



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada



# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22P0057

## COLLISION AVEC LE RELIEF

Tyax Air Service Limited  
de Havilland DHC-2 MK. I (Beaver), C-GIYV  
Aérodrome de Pemberton (Colombie-Britannique), 52 NM NNW  
17 juillet 2022

## À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca).

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

## CONDITIONS D'UTILISATION

### Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

### Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

### Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

### Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

### Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22P0057* (publié le 24 avril 2024).

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741 ; 1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2024

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22P0057

N° de cat. TU3-10/22-0057F-1-PDF

ISBN 978-0-660-71012-9

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

## Table des matières

<b>Renseignements de base.....</b>	<b>6</b>
1.1 Déroulement du vol.....	6
1.2 Personnes blessées.....	7
1.3 Dommages à l'aéronef.....	8
1.4 Autres dommages.....	8
1.5 Renseignements sur le personnel.....	8
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	9
1.7 Renseignements météorologiques.....	11
1.7.1 Prévisions météorologiques.....	11
1.7.2 Évaluation météorologique.....	11
1.7.3 Cisaillement du vent et courants descendants.....	12
1.8 Aides à la navigation.....	13
1.9 Communications.....	13
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	13
1.11 Enregistreurs de bord.....	13
1.11.1 Recommandation A18-01 du BST.....	14
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	15
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	16
1.14 Incendie.....	16
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	16
1.15.1 Ceintures de sécurité.....	16
1.15.2 Appareil de télécommunications par satellite.....	18
1.15.3 Équipement de survie.....	18
1.16 Essais et recherche.....	19
1.16.1 Analyse de la performance en virage de l'aéronef.....	19
1.16.2 Rapports de laboratoire du BST.....	21
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	21
1.18 Renseignements supplémentaires.....	21
1.18.1 Rapport d'enquête sur une question de sécurité du BST sur les activités de taxi aérien au Canada.....	21
1.18.2 Marge de franchissement selon les règles de vol à vue.....	22
1.18.3 Procédure pour faire demi-tour.....	23
1.18.4 Questions relatives aux facteurs humains.....	23
<b>2.0 Analyse.....</b>	<b>27</b>
2.1 Questions relatives aux facteurs humains.....	27
2.1.1 Prise de décisions par le pilote.....	27
2.1.2 Motivation.....	27
2.1.3 Repères visuels réduits à l'approche d'Elbow Pass.....	28
2.2 Facteurs influant sur un demi-tour.....	29
2.2.1 Conditions météorologiques.....	29
2.2.2 Formation.....	30

2.2.3	Intégration des minima de sécurité personnels.....	30
2.3	Ceintures de sécurité.....	31
2.4	Équipement de survie.....	31
2.5	Enregistreurs de données légers.....	32
<b>3.0</b>	<b>Faits établis.....</b>	<b>33</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	33
3.2	Faits établis quant aux risques.....	33
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité.....</b>	<b>35</b>
4.1	Mesures de sécurité prises.....	35

# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22P0057

## COLLISION AVEC LE RELIEF

Tyax Air Service Limited  
de Havilland DHC-2 MK. I (Beaver), C-GIYV  
Aérodrome de Pemberton (Colombie-Britannique), 52 NM NNW  
17 juillet 2022

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

## Résumé

Le 17 juillet 2022, à 10 h 21, heure avancée du Pacifique, l'aéronef de Havilland DHC-2 MK. I (Beaver) monté sur flotteurs et exploité par Tyax Air Service Limited (immatriculation C-GIYV, numéro de série 1488) a quitté le lac Tyaughton (Colombie-Britannique) (Colombie-Britannique) pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue à destination du lac Lorna (Colombie-Britannique), avec 1 pilote et 5 passagers à son bord. Vers 10 h 40, pendant le vol en croisière, la pilote a tenté de faire demi-tour dans une vallée, et l'aéronef est ensuite entré en collision avec le relief. La pilote et 2 passagers ont été grièvement blessés et 3 passagers ont été légèrement blessés. L'aéronef a été lourdement endommagé. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz s'est activée, mais les opérations de recherche et sauvetage ont été retardées d'environ 3 heures en raison de la présence de plafonds bas à proximité du lieu de l'accident.

## RENSEIGNEMENTS DE BASE

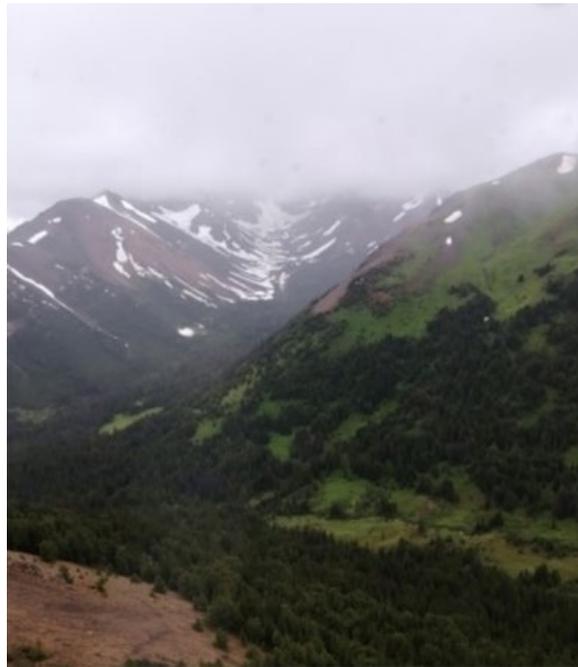
### 1.1 Déroulement du vol

Le 17 juillet 2022, à 10 h 21<sup>1</sup>, l'aéronef de Havilland DHC-2 MK I (Beaver) monté sur flotteurs et exploité par Tyax Air Service Limited a quitté le lac Tyaughton (Colombie-Britannique) pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue (VFR) à destination du lac Lorna (Colombie-Britannique), avec 1 pilote et 5 passagers à son bord. Il s'agissait du 3<sup>e</sup> vol aller-retour de la journée pour la pilote : le 1<sup>er</sup> vol était à destination du lac Warner (Colombie-Britannique), et les 2 vols suivants avaient pour destination prévue le lac Lorna. Le 1<sup>er</sup> vol vers le lac Warner s'est déroulé sans incident. Lors du 2<sup>e</sup> vol, la pilote a dérouté le vol vers une autre destination, le lac Spruce (Colombie-Britannique), en raison de la visibilité réduite dans les vallées et des nuages qui masquaient les cols de montagne près du lac Lorna.

Lors du vol à l'étude dans la vallée en direction d'Elbow Pass, la pilote, compte tenu de son expérience du vol précédent, est restée sur le côté droit de la vallée, a ralenti à environ 100 mi/h et a sorti les volets en position de montée<sup>2</sup> en prévision d'un demi-tour. La vitesse anémométrique a encore diminué pour atteindre environ 80 mi/h alors que l'aéronef approchait d'Elbow Pass, et les nuages étaient de plus en plus bas (figure 1), ce qui empêcherait l'aéronef de se tenir à l'écart des nuages au-dessus du col; la pilote a donc amorcé un virage à gauche pour faire demi-tour. L'aéronef volait alors à environ 100 pieds au-dessus du sol (AGL).

La pilote a incliné l'aéronef à gauche. Pendant le virage à gauche, la vitesse anémométrique de l'aéronef a diminué (figure 2). La pilote a mis la pleine puissance<sup>3</sup>, l'avertisseur de décrochage a retenti et, quelques secondes plus tard, à 10 h 41, l'aéronef est entré en collision avec le relief en pente descendante.

Figure 1. La vallée, telle que vue lors du vol à l'étude (Source : Tierce partie, avec permission)

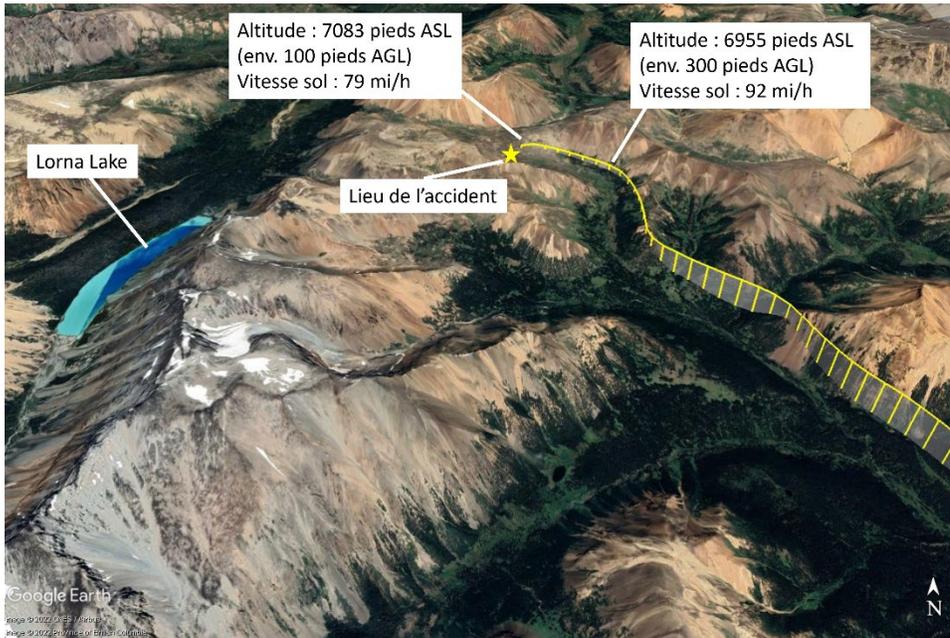


<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

<sup>2</sup> Le réglage des volets pour la montée correspond à 15° de volets.

<sup>3</sup> Le BST a calculé que la vitesse de décrochage de l'aéronef était d'environ 68 mi/h avec une masse brute de 5370 livres, des volets sortis à 15° et un angle d'inclinaison de 30°. Cependant, l'enquête n'a pas permis de déterminer quels étaient la masse, l'angle d'inclinaison ou la vitesse anémométrique exacts de l'aéronef au moment de l'événement.

Figure 2. Carte illustrant la trajectoire de vol enregistrée vers le lieu de l'accident  
(Source : Google Earth, avec annotations du BST)



La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz s'est activée, mais les opérations de recherche et sauvetage ont été retardées en raison de la présence de plafonds bas à proximité du lieu de l'accident. Le 1<sup>er</sup> hélicoptère de sauvetage est arrivé sur les lieux de l'accident à 12 h 54. Tous les occupants ont été évacués par hélicoptère; la pilote et 1 passager ont été transportés à l'hôpital de Kamloops (Colombie-Britannique), tandis que les 4 autres passagers ont été transportés à l'hôpital de Whistler (Colombie-Britannique)<sup>4</sup>.

## 1.2 Personnes blessées

La cabine de l'aéronef était aménagée avec 3 rangées de sièges : 2 sièges dans la 1<sup>re</sup> rangée, 3 sièges dans la rangée du milieu et 1 siège dans la 3<sup>e</sup> rangée.

Trois des 6 personnes à bord ont été grièvement blessées.

La pilote, qui occupait le siège avant de gauche, a été grièvement blessée, notamment à la tête et au cou. Les passagers de la rangée du milieu ont subi diverses blessures, notamment des blessures à la tête, une fracture du cou, des contusions ainsi que des coupures à la tête, aux bras et aux mains nécessitant des points de suture.

<sup>4</sup> L'un des passagers transportés à l'hôpital de Whistler a été réexaminé le lendemain de l'accident; il a été déterminé qu'il avait été grièvement blessé.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	0	0	–	0
Graves	1	2	–	3
Légères	0	3	–	3
Total des personnes blessées	1	5	–	6

### 1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été lourdement endommagé.

### 1.4 Autres dommages

Aucun.

### 1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote de ligne – avion
Date d'expiration du certificat médical	1 <sup>er</sup> juin 2023
Heures totales de vol	3028,2
Heures de vol sur type	76,8
Heures de vol au cours des 24 heures précédant l'événement	3,5
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	29,5
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	62,1
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	Environ 135
Heures de vol sur type au cours des 90 derniers jours	76,8
Heures de service avant l'événement	3,7
Heures hors service avant la période de travail	13,5

La pilote détenait la licence et les qualifications appropriées pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Elle était titulaire d'une licence de pilote de ligne – avion, d'un certificat médical de catégorie 1 valide et d'une qualification pour le vol aux instruments de groupe 1. Elle était également titulaire d'une qualification sur hydravion, totalisant 699,6 heures de vol sur des flotteurs. Même si la pilote n'avait pas suivi de cours de vol en montagne, elle possédait une expérience de vol dans la région montagnaise du Nunavut. De plus, l'exploitant avait passé plus de temps à la former,

puisqu'il s'agissait de son 1<sup>er</sup> emploi où elle devait voler dans cette région de montagnes en Colombie-Britannique.

La pilote avait reçu 9,4 heures d'entraînement en vol en juin 2022. La formation avait été dispensée par Tyax Air Service Limited dans l'aéronef de l'événement à l'étude et dans une zone au relief montagneux similaire à celle où l'événement s'est produit. La formation comprenait des décrochages, des virages serrés et des demi-tours; toutefois, étant donné qu'il n'y avait ni passagers ni cargaison à bord pendant ces vols d'entraînement, la masse de l'aéronef pendant ces exercices était nettement inférieure à celle lors de l'événement à l'étude, où l'aéronef était entièrement chargé et proche de la masse brute maximale.

D'après un examen de l'horaire de travail et de repos du pilote, rien n'indique que la fatigue a nui au rendement de la pilote.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	de Havilland Aircraft of Canada Ltd.*
Type, modèle et immatriculation	DHC-2 MK. I, C-GIYV
Année de construction	1961
Numéro de série	1488
Date d'émission du certificat de navigabilité	2 juin 1992
Total d'heures de vol cellule	14 771,1 heures
Type de moteur (nombre)	Pratt & Whitney USA, R-985-39 (1)
Type d'hélice (nombre de pales de rotor)	Hartzell HC B3R30-4B (1)
Masse maximale autorisée au décollage	5370 lb (2435,8 kg)
Type(s) de carburant recommandé(s)	Essence aviation à indice d'octane minimum de 80/87
Type de carburant utilisé	100 LL

\* Viking Air Ltd. est le titulaire actuel du certificat de type pour l'aéronef de Havilland DHC-2 MK. I (Beaver).

Le DHC-2 MK. I (Beaver) est un monomoteur à voilure haute et à hélice. L'aéronef à l'étude (figure 3) était équipé de flotteurs EDO 679-4930.

Figure 3. L'aéronef à l'étude (Source : Peter J. Cooper, Beaver Tails, à l'adresse <https://dhc-2.com/id498.htm> [dernière consultation le 28 mars 2024])



Le travail de maintenance le plus récent, qui consistait à remplacer la pompe à carburant et à réparer le câblage de l'avionique, avait été effectué 65,1 heures avant l'accident. Il n'y avait aucune anomalie non corrigée au moment de l'événement, et rien n'indique qu'une défaillance d'un composant ou d'un système a joué un rôle dans l'événement. La masse et le centre de gravité de l'aéronef se trouvaient dans les limites prescrites au moment du départ.

Même si la réglementation ne l'exigeait pas, l'aéronef était équipé d'un avertisseur de décrochage, y compris un klaxon d'avertisseur de décrochage, installé en 2018 conformément au certificat de type supplémentaire (CTS) 92-45. L'aéronef avait en outre fait l'objet de plusieurs modifications, notamment un profil de bord d'attaque rapporté pour abaisser la vitesse de décrochage et une modification aux supports moteurs et à l'emplacement de la batterie pour améliorer les caractéristiques de vol, de même que l'amélioration des poignées des portes arrière et des fenêtres ouvrables vers l'extérieur afin de faciliter l'évacuation de l'appareil.

L'aéronef à l'étude était propulsé par un moteur Pratt & Whitney R-985 radial à 9 cylindres, surcomprimé et refroidi à l'air, et était équipé d'un GPS (système de positionnement mondial) portable Garmin Aera 796 en guise d'équipement de navigation. Il n'était pas équipé d'un radioaltimètre (RADALT), et n'était pas tenu de l'être par la réglementation.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Prévisions météorologiques

Selon la prévision de zone graphique (GFA) émise à 4 h 26 et valide à 5 h le jour de l'événement, les conditions météorologiques suivantes étaient prévues près du lieu de l'accident :

- plafonds de nuages généralement fragmentés à partir de 3000 à 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL), avec des sommets à 10 000 pieds ASL;
- visibilité supérieure à 6 milles terrestres (SM);
- altocumulus castellanus occasionnels avec des sommets à 20 000 pieds ASL et une visibilité de 5 SM à plus de 6 SM dans de légères averses de pluie et de la brume;
- dans les vallées, une visibilité localisée de 1 SM dans la brume avec des plafonds à 400 pieds AGL.

La GFA émise à 10 h 25, peu après le départ, et valide à 11 h indiquait un plafond de nuages fragmentés plus élevé (avec des bases à 6000 pieds ASL et des sommets à 14 000 ASL) et une visibilité de plus de 6 SM. Les nuages sont passés d'altocumulus castellanus à des cumulus bourgeonnants, mais les sommets, la visibilité et les conditions météorologiques associées à ces nuages sont restés inchangés. Cette GFA indiquait que les plafonds étaient passés à 1200 pieds AGL par endroits, mais elle prévoyait aussi des cumulonimbus isolés avec des sommets à 32 000 pieds ASL et une visibilité de 5 SM dans des orages modérés et de la pluie, avec des vents soufflant en rafale pouvant atteindre 25 nœuds.

En l'absence d'indication de réglage de la pression barométrique, la pilote a réglé l'altimètre de l'aéronef sur l'élévation du lac Tyaughton avant le départ du vol à l'étude.

### 1.7.2 Évaluation météorologique

Après l'accident et à la demande du BST, Environnement et Changement climatique Canada a effectué une analyse approfondie des conditions météorologiques qui régnaient le long de l'itinéraire de vol et dans la région entourant le lieu de l'accident au moment de l'événement.

L'évaluation météorologique<sup>5</sup> a permis de déterminer que le matin de l'événement, la route entre le lac Tyaughton et le lac Lorna était [traduction] « sous l'influence d'un système dépressionnaire faible en partance et d'une crête de haute pression imminente, établissant une zone de faible gradient de pression dans les régions méridionales de la Colombie-Britannique<sup>6</sup> ». Même si les images satellites montraient des signes de convection dans la

<sup>5</sup> Environnement et Changement climatique Canada, *Meteorological Assessment July 17, 2022, Tyaughton Lake, BC* (6 mars 2023).

<sup>6</sup> Ibid., p. 13.

zone, cette convection aurait été faible, avec des sommets de nuages bas, et aurait été associée à un léger risque d'averses et à un faible risque de turbulences.

L'analyse indique également que des vents de surface du nord-ouest modérés, avec quelques rafales de près de 20 nœuds, étaient probablement présents dans la zone. Ces vents suivaient la vallée et dépendaient du gradient de pression en surface. Cependant, au-dessus des sommets des montagnes environnantes, les vents n'étaient plus guidés par le relief et prenaient donc une direction différente, du sud ou du sud-ouest, avec une force similaire. Ce changement de direction du vent a probablement produit une zone de cisaillement du vent au point de rencontre de ces différentes configurations des vents, près des sommets des montagnes. Même si ce cisaillement du vent serait considéré comme léger, un petit aéronef, comme celui à l'étude, aurait tout de même pu être touché<sup>7</sup>.

Environnement et Changement climatique Canada a décrit plus en détail les vents et leur effet sur l'aéronef au moment de l'événement [traduction] :

[C]ompte tenu du relief accidenté et complexe, les vents de surface poussés dans les vallées ont pu être suffisamment forts pour générer localement une turbulence mécanique modérée ou un cisaillement du vent à basse altitude sous les sommets des montagnes.

Dans le nuage au-dessus du lieu de l'écrasement, les stations environnantes ont signalé des plafonds de 5000 à 9000 pieds ASL, avec quelques plafonds épars de 600 pieds AGL. Compte tenu de l'élévation à laquelle s'est produit l'incident (près de 7100 pieds [ASL]), cette couche nuageuse aurait probablement été observée beaucoup [plus près] de la surface, et elle aurait pu facilement donner lieu à des plafonds de nuages inférieurs à 1000 pieds AGL, les sommets environnants étant obscurcis<sup>8</sup>.

Malgré le peu d'observations, l'analyse a permis de conclure que les conditions les plus probables sur la route de l'aéronef à l'étude entre le lac Tyaughton et le lac Lorna étaient des conditions nuageuses avec des plafonds de nuages bas (possiblement inférieurs à 1000 pieds AGL) aux environs d'un relief plus élevé, avec des pics montagneux masqués et un changement brusque de la direction du vent quand l'aéronef montait vers ces pics, ce qui aurait pu avoir une incidence sur le vol à l'étude<sup>9</sup>.

### 1.7.3 Cisaillement du vent et courants descendants

Le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* définit un cisaillement du vent comme étant un « [c]hangement, sur une courte distance, de la vitesse ou de la direction du vent, ou des deux à la fois<sup>10</sup> ». Il est indiqué que le cisaillement du vent « peut se produire

<sup>7</sup> Ibid., p. 10 et 13.

<sup>8</sup> Ibid., p. 13.

<sup>9</sup> Ibid., p. 14.

<sup>10</sup> Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), GEN – Généralités (24 mars 2022), section 5.1 : Glossaire de terminologie aéronautique, p. 35.

sur le plan vertical ou horizontal et quelquefois sur les deux<sup>11</sup> ». Lorsque le vent est poussé au-dessus d'une chaîne de montagnes, des vagues peuvent se former du côté sous le vent des montagnes. Ces ondes sous le vent produisent des courants descendants importants près de la montagne.

Bien que les vents exacts au moment de l'événement ne soient pas connus, les vents qui soufflent dans les chaînes de montagnes peuvent être très imprévisibles, et les courants descendants<sup>12</sup> ne sont pas rares. Comme il est expliqué dans *Mountain Flying* [traduction] :

[L]orsque le vent souffle sur de grandes crêtes montagneuses, le vent soufflant sur le versant au vent, dans une atmosphère stable, est généralement relativement uniforme. Cependant, il se déverse rapidement du côté sous le vent, créant de forts courants descendants et provoquant des turbulences dans une situation qui peut être comparée à de l'eau qui s'écoule dans le lit accidenté d'un cours d'eau. Ces courants descendants peuvent être dangereux et mettre un aéronef dans une position dont il ne pourrait peut-être pas se rétablir<sup>13</sup>.

De plus, comme l'explique *Météo Aviation*, « [e]n général, la force des courants descendants est telle qu'un aéronef volant parallèlement à la chaîne pourrait être entraîné vers le sol ou, s'il volait contre le vent, pourrait ne pas réussir à franchir la chaîne<sup>14</sup>. »

## 1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9 Communications

Sans objet.

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

## 1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef n'était muni ni d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, et la réglementation n'exigeait ni l'un ni l'autre.

L'aéronef à l'étude avait à son bord un GPS Garmin Aera 796; toutefois, en raison des dommages importants subis par l'aéronef après la collision, le personnel du Laboratoire

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Un courant descendant est défini comme « un courant d'air descendant à petite échelle; observé du côté sous le vent des gros objets qui entravent l'écoulement régulier de l'air; ou encore, courant d'air descendant à proximité ou à l'intérieur des zones de précipitations, en relation avec des nuages cumuliformes ». (Source : NAV CANADA, *Le temps en Colombie-Britannique : Préviation de zone graphique 31* [2001], Glossaire)

<sup>13</sup> Sparky Imeson, *Mountain Flying* (1987), chapitre 6 : Mountain Meteorology, p. 190.

<sup>14</sup> Environnement Canada, *Météo Aviation*, Troisième édition (1964), chapitre XIX : Ondes orographiques, p. 161.

d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) n'a pas été en mesure d'extraire des données de l'appareil.

L'aéronef était équipé d'un dispositif de suivi des vols de Latitude Technologies, qui a également été envoyé au Laboratoire d'ingénierie du BST aux fins d'analyse. Bien que ce dernier dispositif ait fourni des renseignements détaillés sur la trajectoire de vol de l'aéronef, l'altitude et les coordonnées exactes n'ont pu être déterminées en raison des erreurs associées aux données<sup>15</sup>.

### 1.11.1 **Recommandation A18-01 du BST**

Les renseignements recueillis par les systèmes d'enregistrement des données de vol léger peuvent être cruciaux pour comprendre la séquence des événements qui ont conduit à la collision d'un aéronef avec le relief. Les enregistreurs de données de vol peuvent capter fidèlement des données telles que l'altitude, le cap, la vitesse anémométrique et d'autres paramètres de l'aéronef, souvent à des intervalles d'une seconde, tandis que les enregistreurs de la parole dans le poste de pilotage peuvent enregistrer les transmissions radio et d'autres sons provenant du poste de pilotage, tels que les voix des occupants et les bruits de moteur.

À la suite d'un événement survenu le 13 octobre 2016, au cours duquel un aéronef Cessna Citation 500 est entré en collision avec le sol après avoir amorcé un virage en descente très accentué et dans lequel tous les occupants ont subi des blessures mortelles,<sup>16</sup> le Bureau a recommandé que

le ministère des Transports, en collaboration avec l'industrie, élimine les obstacles et élabore des pratiques recommandées en ce qui a trait à la mise en œuvre du suivi des données de vol et à l'installation de systèmes d'enregistrement des données de vol légers par les exploitants commerciaux qui ne sont pas actuellement tenus de munir leurs aéronefs de ces systèmes.

#### **Recommandation A18-01 du BST**

Dans sa réponse de décembre 2023 à la recommandation A18-01, Transports Canada (TC) a indiqué qu'il est d'accord en principe avec la recommandation.

TC a déclaré qu'il réévaluait l'approche et la portée des exigences en matière de systèmes d'enregistrement des données de vol légers et qu'il produira un nouvel avis de proposition de modification (APM) révisé. En outre, TC a reporté à l'exercice 2024-2025 les dates d'échéance des livrables pour la publication du nouvel APM en vue d'une consultation auprès des intervenants du secteur.

<sup>15</sup> L'exactitude des données de position et d'altitude enregistrées du système de repérage de vol de Latitude Technologies, modèle S100-001, a été déterminée comme étant de plus ou moins 10 pieds et 30 pieds, respectivement.

<sup>16</sup> Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A16P0186 du BST.

TC a également indiqué qu'il établira un échéancier pour la publication de l'APM dans la Partie I de la *Gazette du Canada* après l'examen des commentaires formulés par les intervenants. TC n'a pas fourni d'échéancier pour la révision ultérieure de l'APM et pour la publication de l'APM final dans la Partie II de la *Gazette du Canada*. D'après les périodes de mise en œuvre précédentes figurant dans la réponse de TC de septembre 2021, il est probable que la mise en œuvre de toute modification réglementaire prenne de nombreuses années.

Dans l'évaluation de la réponse par le BST, le Bureau demeurait préoccupé par le changement potentiel dans l'approche et la portée des exigences en matière de systèmes d'enregistrement des données de vol légers et par les longs délais de mise en œuvre. Jusqu'à ce que l'APM révisé soit accessible aux fins d'examen, il ne sera pas possible de déterminer si les exigences proposées précédemment seront préservées.

Par conséquent, à l'égard de la réponse à la recommandation A18-01, le Bureau a estimé que son **évaluation est impossible**<sup>17</sup>.

Cette recommandation demeure **Active**.

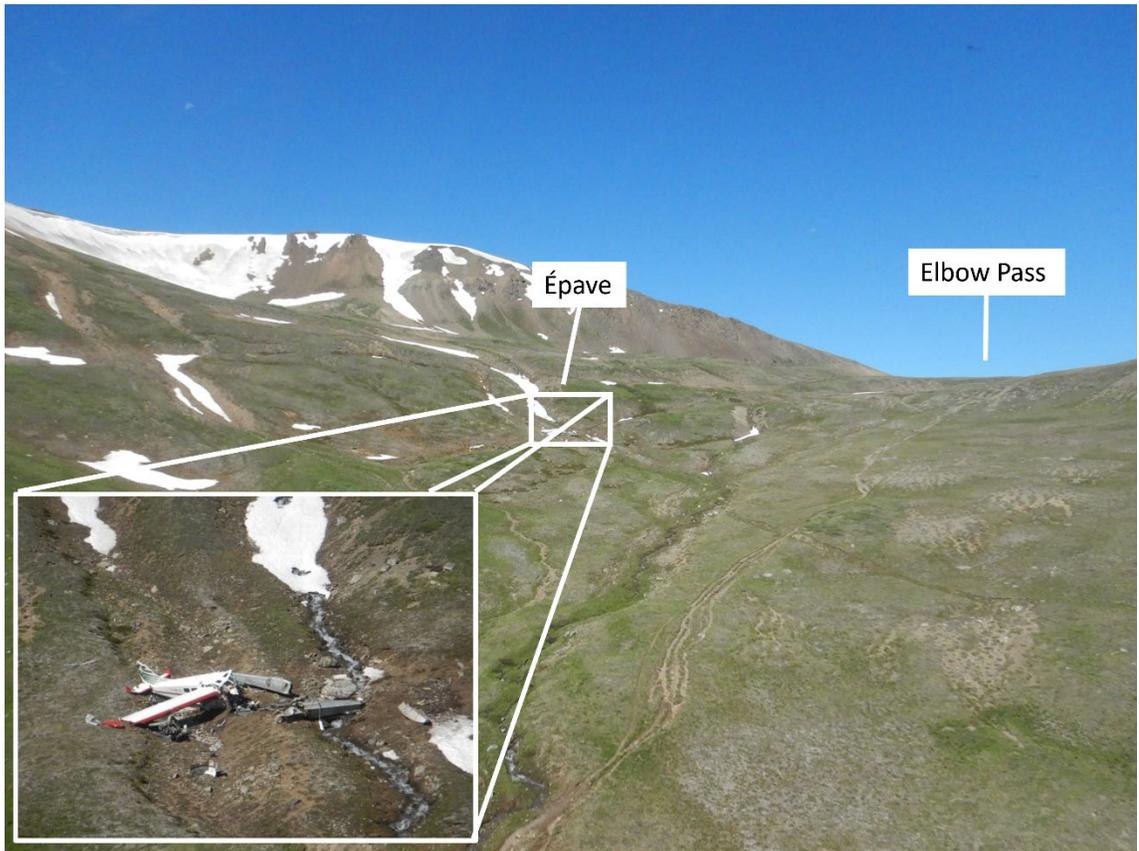
## 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Lors de la collision, le flotteur gauche a heurté le sol en premier, puis l'aéronef a piqué du nez et a viré à 180° sur la gauche, s'immobilisant dans le sens inverse de la marche à environ 126 pieds du point d'impact initial. Le sol présentait des marques d'impact des hélices près du point d'impact initial. Les marques au sol et les dommages à l'hélice indiquent que le moteur produisait de la puissance au moment de l'impact. Les flotteurs, l'aile gauche et le moteur s'étaient détachés du fuselage (figure 4).

---

<sup>17</sup> Recommandation A18-01 du BST : Installation obligatoire de systèmes d'enregistrement des données de vol légers, à l'adresse [www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2018/rec-a1801.html](http://www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2018/rec-a1801.html) (dernière consultation le 25 février 2024).

Figure 4. Photo du lieu de l'accident prise à partir d'un hélicoptère volant dans la même direction que le vol à l'étude, avec gros plan de l'épave en médaillon (Source de l'image principale et de l'image en médaillon : BST)



### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon les renseignements recueillis au cours de l'enquête, rien n'indiquait que des facteurs médicaux ont nui au rendement du pilote.

### 1.14 Incendie

Rien n'indique la présence d'un incendie soit avant ou après l'événement.

### 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

#### 1.15.1 Ceintures de sécurité

Les 2 sièges avant de l'aéronef étaient équipés d'une ceinture de sécurité composée d'une ceinture sous-abdominale combinée à une ceinture-baudrier; les sièges arrière étaient uniquement équipés d'une ceinture sous-abdominale. Tous les occupants portaient leur ceinture sous-abdominale, tandis que les occupants des 2 sièges avant portaient également les ceintures-baudriers disponibles.

On sait que l'utilisation d'une ceinture de sécurité et d'une ceinture-baudrier assure une répartition plus égale des forces d'impact et diminue la gravité des blessures à la partie supérieure du corps et à la tête<sup>18</sup>.

#### 1.15.1.1 **Recommandation A13-03 du BST**

Le BST a déjà recommandé (recommandations A94-08 et A92-01 du BST) de doter tous les sièges des petits aéronefs commerciaux de ceintures de sécurité et de ceintures-baudriers. En réponse à ces recommandations, des modifications ont été apportées à la réglementation pour imposer les ceintures-baudriers dans tous les postes de pilotage d'aéronefs commerciaux et pour tous les sièges à bord d'aéronefs construits après 1986 et comptant 9 sièges passagers ou moins<sup>19</sup>. Cette modification à la réglementation ne concernait pas la vaste majorité des hydravions commerciaux, qui a été fabriquée avant 1986.

Le BST estime que, compte tenu des risques supplémentaires liés aux accidents sur l'eau, comme le fait de ne pas pouvoir sortir de l'aéronef en raison d'une incapacité, des ceintures-baudriers pour tous les passagers d'hydravions permettraient de réduire les risques de blessures entraînant une incapacité physique et amélioreraient ainsi la probabilité d'évacuer l'aéronef.

Pour faire suite à l'enquête A1200071 du BST, le Bureau avait recommandé que

le ministère des Transports exige l'installation de ceintures-baudriers sur tous les sièges des hydravions en service commercial homologués pour le transport de 9 passagers ou moins.

#### **Recommandation A13-03 du BST**

Dans sa réponse de janvier 2014, TC a indiqué qu'il n'était pas d'accord avec la recommandation, déclarant que les structures et les conceptions intérieures de ces aéronefs âgés ne sont pas assez robustes pour retenir les ceintures-baudriers et peuvent gêner l'évacuation. En outre, dans sa dernière réponse de septembre 2020, TC a déclaré qu'un meilleur dispositif de retenue des occupants « ne permettrait pas de réduire considérablement le nombre de morts et ne compenserait pas le coût de la modification de plusieurs modèles d'hydravions visant à installer des ceintures-baudriers<sup>20</sup> ». TC n'a pas l'intention de prendre d'autres mesures pour donner suite à cette recommandation.

Dans sa réévaluation de la réponse de TC transmise en mars 2021, le BST indique que le risque que présente un dispositif de retenue des occupants inadéquat est bien connu, se

<sup>18</sup> National Transportation Safety Board des États-Unis, Safety Report, NTSB/SR-83/01, General Aviation Crashworthiness Project, Phase Two – Impact severity and potential injury prevention in General Aviation accidents, 15 mars 1985.

<sup>19</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 605.24, Exigences relatives à la ceinture-baudrier.

<sup>20</sup> Recommandation A13-03 du BST : Ceintures-baudriers pour passagers, à l'adresse [www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2013/rec-a1303.html](http://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2013/rec-a1303.html) (dernière consultation le 25 mars 2024).

reflète dans les normes de navigabilité actuelles, a été réputé être à l'origine de blessures mortelles ou y avoir contribué lors d'enquêtes précédentes du BST, et a été exposé en détail dans des études de sécurité réalisées par le BST et par la Federal Aviation Administration des États-Unis. Par conséquent, il n'était pas clair pourquoi TC a indiqué que, étant donné que l'influence relative de ce danger ne peut être quantifiée avec précision, aucune mesure ne sera prise pour remédier à la lacune de sécurité. Par conséquent, le Bureau a estimé que la réponse à la recommandation A13-03 dénotait une attention **non satisfaisante**.

La recommandation du BST est actuellement **en veilleuse**<sup>21</sup>.

Les statistiques sur les accidents ont montré de manière notable que l'utilisation d'une ceinture-baudrier conjointement avec une ceinture de sécurité peut réduire les blessures graves à la tête, au cou et à la partie supérieure du corps des occupants à bord d'un aéronef et peut réduire le nombre de morts parmi les occupants en cas d'accident offrant des chances de survie.

Les avantages des ceintures-baudriers sont décrits comme suit dans la circulaire d'information 21-34 de la Federal Aviation Administration [traduction] :

Les systèmes de ceinture de sécurité avec ceinture-baudrier permettent d'éviter des blessures graves à la tête, au cou et à la partie supérieure du torse en cas d'accidents qui peuvent causer des dommages relativement mineurs à l'aéronef, et ils peuvent éviter des blessures irréversibles ou mortelles en cas d'accidents plus graves. Par conséquent, les principaux avantages des ceintures-baudriers se manifestent dans un contexte d'accident, mais celles-ci ne peuvent être d'aucune utilité si elles ne sont pas disponibles en cas d'accident<sup>22</sup>.

### 1.15.2 Appareil de télécommunications par satellite

Un passager à bord de l'aéronef à l'étude avait un appareil compact de télécommunications par satellite. Cet appareil a été utilisé pour communiquer avec les services d'urgence à la suite de la collision avec le relief.

### 1.15.3 Équipement de survie

L'enquête a révélé qu'aucun équipement de survie n'était transporté à bord de l'aéronef pendant le vol à l'étude. Après la collision avec le relief, des parties de l'intérieur de l'aéronef, des couvertures de survie, des vêtements que les passagers avaient emportés dans leurs sacs, ainsi que les sacs eux-mêmes, ont été utilisés pour bloquer le vent et tenir les occupants au chaud en attendant l'arrivée des services d'urgence. Des trousse de

<sup>21</sup> Une recommandation en veilleuse, selon le BST, est une recommandation où l'évaluation a permis d'établir qu'il y a un risque résiduel, mais aucune nouvelle action n'est prévue, et les réévaluations ne donneront vraisemblablement aucun nouveau résultat.

<sup>22</sup> Federal Aviation Administration, Advisory Circular (AC) NO. 21-34 : Shoulder Harness – Safety Belt Installations (4 juin 1993), chapitre 1 : General information, à l'adresse [faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_21-34.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_21-34.pdf) (dernière consultation le 25 mars 2023).

premiers soins provenant de l'aéronef et des sacs des passagers ont été utilisées pour administrer les premiers soins.

Pour qu'un vol soit exempté de l'obligation imposée par le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) aux aéronefs de transporter de l'équipement de survie lorsque le vol est effectué à moins de 25 milles marins (NM) de l'aérodrome de départ, le pilote doit pouvoir « établir des radiocommunications avec une station radio au sol durant le vol<sup>23</sup> ». Le vol entre le lac Tyaughton et le lac Lorna est inférieur à 25 NM, mais lorsque l'aéronef à l'étude était sur le lac Lorna, les radiocommunications très haute fréquence (VHF) avec le répartiteur de Tyax Lodge<sup>24</sup> étaient impossibles en raison du relief montagneux de la région<sup>25</sup>. Par conséquent, l'aéronef devait transporter de l'équipement de survie.

## 1.16 Essais et recherche

### 1.16.1 Analyse de la performance en virage de l'aéronef

Le laboratoire du BST a effectué une analyse de la performance de l'aéronef pendant le demi-tour effectué avant l'impact avec le relief. D'après les calculs effectués à partir des données enregistrées sur la vitesse sol, la vitesse anémométrique moyenne de l'aéronef au moment où le demi-tour a été amorcé était de 73,2 mi/h<sup>26</sup>.

La modélisation informatique de la performance de l'aéronef pendant le virage a été réalisée en fonction du manuel de vol de l'aéronef, des données extraites du système de repérage du vol et des renseignements fournis par l'avionneur.

Les résultats de la modélisation comprenaient les calculs de rayon du virage et de la vitesse de décrochage. Sur l'image produite par l'essai (figure 5), le demi-tour représenté en vert (à un angle d'inclinaison de 45°) indique un virage réussi, tandis que celui représenté en jaune (à un angle d'inclinaison de 60°) indique un décrochage de l'aéronef. Le virage représenté en rouge (à un angle d'inclinaison de 30°) indique que l'aéronef aurait manqué d'espace dans la vallée.

Cependant, l'analyse montre qu'à une vitesse anémométrique de 73,2 mi/h, il aurait été possible de réussir le demi-tour à un angle d'inclinaison de 45°.

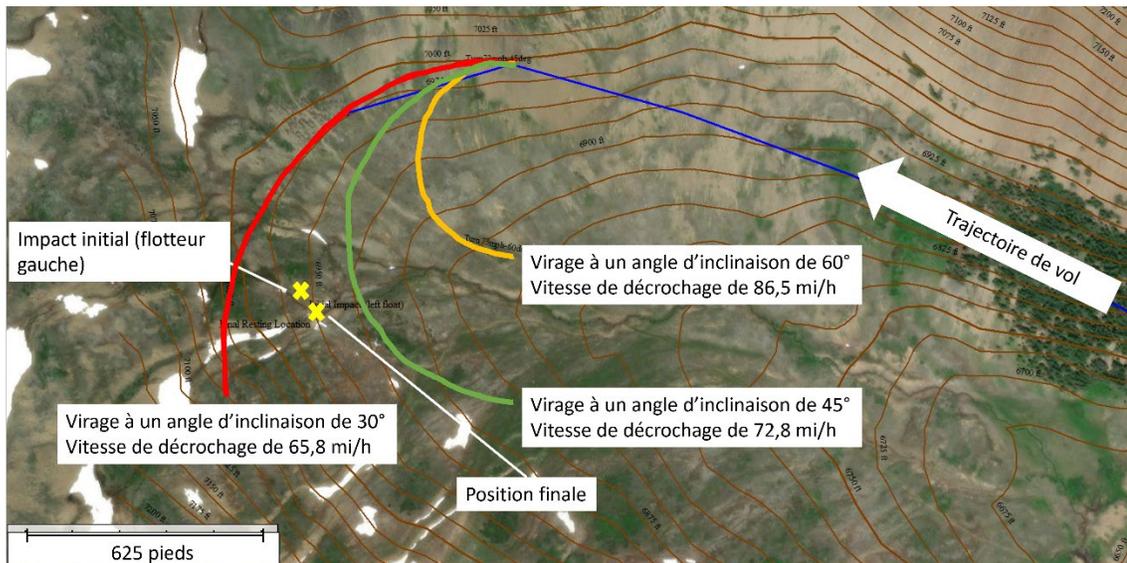
<sup>23</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 602.61.

<sup>24</sup> Tyax Lodge se situe au lac Tyaughton.

<sup>25</sup> La radio très haute fréquence (VHF) est limitée par la ligne de visée. Autrement dit, pour fonctionner, le signal radio doit pouvoir suivre un chemin clair et dégagé entre l'émetteur et le récepteur. Si l'un des deux appareils se trouve derrière une masse terrestre, telle qu'une montagne ou une colline, ou sous la courbure de la terre, la transmission peut être bloquée ou affaiblie.

<sup>26</sup> Pour estimer les conditions de vol initiales de l'aéronef avant le début du demi-tour, on a calculé la moyenne des 3 derniers points de données de cap stable à partir des données de vol enregistrées. Les valeurs de vitesse sol et d'altitude ainsi obtenues ont été utilisées pour l'analyse.

Figure 5. Trois scénarios de trajectoire de vol, dont 1 demi-tour réussi (à un angle d'inclinaison de 45°), fondés sur des virages effectués à des angles d'inclinaison de 30°, 45° et 60° et à une vitesse anémométrique de 73,2 mi/h (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



L'aéronef à l'étude n'était pas équipé d'un enregistreur de données de vol; par conséquent, l'angle d'inclinaison et la vitesse anémométrique réels de l'aéronef pendant le demi-tour n'étaient pas disponibles.

## 1.16.2 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP064/2022 – NVM Recovery – GPS and Flight Tracker [Récupération de la mémoire non volatile – GPS et système de suivi de vol]
- LP040/2023 – Aircraft Performance Analysis [Analyse de la performance de l'aéronef]

## 1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

Au moment de l'événement, Tyax Air Service Limited était titulaire d'un certificat d'exploitant aérien délivré par TC. Elle exerçait ses activités en vertu des sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) et 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du RAC, et effectuait des vols principalement pour l'industrie du tourisme. La compagnie était établie au lac Tyaughton et exploitait des aéronefs sur flotteurs, roues et skis. Le vol à l'étude était effectué en vertu de la sous-partie 703 du RAC.

Les opérations avec un seul pilote à bord étaient fondées sur la régulation des vols par le pilote à Tyax Air Service Limited. Par conséquent, les décisions de décoller et de poursuivre un vol étaient prises par le pilote en fonction des renseignements obtenus et de ce qui était observé à ce moment-là.

Au moment de l'accident, Tyax Air Service Limited n'exploitait que l'aéronef à l'étude, et au moment de la publication du présent rapport, l'exploitant avait volontairement suspendu ses activités.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Rapport d'enquête sur une question de sécurité du BST sur les activités de taxi aérien au Canada

En 2019, le BST a publié le Rapport d'enquête sur une question de sécurité (SII) A15H0001<sup>27</sup>, dont l'objectif est d'améliorer la sécurité en réduisant les risques liés aux activités de taxi aérien au Canada, un secteur qui continue de connaître plus d'accidents et plus de morts que tous les autres secteurs de l'aviation commerciale.

La phase 1 de la SII, qui consistait, entre autres, à examiner 167 rapports d'enquête du BST mettant en cause des aéronefs à voilure fixe et à voilure tournante, a révélé que le plus grand nombre de pertes de vie résulte de vols ayant commencé dans des conditions météorologiques de vol à vue, qui se sont poursuivis jusqu'à la perte des repères visuels et se sont soldés soit par un impact sans perte de contrôle soit par une perte de maîtrise. L'analyse des données sur les accidents a révélé que les facteurs contributifs s'inscrivaient dans 2 grandes catégories :

<sup>27</sup> Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001 du BST.

- l'acceptation de pratiques non sécuritaires;
- la gestion inadéquate des dangers opérationnels.

Pendant la phase 2 de la SII, les enquêteurs ont mené des entrevues auprès d'intervenants de l'industrie afin de mieux comprendre les pressions auxquelles l'industrie devait faire face et les problèmes rencontrés dans ses activités quotidiennes. Les renseignements recueillis ont été classés en 19 thèmes de sécurité qui, à la suite d'une analyse supplémentaire combinée avec d'autres données, ont produit des conclusions variées. De ces 19 thèmes, les 4 thèmes suivants et leurs conclusions respectives sont pertinents au présent rapport :

- *L'acceptation de pratiques non sécuritaires*, qui peuvent entraîner un risque accru d'accident si elles ne sont pas reconnues et des mesures d'atténuation ne sont pas prises, ou si de telles pratiques sont acceptées au fil du temps en tant que méthodes de travail « normales ».
- *Les pressions opérationnelles*, qui peuvent être internes et externes, y compris la pression de produire des résultats, peuvent influencer négativement sur la sécurité.
- *La formation des pilotes et d'autre personnel d'opérations aériennes*, qui est essentielle pour perfectionner les connaissances et compétences dont ils ont besoin pour gérer efficacement les divers risques associés aux opérations de taxi aérien.
- *La prise de décisions et la gestion des ressources de l'équipage*, qui sont des compétences cruciales qui aident les équipages de conduite à gérer les risques associés aux opérations aériennes.

### 1.18.2 Marge de franchissement selon les règles de vol à vue

Le vol à l'étude a été effectué conformément à la sous-partie 703 du RAC. D'après l'article 703.27 du RAC :

Sauf pour effectuer un décollage ou un atterrissage, il est interdit d'utiliser un aéronef en vol VFR :

- la nuit, à moins de 1 000 pieds au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé à une distance de trois milles ou moins, mesurée horizontalement, de la route prévue;
- dans le cas où l'aéronef est un avion, le jour, à moins de 300 pieds AGL ou à une distance inférieure à 300 pieds de tout obstacle, mesurée horizontalement<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 703.27.

L'aéronef n'était pas équipé d'un radioaltimètre<sup>29</sup>, mais la réglementation n'en exigeait pas<sup>30</sup>. Même si l'absence d'un radioaltimètre n'a peut-être pas contribué directement à l'accident, un radioaltimètre aurait pu améliorer la conscience par le pilote de l'altitude de l'aéronef au-dessus du sol lorsque le virage a été amorcé à quelque 100 pieds AGL.

### 1.18.3 Procédure pour faire demi-tour

La publication de TC intitulée *Un instant! Pour votre sécurité : Le vol VFR en montagne* offre le conseil suivant : « Ne volez pas au milieu d'une vallée. Volez d'un seul côté et assurez-vous qu'un rayon de braquage sûr est disponible. **Toujours avoir un parcours d'évacuation ouvert** [caractères gras dans le texte original]<sup>31</sup> ».

Lorsqu'ils effectuent un demi-tour dans un canyon étroit, les pilotes doivent rester d'un côté et amorcer le virage le plus près possible de ce côté du canyon, puis poursuivre le virage en utilisant le rayon minimum qui convient à l'aéronef. Pendant le virage, les pilotes ont pour pratique normale de réduire leur vitesse, de sortir les volets partiellement ou totalement, puis de rouler jusqu'à une inclinaison d'environ 45°. Au même moment, ils sélectionnent la pleine puissance et appliquent la contre-pression nécessaire pour maintenir le vol en palier de l'aéronef. En cas d'avertissement de décrochage ou de tremblement, les pilotes doivent réduire l'angle d'inclinaison juste assez pour faire cesser l'avertissement. Une fois le virage effectué, les pilotes remettent les volets et la manette des gaz aux réglages normaux pour le vol de croisière<sup>32</sup>.

### 1.18.4 Questions relatives aux facteurs humains

#### 1.18.4.1 Motivation des pilotes et pression opérationnelle influant sur la prise de décision

Comme en fait état la SII, le contact direct entre le pilote et les passagers est une caractéristique typique de la plupart des opérations de taxi aérien. Par rapport aux pilotes de ligne visés par la sous-partie 705 (Exploitation d'une entreprise de transport aérien) du RAC, l'interaction d'un pilote de taxi aérien avec les passagers est plus importante. Elle peut comprendre l'accueil des passagers à l'arrivée, la collecte des données sur les passagers pour les calculs de masse et de centrage, la prestation des exposés sur les mesures de sécurité, l'ajustement des gilets de sauvetage, la discussion sur le plan de vol (y compris les solutions de rechange et les contraintes météorologiques), l'organisation de la cargaison,

<sup>29</sup> Un radioaltimètre est un « [a]ppareil de radionavigation placé à bord d'un aéronef, utilisant la réflexion d'ondes radioélectriques sur le sol en vue de déterminer la hauteur de cet aéronef au-dessus de la surface de la terre ». (Source : Transports Canada, circulaire d'information (CI) n° 100-001 : Glossaire à l'intention des pilotes et du personnel des services de la circulation aérienne, numéro 08 [22 juin 2021]).

<sup>30</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 605.42(2)a).

<sup>31</sup> Transports Canada, TP 2228-32F, *Un instant! Pour votre sécurité : Règles de vol à vue (VFR) pour les vols dans les montagnes* (28 juin 2018).

<sup>32</sup> SKYbrary, « Flight in Mountainous Terrain », à l'adresse [skybrary.aero/articles/flight-mountainous-terrain](https://skybrary.aero/articles/flight-mountainous-terrain) (dernière consultation le 26 mars 2023).

l'attribution des sièges aux passagers ainsi que l'interaction avec les passagers pendant le vol.

Cette interaction étroite avec les passagers peut influencer sur la capacité du pilote à prendre des décisions judicieuses et à gérer efficacement les risques une fois en vol. Étant donné que les pilotes de taxi aérien interagissent directement avec les passagers avant d'exercer leur rôle opérationnel de pilotage de l'aéronef, il est plus probable qu'ils soient conscients des raisons pour lesquelles les passagers voyagent, ce qui peut influencer leur prise de décision et leur gestion des risques. Cette pression opérationnelle peut influencer le processus naturel de prise de décision des pilotes, y compris la décision de savoir si un plan est toujours solide ou si une ligne de conduite différente est nécessaire.

Entre autre, comme la pilote n'avait pas pu atteindre la destination initiale du lac Lorna lors du vol précédent, elle était résolue à atteindre l'objectif, c'est-à-dire trouver une route vers la destination, se créant ainsi un modèle mental, composante intrinsèque de la prise de décision. Un modèle mental constitue une représentation interne qui permet à une personne de décrire, d'expliquer et de prévoir des événements ou des situations dans son environnement<sup>33</sup>. Lorsqu'un modèle mental est adopté, il génère des attentes et résiste au changement. Il s'ensuit une pression opérationnelle interne accrue en faveur de la poursuite du vol. De nouveaux renseignements convaincants doivent être assimilés pour modifier un modèle mental.

#### 1.18.4.2 Navigation en montagne et repères visuels

En vol de montagne, des arbres ou arbustes dispersés servent de repères visuels pour caractériser les dimensions des vallées. La végétation observable peut aider à estimer la hauteur de l'aéronef au-dessus du sol.

En outre, les arbres ou les buissons permettent aux pilotes de confirmer efficacement à la fois leur distance par rapport au relief et la taille relative de la montagne en comparaison. Ces facteurs aident le pilote à estimer si un demi-tour peut être effectué de façon sécuritaire<sup>34</sup>.

Étant donné que la haute vallée menant à Elbow Pass a un contour uniforme et qu'il n'y a pas de végétation visible dans la zone environnante, la pilote disposait de moins de repères visuels sur lesquels s'appuyer pendant qu'elle volait dans la vallée.

#### 1.18.4.3 Minima de sécurité personnels

Les minima personnels sont un ensemble de limites et de lignes directrices qu'un pilote utilise pour prendre des décisions qui peuvent être plus prudentes que ce qu'exige la

<sup>33</sup> E. Salas et D. Maurino, *Human Factors in Aviation*, 2<sup>e</sup> édition (Academic Press, 2010), p. 266.

<sup>34</sup> Civil Aviation Authority of New Zealand, *Mountain Flying* (révisé en mai 2021), p. 16, à l'adresse [www.aviation.govt.nz/assets/publications/gaps/caa-gap-mountain-flying-may-2021-web.pdf](http://www.aviation.govt.nz/assets/publications/gaps/caa-gap-mountain-flying-may-2021-web.pdf) (dernière consultation le 27 mars 2023).

réglementation. Selon la Federal Aviation Administration, [traduction] « les minima personnels doivent être fixés de manière à offrir une marge de sécurité confortable entre les compétences requises pour le vol particulier [que le pilote souhaite réaliser] et les compétences auxquelles [le pilote a] accès par la formation, l'expérience, le maintien des connaissances et la maîtrise des aptitudes<sup>35</sup> ». Pour ce faire, les pilotes doivent examiner les minima réglementaires, évaluer leur expérience et leur niveau de confort, établir une base de référence pour leurs minima personnels et les adapter aux conditions données, puis s'en tenir à leur plan<sup>36</sup>.

Par exemple, dans le contexte précis du vol VFR en montagne, TC recommande aux pilotes d'établir l'altitude dont ils auront besoin pour que l'aéronef puisse franchir le col ou la crête au fond d'une vallée.<sup>37</sup> Cette altitude pourrait varier d'un pilote à l'autre, en fonction des minima de sécurité personnels de chaque pilote et de la marge qu'il souhaite conserver.

Bien que le RAC puisse établir les limites réglementaires minimales, les pilotes peuvent se des minima de sécurité personnels qui vont au-delà de ces limites réglementaires. L'établissement de limites personnelles strictes peut aider les pilotes à augmenter leurs marges de sécurité.

#### 1.18.4.4 Opérations aériennes par temps de pluie

La présence de pluie sur le pare-brise de l'aéronef ajoute à l'encombrement visuel pouvant masquer les repères extérieurs dont dispose un pilote, ce qui rend la surveillance visuelle et la perception plus difficiles et plus longues.

---

<sup>35</sup> Federal Aviation Administration, « Getting the Maximum from Personal Minimums », dans *FAA Aviation News* (mai/juin 2006), p. 2, à l'adresse [www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/38/472/6.2%20Personal%20Minimums%20MayJun06.pdf](http://www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/38/472/6.2%20Personal%20Minimums%20MayJun06.pdf) (dernière consultation le 27 mars 2023).

<sup>36</sup> Ibid, Appendix.

<sup>37</sup> Transports Canada, TP 2228-32F, Un instant! Pour votre sécurité : Règles de vol à vue (VFR) pour les vols dans les montagnes (28 juin 2018).

Selon leur taille et leur densité, les gouttelettes d'eau déplacées par l'écoulement relatif de l'air sur les pare-brise des aéronefs non équipés d'essuie-glace, comme c'était le cas de l'aéronef à l'étude, peuvent nuire à la visibilité vers l'avant (figure 6). Cette visibilité entravée

Figure 6. Pluie sur le pare-brise pendant le vol à l'étude (Source : Tierce partie, avec permission)



oblige le pilote à procéder au traitement visuel de la contamination pour voir au-delà du pare-brise, et complique la tâche consistant à estimer la hauteur de l'aéronef au-dessus du sol et la distance par rapport aux nuages. Le processus de traitement visuel de la contamination du pare-brise nécessite l'utilisation de ressources cognitives et augmente le temps nécessaire à un pilotage efficace de l'aéronef ainsi qu'à la prise de décision rapide pendant des manœuvres effectuées dans des zones restreintes.

Le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* explique davantage les difficultés des opérations aériennes par temps de pluie :

Une illusion optique peut se produire au cours des vols par temps de pluie. La pluie sur le pare-brise, en plus de diminuer considérablement la visibilité, donne lieu à un phénomène de réfraction. Cette illusion est attribuable à deux causes. Tout d'abord, par suite de la diminution de la transparence du pare-brise lorsqu'il est couvert de pluie, l'œil voit l'horizon au-dessous de sa position réelle (à cause de la réaction de l'œil à la différence de clarté qui existe entre la partie claire supérieure et la partie sombre inférieure). En outre, la forme et les motifs qu'affectent les rides formées par la pluie sur le pare-brise, surtout dans le cas d'un pare-brise incliné, font paraître les objets plus bas qu'ils ne sont en réalité. L'illusion d'optique peut être produite par l'une ou l'autre de ces deux causes, ou par les deux à la fois; dans ce dernier cas, où elle est évidemment plus grande, l'erreur est de l'ordre d'environ 5° d'angle. C'est ainsi que le sommet d'une colline ou d'une montagne se trouvant à ½ NM en avant d'un aéronef peut sembler être à 260 pieds plus bas (230 pieds à ½ SM) qu'il ne l'est en réalité.

Les pilotes devraient donc tenir compte de ce danger supplémentaire lorsqu'ils volent dans des conditions de mauvaise visibilité par temps de pluie; ils devraient alors maintenir une altitude suffisante et prendre les autres mesures de précaution qui s'imposent, par suite de cette erreur, pour conserver une marge de sécurité convenable au-dessus du terrain tant au cours de vol « en route » qu'au cours de l'approche finale précédant l'atterrissage<sup>38</sup>.

<sup>38</sup> Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), AIR – Discipline aéronautique (24 mars 2022), section 2.5 : Opérations par temps de pluie, p. 399.

## 2.0 ANALYSE

L'enquête n'a relevé aucun problème lié à la délivrance des brevets de pilotage ou à des défaillances des systèmes de l'aéronef qui auraient pu contribuer à cet événement. Par conséquent, l'analyse mettra l'accent sur les circonstances et les conditions dans lesquelles le vol à l'étude a été effectué.

Elle portera en particulier sur les questions relatives aux facteurs humains qui ont contribué à la poursuite du vol dans la vallée et vers la destination prévue, le lac Lorna. L'analyse décrira ensuite les éléments du demi-tour qui ont contribué à l'impact de l'aéronef avec le relief. Les risques associés à l'absence d'équipement de survie ou d'enregistreur de données seront également abordés.

### 2.1 Questions relatives aux facteurs humains

#### 2.1.1 Prise de décisions par le pilote

Compte tenu du lien que la plupart des pilotes visés par la sous-partie 703 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) entretiennent avec les opérations quotidiennes, la prise de décision par le pilote dans le contexte des opérations de taxi aérien est étroitement jumelée à l'objectif du vol. Comme en fait état le rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001, le contact direct entre le pilote et les passagers est une caractéristique typique de la plupart des opérations de taxi aérien. Par conséquent, des conflits d'objectifs peuvent survenir lorsque le pilote s'efforce de satisfaire aux besoins des passagers tout en cherchant à absorber les retards opérationnels causés par les conditions météorologiques, les passagers en retard et les tâches administratives.

#### 2.1.2 Motivation

Le jour de l'événement, la pilote avait effectué 3 vols nolisés aller-retour à partir du lac Tyaughton (Colombie-Britannique) : le 1<sup>er</sup> vol était à destination du lac Warner (Colombie-Britannique) tandis que les 2 suivants étaient prévus à destination du lac Lorna (Colombie-Britannique). Le 1<sup>er</sup> vol était arrivé au lac Warner comme prévu, le 2<sup>e</sup> avait été dérouté vers une autre destination en raison des nuages et des conditions météorologiques près du lac Lorna, et le 3<sup>e</sup> était le vol à l'étude. Même si l'exploitant appuyait les décisions des pilotes de dérouter le vol ou de retourner à la base en raison de préoccupations liées à la sécurité, telles que des conditions météorologiques défavorables ou infranchissables, la pilote était résolue à atteindre l'objectif, c'est-à-dire trouver une route vers la destination. Elle ressentait par ailleurs une pression opérationnelle interne accrue en faveur de la poursuite du vol.

Comme la pilote entrait dans la vallée avec l'intention de se rendre au lac Lorna, les nuages et les conditions météorologiques qu'elle relevait semblaient permettre la poursuite du vol selon les règles de vol à vue (VFR) le long de la route au-dessus d'Elbow Pass, jusqu'au lac

Lorna. Le plan consistait à étudier la possibilité d'emprunter Elbow Pass pour se rendre au lac Lorna.

Puisque les conditions météorologiques avaient obligé la pilote à dérouter le 2<sup>e</sup> vol, la recherche d'une route navigable vers la destination prévue lors du vol à l'étude était l'objectif principal de la pilote. Le modèle mental de la pilote, qui était fondé sur l'échec du 2<sup>e</sup> vol et sur l'attente que l'amélioration des conditions météorologiques permette le passage, a créé et renforcé chez la pilote les attentes de réussite possible du vol à l'étude.

Ainsi, la pilote était résolue à effectuer comme prévu le vol à l'étude, et elle a probablement connu une certaine pression opérationnelle interne en ce sens.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Comme l'aéronef entrait dans la vallée, la pilote a décidé que la visibilité et la hauteur des nuages étaient suffisantes pour poursuivre le vol VFR vers la destination prévue. Cette décision a probablement été motivée par des pressions opérationnelles internes découlant d'un vol précédent infructueux et de l'aspiration sous-jacente de parvenir à la destination prévue.

Puisque la pilote avait dû dérouter le vol vers un autre endroit lors du 2<sup>e</sup> vol de la journée, elle se rendait compte qu'un demi-tour pourrait s'avérer nécessaire pendant le vol à l'étude.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Anticipant la nécessité de faire demi-tour, la pilote a configuré l'aéronef de manière à augmenter sa manœuvrabilité et l'a positionné sur le côté droit de la vallée. En conséquence, l'aéronef circulait près du sol, à une vitesse plus proche de sa vitesse de décrochage.

## 2.1.3 Repères visuels réduits à l'approche d'Elbow Pass

### 2.1.3.1 Relief d'une vallée

En vol de montagne, des arbres ou arbustes dispersés servent de repères visuels pouvant définir les dimensions d'une vallée. La haute vallée menant à Elbow Pass se trouve au-dessus de la limite des arbres et offre un paysage uniforme; il n'y a pas, dans la zone environnante, de végétation discernable qui aurait pu servir de repère visuel à la pilote. Il lui était donc plus difficile d'évaluer les dimensions de la vallée et, par conséquent, de déterminer si elle pouvait faire demi-tour de façon sécuritaire.

### 2.1.3.2 Précipitations

En entrant dans la vallée menant à Elbow Pass, l'aéronef circulait dans des conditions VFR sous une couche de nuages et dans des précipitations. Des photos prises le jour de l'événement montrent des précipitations sur le pare-brise de l'aéronef.

La pluie sur le pare-brise d'un aéronef peut masquer les repères extérieurs accessibles au pilote, ce qui rend la surveillance visuelle et la perception plus difficiles et plus longues. Les gouttelettes d'eau qui ruissellent sur le pare-brise d'un aéronef peuvent nuire à la visibilité

vers l'avant, ce qui complique la tâche déjà complexe du pilote consistant à estimer la hauteur de l'aéronef au-dessus du sol et la distance par rapport aux nuages. La nécessité de traiter visuellement la contamination du pare-brise peut détourner les ressources cognitives du pilote des tâches cruciales que sont le pilotage de l'aéronef et la prise de décision pendant les manœuvres effectuées dans des zones restreintes, telles que les vallées.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Lorsque l'aéronef poursuivait sa route vers Elbow Pass, la perception par la pilote de la position de l'aéronef par rapport aux nuages, au sol et à d'autres caractéristiques physiques a été affectée par la présence de gouttelettes d'eau sur le pare-brise et par l'absence de divers repères visuels dans la vallée. En conséquence, la pilote a eu du mal à détecter la brusque élévation du relief et la réduction sensible de la hauteur au-dessus du sol, ce qui a retardé l'amorce du demi-tour.

## 2.2 Facteurs influant sur un demi-tour

### 2.2.1 Conditions météorologiques

Le matin, avant le 1<sup>er</sup> vol de la journée, la pilote avait passé en revue les conditions météorologiques le long de la route prévue. Pendant le vol à l'étude, elle connaissait les conditions météorologiques le long de la route, car il s'agissait de son 3<sup>e</sup> vol de la journée dans la même zone.

Les nuages, les vents et les phénomènes obscurcissants peuvent changer rapidement au sommet des cols et des crêtes de montagne, et lorsqu'une ouverture ou une éclaircie dans les nuages semble offrir une possibilité de passage à un aéronef, cette ouverture peut disparaître rapidement et laisser le pilote à la recherche d'une autre route de sortie. La décision de faire demi-tour dans une vallée montagneuse peut être prise à tout moment. Cependant, lorsque cette décision est retardée dans des conditions météorologiques défavorables ou changeantes, les options pour une sortie sécuritaire deviennent moins évidentes et les marges de sécurité sont réduites.

Même si la pilote avait anticipé la possibilité d'un demi-tour, la décision d'effectuer la manœuvre a été prise tardivement et, par conséquent, les options pour une sortie sécuritaire étaient réduites.

Lorsque l'aéronef a amorcé son virage, sa vitesse anémométrique est tombée en dessous de 80 mi/h, et le klaxon de l'avertisseur de décrochage a retenti. La pilote a mis la pleine puissance, mais l'aéronef est entré en collision avec le relief. Une analyse de la performance réalisée au cours de l'enquête a permis de déterminer qu'un virage à 45° d'inclinaison à 73,2 mi/h aurait dû être possible; cependant, on n'a pu déterminer ni la vitesse et l'angle d'inclinaison réels de l'aéronef, ni l'influence de possibles courants descendants dans la zone.

**Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs**

Le demi-tour a été amorcé à environ 100 pieds au-dessus du sol à une vitesse anémométrique réduite, qui a encore diminué pendant le virage. L'aéronef a percuté le relief en pente descendante vers la fin du virage, probablement à la suite d'un décrochage ou d'un courant d'air descendant, ou des deux.

**2.2.2 Formation**

La pilote avait acquis une expérience du vol en montagne, principalement dans le cadre d'opérations au Nunavut. Son contrat avec Tyax Air Service Limited était son 1<sup>er</sup> emploi dans le cadre duquel elle effectuait des opérations de vol dans les montagnes de la Colombie-Britannique.

La formation au pilotage que la pilote avait reçue englobait les décrochages, les virages à grande inclinaison et les demi-tours. Cependant, étant donné qu'il n'y avait ni passagers ni cargaison à bord lors des vols d'entraînement, la pilote n'avait pas effectué ces manœuvres et procédures à bord d'aéronefs dont la masse était représentative de vols opérationnels, dont le vol à l'étude où l'aéronef était proche de sa masse brute maximale.

**Fait établi quant aux risques**

Si un pilote s'entraîne à faire des décrochages et des demi-tours lorsque la masse de l'aéronef est bien inférieure à celle des vols opérationnels, il y a un risque que le pilote ne reconnaisse pas les limites de l'aéronef ou la façon dont celui-ci se comportera avec des masses réalistes.

**2.2.3 Intégration des minima de sécurité personnels**

Les pilotes doivent s'assurer qu'ils conservent une hauteur par rapport au sol et une distance par rapport aux obstacles suffisantes pour effectuer un virage en cas d'urgence. Les pilotes visés par la sous-partie 703 du RAC sont tenus de maintenir une altitude de 300 pieds au-dessus du sol pendant les opérations de jour.

Transports Canada recommande aux pilotes de déterminer, bien avant d'atteindre la crête au bout d'une vallée, l'altitude minimale nécessaire pour la franchir. Si les pilotes fixent leurs propres limites personnelles en fonction de leur niveau de confort et de leur expérience du vol en montagne, ils seront mieux à même de décider de l'altitude minimale à respecter et de décider s'ils feront demi-tour au cas où cette altitude ne peut être maintenue. Fixer des limites d'altitude en intégrant des minima de sécurité personnels constitue un moyen de défense utile contre de nombreuses situations dynamiques en vol, comme des conditions météorologiques changeant rapidement et une pression opérationnelle et personnelle accrue.

Fixer des minima de sécurité personnels allant au-delà des limites réglementaires peut augmenter les marges de sécurité.

**Faits établis quant aux risques**

Si les pilotes n'intègrent pas de marges de sécurité personnelles concrètes à l'exercice de leurs fonctions de pilote, ils risquent de se retrouver dans des situations allant au-delà de leurs compétences et de leurs capacités.

Si les pilotes de taxi aérien pilotent un aéronef à une altitude inférieure au minimum réglementaire de 300 pieds au-dessus du sol, ils risquent de ne pas disposer d'une hauteur suffisante pour prendre des mesures d'urgence ou d'évitement en toute sécurité, ce qui peut entraîner une collision avec le relief.

**2.3 Ceintures de sécurité**

Même si l'aéronef était équipé de ceintures de sécurité, dont des ceintures-baudriers dans le poste de pilotage, les sièges passagers à l'arrière n'étaient équipés que de ceintures sous-abdominales. Deux des passagers assis sur ces sièges arrière ont subi des blessures correspondant à des mouvements incontrôlés ou à un contact avec la structure de l'aéronef. On n'a pas pu déterminer si ces blessures auraient été évitées si des ceintures-baudriers avaient été disponibles; toutefois, on sait que l'utilisation de ceintures de sécurité avec baudrier réduit la gravité des blessures au haut du corps et à la tête, en plus de répartir plus uniformément les forces d'impact.

En 2013, le BST a formulé une recommandation demandant que les hydravions légers, comme l'aéronef à l'étude, soient équipés de ceintures de sécurité comprenant des ceintures-baudriers sur tous les sièges passagers. Cette recommandation visait spécifiquement à tenir compte de l'effet possible d'une incapacité découlant de blessures sur une évacuation subaquatique; toutefois, le risque de blessure pour les passagers volant à bord d'aéronefs légers non équipés de ceinture-baudrier demeure élevé quelle que soit la surface d'atterrissage.

**Fait établi quant aux risques**

Si les sièges passagers à bord d'aéronefs légers ne sont pas tous équipés de ceintures de sécurité avec baudrier, il y a un risque accru de blessures pour les passagers en cas de mouvements incontrôlés et/ou de contact avec la structure de l'aéronef.

**2.4 Équipement de survie**

Selon le RAC, si un vol est effectué dans un rayon de 25 milles marins de l'aérodrome de départ et que le pilote peut établir des radiocommunications avec une station radio au sol durant le vol, l'aéronef est exempté de l'obligation de transporter de l'équipement de survie. Même si la route du vol en question était inférieure à 25 milles marins, le pilote était incapable d'établir des radiocommunications avec Tyax Lodge alors que l'aéronef se trouvait sur le lac Lorna. Par conséquent, l'exemption n'était pas applicable et l'aéronef était tenu de transporter de l'équipement de survie.

L'enquête a permis de déterminer que l'aéronef à l'étude ne transportait aucun équipement de survie. Après la collision avec le relief, les passagers ont utilisé des pièces de l'aéronef et leurs affaires personnelles pour se protéger du vent et rester au chaud en attendant les services d'urgence. Des trousse de premiers soins provenant de l'aéronef et des sacs des passagers ont été utilisées pour administrer les premiers soins.

L'accident s'étant produit en terrain montagneux, les secours ont été retardés en raison des plafonds bas à proximité du lieu de la collision.

#### Fait établi quant aux risques

Si les aéronefs ne sont pas équipés d'équipement de survie, les survivants d'un accident risquent de ne pas disposer de moyens suffisants pour soigner leurs blessures ou gérer les conditions climatiques et météorologiques difficiles jusqu'à ce qu'ils soient secourus, ce qui accroît le risque de blessures additionnelles et de mort.

## 2.5 Enregistreurs de données légers

L'aéronef à l'étude n'était pas équipé d'un enregistreur de données léger, et la réglementation n'en exigeait pas. Le laboratoire du BST a analysé la performance de l'aéronef depuis le demi-tour jusqu'à la collision avec le relief. En raison du manque de données concernant l'angle d'inclinaison, la vitesse anémométrique et les paramètres du moteur de l'aéronef, l'enquête n'a pas pu déterminer la cause exacte de la collision de l'aéronef avec le relief.

#### Fait établi quant aux risques

Si les aéronefs commerciaux et privés ne sont pas équipés d'un enregistreur de données léger, les enquêteurs pourraient ne pas avoir à leur disposition des données de vol cruciales après un accident, ce qui augmente le risque qu'ils ne puissent pas déterminer les causes sous-jacentes et promouvoir la sécurité des transports.

## 3.0 FAITS ÉTABLIS

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

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Comme l'aéronef entrait dans la vallée, la pilote a décidé que la visibilité et la hauteur des nuages étaient suffisantes pour poursuivre le vol selon les règles de vol à vue vers la destination prévue. Cette décision a probablement été motivée par des pressions opérationnelles internes découlant d'un vol précédent infructueux et de l'aspiration sous-jacente de parvenir à la destination prévue.
2. Anticipant la nécessité de faire demi-tour, la pilote a configuré l'aéronef de manière à augmenter sa manœuvrabilité et l'a positionné sur le côté droit de la vallée. En conséquence, l'aéronef circulait près du sol, à une vitesse plus proche de sa vitesse de décrochage.
3. Lorsque l'aéronef poursuivait sa route vers Elbow Pass, la perception par la pilote de la position de l'aéronef par rapport aux nuages, au sol et à d'autres caractéristiques physiques a été affectée par la présence de gouttelettes d'eau sur le pare-brise et par l'absence de divers repères visuels dans la vallée. En conséquence, la pilote a eu du mal à détecter la brusque élévation du relief et la réduction sensible de la hauteur au-dessus du sol, ce qui a retardé l'amorce du demi-tour.
4. Le demi-tour a été amorcé à environ 100 pieds au-dessus du sol à une vitesse anémométrique réduite, qui a encore diminué pendant le virage. L'aéronef a percuté le relief en pente descendante vers la fin du virage, probablement à la suite d'un décrochage ou d'un courant d'air descendant, ou des deux.

### 3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si un pilote s'entraîne à faire des décrochages et des demi-tours lorsque la masse de l'aéronef est bien inférieure à celle des vols opérationnels, il y a un risque que le pilote ne reconnaisse pas les limites de l'aéronef ou la façon dont celui-ci se comportera avec des masses réalistes.
2. Si les pilotes n'intègrent pas de marges de sécurité personnelles concrètes à l'exercice de leurs fonctions de pilote, ils risquent de se retrouver dans des situations allant au-delà de leurs compétences et de leurs capacités.

3. Si les pilotes de taxi aérien pilotent un aéronef à une altitude inférieure au minimum réglementaire de 300 pieds au-dessus du sol, ils risquent de ne pas disposer d'une hauteur suffisante pour prendre des mesures d'urgence ou d'évitement en toute sécurité, ce qui peut entraîner une collision avec le relief.
4. Si les sièges passagers à bord d'aéronefs légers ne sont pas tous équipés de ceintures de sécurité comprenant des ceintures-baudriers, il y a un risque accru de blessures pour les passagers en cas de mouvements incontrôlés et/ou de contact avec la structure de l'aéronef.
5. Si les aéronefs ne sont pas équipés d'équipement de survie, les survivants d'un accident risquent de ne pas disposer de moyens suffisants pour soigner leurs blessures ou gérer les conditions climatiques et météorologiques difficiles jusqu'à ce qu'ils soient secourus, ce qui accroît le risque de blessures additionnelles et de mort.
6. Si les aéronefs commerciaux et privés ne sont pas équipés d'un enregistreur de données léger, les enquêteurs pourraient ne pas avoir à leur disposition des données de vol cruciales après un accident, ce qui augmente le risque qu'ils ne puissent pas déterminer les causes sous-jacentes et promouvoir la sécurité des transports.

## 4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

### 4.1 Mesures de sécurité prises

Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 20 mars 2024. Le rapport a été officiellement publié le 24 avril 2024.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada ([www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.