siège avant de droite ont réussi à sortir par la fenêtre de la porte de droite. Le pilote et le passager assis à l'arrière se sont noyés. Leurs corps ne portaient aucune trace de traumatisme physique.
A94O0213	Cessna A185E	3	Un passager a réussi à sortir de l'hydravion par la fenêtre de la porte gauche et à nager jusqu'à la rive. Le pilote et 2 autres passagers n'ont pas survécu. Les 2 portes sont restées fermées sous l'impact, mais l'hydravion a été trouvé avec les 2 fenêtres des portes latérales grandes ouvertes.
A96Q0114	Cessna U206F	4	Le pilote et 3 passagers se sont noyés à l'intérieur de l'hydravion. Avant l'accident, le Bureau canadien de la sécurité aérienne avait envoyé à Transports Canada un avis de sécurité aérienne indiquant que la porte-cargo arrière à 2 battants du Cessna 206 était difficile à ouvrir. Aucune mesure n'avait été prise pour corriger la situation.
A97C0090	Cessna TU206G	2	Les 2 passagers n'ont pas pu sortir de l'hydravion et se sont noyés.
A97P0230	Cessna 180J	3	Les 3 occupants se sont noyés après avoir survécu à l'impact avec l'eau.
A98P0215	DHC-2 Beaver	5	Les 5 occupants se sont noyés après avoir survécu à l'impact avec l'eau. L'examen médical a révélé que les occupants étaient attachés lors de l'impact initial et pendant le tonneau.
A00P0103	DHC-2 Beaver	3	Un CG arrière a été un facteur contributif de l'accident mortel. L'hydravion n'avait pas d'avertisseur de décrochage. Deux passagers n'ont pas pu sortir de l'hydravion et un autre s'est noyé alors qu'il tentait de rejoindre la rive à la nage.
A03Q0083	Cessna U206F	1	Le pilote ayant réussi à sortir de l'hydravion, a dit au passager de le suivre, mais celui-ci était désorienté et s'est dirigé vers l'arrière de l'hydravion. Il s'est noyé.
A03F0164	Cessna 185	1	Un passager a été incapable de sortir de l'hydravion et s'est noyé.

A04W0114	Cessna 185F	2	L'hydravion s'étant retourné dans l'eau après l'impact, les survivants n'ont pas pu trouver les poignées intérieures des portes, ce qui les a empêchés d'utiliser les portes comme sorties de secours. Le rapport du BST faisait état des préoccupations suivantes : « D'après les données historiques, les occupants d'un hydravion immergé qui survivent à l'impact risquent de se noyer dans l'hydravion. Les mécanismes de défense contre la noyade ne sont peut-être pas efficaces dans de telles circonstances. Considérant les probabilités de pertes de vie associées aux accidents d'hydravion dans l'eau, le BST se préoccupe du fait que les occupants ne sont pas suffisamment bien préparés pour pouvoir évacuer un hydravion immergé. Le Bureau s'inquiète également de fait que les hydravions ne semblent pas être conçus du mieux qu'il faudrait pour permettre aux occupants d'évacuer facilement un appareil immergé ».
A05Q0178	Cessna 185F	1	L'hydravion a chaviré alors qu'il tentait de décoller. Cinq des occupants ont réussi à sortir de la cabine immergée, mais le passager qui occupait le siège avant de droite s'est noyé.
A05O0147	Cessna 185F	1	Dans cet accident, le pilote s'est noyé. Le Bureau avait soulevé les préoccupations suivantes : « D'après les données historiques, les occupants d'un hydravion immergé qui survivent à l'impact risquent de se noyer dans l'hydravion. Les mécanismes de défense contre la noyade sont généralement peu efficaces dans de telles circonstances. Considérant les probabilités de pertes de vie associées aux accidents d'hydravion dans l'eau, le BST se préoccupe du fait que les occupants ne sont probablement pas suffisamment bien préparés pour pouvoir évacuer un hydravion immergé. Un autre élément aussi préoccupant est le fait que dans ce cas-ci, les sauveteurs n'ont pas pu accéder à la cabine de l'extérieur. »

Annexe D – Rapports d’enquête du BST sur les accidents où le centre de gravité de l’hydravion était un facteur contributif

Évènement	Type	Victimes	Commentaires
A98P0194	DHC-2 Beaver	0	Le rapport d’enquête du BST soulignait les faibles caractéristiques de décrochage de l’hydravion chargé à la limite arrière du CG. L’hydravion de cet accident n’était pas équipé d’un avertisseur de décrochage.
A00P0103	DHC-2 Beaver	3	Le CG à la limite arrière a été un facteur contributif de cet accident mortel. L’hydravion n’était pas équipé d’un avertisseur de décrochage. Deux passagers n’ont pas réussi à évacuer l’hydravion et un autre s’est noyé alors qu’il tentait de rejoindre la rive à la nage.
A01P0194	DHC-2 Beaver	5	L’enquête a permis d’établir que le CG était au-delà de la limite arrière, ce qui a aggravé le décrochage aérodynamique et a soumis l’appareil à de brusques changements d’assiette ingouvernables que le pilote n’a pu corriger avant de percuter les arbres. L’hydravion n’était pas équipé d’un avertisseur de décrochage.
A03W0210	Piper PA-18-150	2	L’hydravion a décroché à basse altitude, rendant toute sortie de décrochage impossible. L’appareil n’étant pas équipé d’un avertisseur de décrochage, le pilote a réalisé trop tard qu’il était en situation de décrochage imminent. De plus, il a été établi que la masse de l’hydravion était supérieure à sa masse maximale certifiée et que le CG était au-delà de la limite arrière, ce qui a sans doute eu une incidence négative sur la capacité du pilote à sortir d’un décrochage.