



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada



# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21P0018

## **PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF**

Airspan Helicopters Ltd.  
Bell 212, C-GNYI  
Île Bowen (Colombie-Britannique)  
5 mars 2021

## 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.

Avisiez le BST par écrit si ce 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 A21P0018* (publié le 28 juillet 2022).

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 la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2022

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21P0018

N° de cat. TU3-10/21-0018F-PDF  
ISBN 978-0-660-44601-1

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>1.0 Renseignements de base</b>	<b>6</b>
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Personnes blessées	9
1.3 Dommages à l'aéronef	10
1.4 Autres dommages	10
1.5 Renseignements sur le personnel	10
1.6 Renseignements sur l'aéronef	11
1.7 Renseignements météorologiques	12
1.7.1 Prévisions météorologiques	12
1.7.2 Conditions météorologiques réelles	13
1.7.3 Analyse d'Environnement et Changement climatique Canada	15
1.7.4 Effets du vent	15
1.8 Aides à la navigation	17
1.9 Communications	17
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	17
1.11 Enregistreurs de bord	17
1.11.1 Généralités	17
1.11.2 Dispositif de suivi des vols de Latitude Technologies	18
1.11.3 Système de positionnement mondial Garmin Aera 660	18
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	18
1.12.1 Lieu de l'accident	18
1.12.2 Examen de l'épave	21
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	23
1.14 Incendie	23
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	23
1.15.1 Arrimage des objets transportés	23
1.15.2 Casques de vol	24
1.15.3 Sièges et ceintures de sécurité	24
1.15.4 Radiobalise de repérage d'urgence	25
1.16 Essais et recherche	25
1.16.1 Comprehensive Program for the Theoretical Evaluation of Rotorcraft	25
1.16.2 Rapports de laboratoire du BST	26
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	26
1.17.1 Exploitation d'hélicoptères dans un environnement monopilote	26
1.17.2 Formation au vol en montagne d'Airspan Helicopters	27
1.18 Renseignements supplémentaires	27
1.18.1 Vol en montagne	27
1.18.2 État de quasi-apesanteur	28
1.18.3 Questions relatives aux facteurs humains	29
<b>2.0 Analyse</b>	<b>32</b>
2.1 Conditions météorologiques	32

2.1.1	Turbulence et cisaillement du vent.....	32
2.1.2	Décision de décoller.....	32
2.1.3	Système météorologique actif en route .....	33
2.2	État de quasi-apesanteur .....	33
2.3	Objets non arrimés .....	34
2.4	Manœuvre d'urgence .....	35
2.4.1	Dysfonctionnements hydrauliques et moteurs.....	35
2.4.2	Perte de la poussée de l'arbre d'entraînement du rotor de queue .....	36
2.4.3	Réaction à l'urgence en vol.....	36
<b>3.0</b>	<b>Faits établis.....</b>	<b>38</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	38
3.2	Faits établis quant aux risques .....	39
3.3	Autres faits établis.....	39
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>40</b>
4.1	Mesures de sécurité prises .....	40
4.1.1	Airspan Helicopters Ltd. ....	40

# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21P0018

## PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF

Airspan Helicopters Ltd.  
Bell 212, C-GNYI  
Île Bowen (Colombie-Britannique)  
5 mars 2021

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 5 mars 2021, l'hélicoptère Bell 212 d'Airspan Helicopters Ltd. (immatriculation C-GNYI, numéro de série 30569), avec 2 pilotes à bord, se rendait de l'aérodrome de Sechelt (CAP3) (Colombie-Britannique) au parc provincial Cypress, situé à West Vancouver (Colombie-Britannique), pour fournir des services dans le cadre d'un projet de BC Hydro.

À 9 h 46, heure normale du Pacifique, alors qu'il se trouvait dans le segment de croisière du vol, l'hélicoptère est entré dans une zone de cisaillement du vent et a subi un roulis soudain et intense vers la droite avec un piqué. Après la reprise de la maîtrise, le moteur numéro 2 s'est arrêté en vol involontairement et les commandes de vol sont devenues très difficiles à manipuler.

Un endroit sur l'île Bowen (Colombie-Britannique), à proximité, a été choisi pour un atterrissage d'urgence; toutefois, l'hélicoptère était toujours difficile à maîtriser, et les pilotes ne sont pas parvenus à le manœuvrer jusqu'à l'endroit souhaité. Pendant la descente, l'hélicoptère a amorcé une rotation rapide vers la droite, et les pilotes ont été incapables d'arrêter le mouvement. Après plusieurs rotations, l'hélicoptère a heurté des arbres et s'est immobilisé sur une crête rocheuse à environ 270 pieds au-dessus du niveau de la mer, à l'angle nord-ouest de l'île Bowen.

Les 2 occupants ont été grièvement blessés. L'hélicoptère a été lourdement endommagé, mais aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. La radiobalise de repérage d'urgence s'est activée, et son signal a été reçu par le Centre canadien de contrôle des missions, à Trenton (Ontario).

## 1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

Le 5 mars 2021, l'hélicoptère Bell 212 d'Airspan Helicopters Ltd. (Airspan Helicopters) (immatriculation C-GNYI, numéro de série 30569) devait quitter l'aérodrome de Sechelt (CAP3) (Colombie-Britannique), avec 2 pilotes à bord, pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue (VFR). L'hélicoptère devait se diriger vers une zone de rassemblement située à environ 21 milles marins (NM) à l'est, dans le parc provincial Cypress (Colombie-Britannique), afin de réaliser un projet de longue élingue de plusieurs jours en collaboration avec BC Hydro. Une fois l'aéronef arrivé à la zone de rassemblement, il était prévu que le second pilote effectue le travail de longue élingue et que le commandant de bord (CdB) le surveille dans le cadre d'une évaluation des capacités par BC Hydro pour l'installation de structures de lignes de transmission haute tension de 230 kV.

Avant de préparer l'hélicoptère pour le départ, les pilotes ont consulté les ressources météorologiques disponibles, qui comprenaient les prévisions de zone graphique (GFA), les prévisions d'aérodrome (TAF), les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) et les prévisions maritimes émises par Environnement et Changement climatique Canada. Selon les prévisions, on s'attendait à de la turbulence mécanique modérée, forte par endroits, et à un cisaillement du vent à basse altitude dans la zone où les pilotes devaient travailler. Les forts vents étaient une source de préoccupation, mais le vol a été autorisé, en sachant que ce serait un vol turbulent. Le CdB a pris la décision de partir compte tenu d'une amélioration prévue des conditions plus tard dans la journée, de la volonté d'effectuer le vol opérationnel et du fait que d'autres aéronefs circulaient en direction et en partance de l'aérodrome de Sechelt. Le second pilote a alors commencé à préparer l'hélicoptère pour le vol.

Vers 9 h<sup>1</sup>, le CdB a communiqué avec les équipes de BC Hydro, qui venaient d'arriver sur le lieu de travail au parc provincial Cypress, pour obtenir des renseignements supplémentaires sur le vent. À 9 h 27, l'hélicoptère a été mis en marche, et une vérification de puissance moteur a été effectuée. L'hélicoptère a ensuite décollé et s'est dirigé vers l'est, en direction du parc provincial Cypress, vers 9 h 35. Le CdB était assis dans le siège de droite et le second pilote, qui était le pilote aux commandes, était assis dans le siège de gauche.

L'hélicoptère a pris de l'altitude et a établi une altitude de croisière entre 2 300 pieds et 2 600 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) pendant les quelques minutes suivantes et a rencontré de la turbulence légère et des vents variables de l'est et du sud-est.

---

<sup>1</sup> Toutes les heures sont exprimées en heure normale du Pacifique (temps universel coordonné moins 8 heures).

Alors que l'hélicoptère volait vers l'île Keats (Colombie-Britannique) (figure 1), les pilotes ont observé des vagues de surface localisées (ou « pistes de chat<sup>2</sup> ») indiquant des courants descendants dans le secteur. Ils ont discuté de la probabilité d'une augmentation de la turbulence en fonction de ces observations. Au-dessus de la pointe nord de l'île Keats, le second pilote a ralenti l'hélicoptère à une vitesse indiquée de 75 nœuds (vitesse sol de 66 nœuds)<sup>3</sup> et a modifié sa trajectoire légèrement vers le nord à environ 2 600 pieds ASL. Les pilotes s'attendaient à de la turbulence mécanique en provenance de l'île Bowen, dont le sommet le plus élevé culmine à 2 388 pieds ASL.

Figure 1. La trajectoire de vol de l'hélicoptère à l'étude, dérivée de son appareil GPS (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



La vitesse de l'hélicoptère a augmenté lorsque celui-ci a commencé à traverser le chenal Collingwood, atteignant une vitesse sol de 78 nœuds à une altitude d'environ 2 560 pieds ASL. Alors qu'il volait au-dessus du chenal, l'hélicoptère a traversé une zone de turbulence modérée. Peu après, à 9 h 45 min 24 s, l'hélicoptère se trouvait à environ 2 NM à l'ouest de l'île Bowen, du côté sous le vent, à une altitude d'environ 2 430 pieds ASL, lorsqu'il est entré dans une autre zone de turbulence où la force vers le bas était grande.

- <sup>2</sup> Une piste de chat est une « risée sur l'eau formée par de forts courants descendants ou des courants de vent sortant (vents de fjords) » et est une bonne indication de turbulence et de cisaillement du vent (source : NAV CANADA, *Le temps en Colombie-Britannique : Prédiction de zone graphique 31 – Région du Pacifique* (2001), p 219).
- <sup>3</sup> Les renseignements sur la vitesse sol ont été recueillis à partir de l'appareil GPS (système de positionnement mondial) à bord de l'hélicoptère.

Alors qu'il se déplaçait à une vitesse sol de 73 nœuds sur une trajectoire d'environ 110°, l'hélicoptère a violemment piqué du nez et a amorcé un roulis rapide à droite. Le cyclique a été momentanément arraché de la main du second pilote en raison du mouvement violent et rapide de l'aéronef. L'hélicoptère a roulé sur le dos, ou presque, pendant cette perte de maîtrise, et le CdB a rejoint le second pilote aux commandes pour tenter un redressement. Le second pilote a tiré le cyclique à fond vers l'arrière dans la tentative de redressement. Pendant ce laps de temps, l'hélicoptère a chuté d'environ 1 400 pieds jusqu'à une altitude d'environ 1 040 pieds ASL, soit un taux de descente de 8 220 pi/min.

Plusieurs objets, tels qu'un casque d'écoute de rechange, une radio portative, un manuel de vol et une boîte à lunch, ont été projetés vers l'avant à partir de la cabine arrière et ont heurté les pilotes sur leurs casques. Le protecteur de visière et la visière jaune du casque du second pilote se sont rabaisés sur son visage, bloquant momentanément sa vision. Le CdB étant également aux commandes, le second pilote a pu lâcher momentanément les commandes de vol afin de remonter le protecteur de visière hors de son champ de vision. La visière jaune est restée abaissée durant le reste du vol.

Plusieurs manomètres se sont détachés de leur support pendant la descente violente. Ils ont glissé hors de leur logement dans le tableau de bord.

Les pilotes ont pu reprendre un peu la maîtrise de l'hélicoptère à 0,6 NM à l'est de l'île Bowen et à 1 NM de l'île Keats, en maintenant l'hélicoptère sur un cap est. Des observateurs au sol ont vu un nuage de fumée grise s'échapper de l'hélicoptère alors qu'il se mettait en palier.

Quelques instants après la mise en palier de l'hélicoptère, les 2 pilotes avaient encore du mal à utiliser les commandes, et ils ont remarqué que les palonniers étaient devenus très difficiles à déplacer et que le cyclique répondait lentement aux commandes. À ce moment-là, les pilotes ont observé un voyant d'avertissement indiquant une chute de la pression hydraulique en dessous d'un seuil acceptable pour les opérations. En raison de la charge de travail élevée à exécuter pour tenter de maîtriser l'hélicoptère, aucun des 2 pilotes n'a eu l'occasion d'observer les instruments pour déterminer si le circuit hydraulique n° 1 ou n° 2 était défaillant. Les pilotes ont choisi un grand champ situé à l'angle nord-ouest de l'île Bowen comme site d'atterrissage d'urgence.

Le CdB a alors observé que le voyant de panne du moteur n° 2 s'est allumé alors que l'hélicoptère se trouvait à une altitude d'environ 900 pieds ASL et à 1,2 NM du site d'atterrissage proposé. Il a signalé une panne de moteur au second pilote, mais n'a pas précisé quel moteur était en panne, ce qui a créé une incertitude quant au moteur qui fonctionnait. Le second pilote a jeté un coup d'œil aux voyants d'avertissement, mais n'a pas été en mesure de déterminer quel voyant de moteur était allumé pendant qu'il conservait la maîtrise de l'hélicoptère. Il a ensuite confirmé que les 2 manettes des gaz étaient à la puissance maximale. L'état de pilotabilité de l'hélicoptère, ainsi qu'une perte de puissance



moteur, a amené les pilotes à réviser leur choix de site d'atterrissage en faveur d'un champ plus proche.

Au cours de l'approche finale vers le champ, le CdB a allumé la radiobalise de repérage d'urgence (ELT), ce qui a incité le second pilote à diffuser un message de détresse (Mayday) par radio sur la fréquence 123,20 MHz. Le message a été entendu par d'autres aéronefs dans la région, mais pas par le contrôle de la circulation aérienne.

Alors qu'il descendait et décélérait, l'hélicoptère s'est mis à faire un mouvement de lacet vers la droite, ce qui a entraîné une autre perte de maîtrise. Le CdB a communiqué au second pilote qu'il y avait une défaillance du rotor de queue.

À environ 150 pieds au-dessus du site d'atterrissage, le second pilote a placé les 2 manettes de gaz à la position de ralenti pour tenter de ralentir la rotation. Quelques instants plus tard, l'hélicoptère a commencé à toucher les arbres à environ 310 pieds ASL. À ce moment, le second pilote a tiré sur le levier de pas collectif pour ralentir la descente et amortir l'impact. L'hélicoptère a chuté et s'est immobilisé sur le dos sur un rebord rocheux à environ 270 pieds ASL.

Les conduites carburant situées sous le panneau du plancher de la cabine ont été endommagées lors de l'impact et du carburant a commencé à fuir sur les pilotes, qui étaient toujours assis dans le fuselage renversé, retenus par leurs harnais de sécurité<sup>4</sup>. Le CdB a porté secours au second pilote, dont le pied était coincé dans l'espace pour les jambes, et ils ont tous deux réussi à sortir. Les pilotes ont été localisés par des habitants de la région qui avaient été témoins de l'accident et se sont précipités sur les lieux pour porter assistance. Les 2 pilotes ont été transportés à l'hôpital pour des examens.

## 1.2 Personnes blessées

Les 2 pilotes ont été grièvement blessés.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Membres d'équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	0	-	-	0
Graves	2	-	-	2
Légères	0	-	-	0
Total des personnes blessées	2	-	-	2

<sup>4</sup> Les deux pilotes portaient leur ceinture sous-abdominale et leur ceinture-baudrier pendant toute la durée du vol.

### 1.3 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère a été lourdement endommagé par les forces d'impact.

### 1.4 Autres dommages

L'hélicoptère s'est immobilisé sur un terrain privé vacant. Plusieurs arbres ont été renversés, coupés ou délogés du flanc de la colline.

Une quantité inconnue de carburéacteur s'est écoulee sur les rochers et le sol autour de l'épave.

### 1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Second pilote
Licence de pilote	Licence de pilote professionnel — hélicoptère	Licence de pilote professionnel — hélicoptère
Date d'expiration du certificat médical	1 <sup>er</sup> avril 2021	1 <sup>er</sup> janvier 2022
Heures de vol – total	9 125,5	5 756,5
Heures de vol sur type	1 247	479,5
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	0,2	2,2
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	1,5	9,5
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	5,7	24,7
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	0,2	12,9
Heures de service avant l'événement	1	1,5
Heures hors service avant la période de travail	15	15

Le CdB était titulaire d'une licence de pilote professionnel — hélicoptère et travaillait pour Airspan Helicopters depuis plus de 20 ans. Il était président et directeur des opérations de la compagnie. Il avait suivi une formation périodique sur le Bell 212 le 5 mars 2020, et sa formation initiale au vol en montagne en 2001. Il avait également suivi un cours de recyclage d'Airspan Helicopters sur le vol en montagne le 9 janvier 2020 et subi une vérification de compétence pilote le 6 mars 2020. Lors de cette vérification, les procédures anormales et d'urgence suivantes ont été testées : moteur inopérant, autorotation à partir d'un vol stationnaire et avec un virage de 180°, panne hydraulique, panne de régulateur, incendie de moteur et défaillance de rotor de queue.

Le CdB était également qualifié en tant que pilote vérificateur agréé par Transports Canada. Il avait suivi la formation au sol périodique du 20 au 22 février 2021 et effectué le test en vol contrôlé par Transports Canada le 24 février 2021.

Le second pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel — hélicoptère et travaillait pour Airspan Helicopters depuis environ 6,5 ans. Il avait suivi sa formation périodique le 19 février 2021, sa formation initiale au vol en montagne en 2010 et un cours de recyclage d'Airspan Helicopters sur le vol en montagne le 22 janvier 2021, et il avait subi une vérification de compétence pilote le 24 février 2021. Lors de cette vérification, les procédures anormales et d'urgence suivantes ont été testées : moteur inopérant, blocage du rotor de queue, incendie en vol, panne de régulateur et panne hydraulique.

Les 2 pilotes avaient suivi le cours de gestion des ressources de l'équipage de la compagnie le 26 octobre 2020. Le cours abordait plusieurs sujets, notamment la gestion des menaces et des erreurs, les communications, la prise de décisions, la pression et le stress.

L'enquête a permis de déterminer que les pilotes détenaient les licences appropriées et répondaient aux exigences de maintien des compétences pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur. À la lumière de l'examen des horaires de travail et de repos des pilotes, la fatigue n'est pas considérée comme un facteur contributif à cet événement.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le Bell 212 est un hélicoptère bimoteur muni d'un rotor principal unique, qui peut transporter jusqu'à 14 passagers avec 1 pilote. Le jour de l'événement cependant, seuls les sièges de pilote étaient installés. Tous les autres avaient été retirés afin de réduire le poids pour l'opération de longue élingue.

L'hélicoptère à l'étude avait été modifié pour avoir une puissance nominale accrue, une configuration intégrée au bulletin technique 212-91-138 de Bell Textron Inc.<sup>5</sup> Un hélicoptère ayant subi cette modification est communément appelé un Bell 212 HP.

Le rotor principal est un rotor bipale, basculant et semi-rigide. La conception du rotor permet le battement des pales et le changement de pas des pales individuelles. Le battement des pales est nécessaire pour compenser la dissymétrie de la portance. Les pales sont libres de battre verticalement pour compenser les diverses forces aérodynamiques en vol. Elles sont reliées de manière rigide au moyeu, ce qui leur permet de battre en bloc, et le moyeu est libre de basculer par rapport au mât du rotor.

En avril 2013, l'hélicoptère avait été modifié en y ajoutant un système FastFin de Boundary Layer Research Aerospace. Le système FastFin modifie la poutre de queue avec 2 bandes de décrochage parallèles (stabilisateurs horizontaux de poutre de queue) et un plan fixe vertical remodelé. Les résultats de cette modification sont une amélioration de la performance pendant les opérations de vol stationnaire et un rotor de queue plus efficace, car la poussée est moins bloquée qu'avec le plan fixe vertical d'origine. La nouvelle forme du

<sup>5</sup> Bell Textron Inc., Bulletin technique 212-91-138, révision C : *Increased 5 Minute Takeoff Horsepower Rating* (15 mai 2003).

plan fixe vertical permet également d'alléger la charge de travail du pilote, car moins de sollicitations du palonnier sont nécessaires en vol.

Un examen des dossiers techniques n'a révélé aucun état lié à la maintenance de l'aéronef qui aurait pu contribuer à l'événement. L'hélicoptère ne présentait aucune anomalie connue avant le vol à l'étude. Sa masse et son centre de gravité se trouvaient dans les limites prévues, et il y avait suffisamment de carburant à bord pour effectuer le vol.

**Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef**

Constructeur	Bell Textron Inc.
Type, modèle et immatriculation	Bell 212, C-GNYI
Année de construction	1973
Numéro de série	30569
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	13 mars 2012
Total d'heures de vol cellule	29 220,0 heures
Type de moteur (nombre)	Pratt & Whitney Canada PT6T-3B (2)
Type de rotor (nombre de pales)	Semi-rigide (2)
Masse maximale autorisée au décollage	5 080 kg
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

Le *Bell Model 212 Rotorcraft Flight Manual* (RFM) décrit les procédures à suivre en cas de panne moteur, de panne du circuit hydraulique et de perte totale de poussée du rotor de queue. Il n'existe actuellement aucune procédure qui correspondrait au scénario auquel les pilotes de l'événement à l'étude ont été confrontés. Le RFM stipule que [traduction] « les manœuvres intentionnelles entraînant des assiettes en roulis supérieures à 50° d'inclinaison [...] sont interdites<sup>6</sup> ». Sans que ce soit intentionnel, l'aéronef, lors de la première perte de maîtrise, a dépassé cette limite.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Prévisions météorologiques

Les pilotes ont décollé de l'aérodrome de Sechelt (CAP3) vers 9 h 30. Les plus récentes GFA pour la région ont été émises à 3 h 30. Ces rapports prévoyaient qu'à 10 h, un front froid traverserait les environs de l'île Bowen. Les prévisions comprenaient de la turbulence mécanique modérée et un cisaillement du vent à basse altitude, de la surface jusqu'à 3 000 pieds au-dessus du sol (AGL), ainsi que de la forte turbulence mécanique localisée et un cisaillement du vent à basse altitude aux mêmes altitudes. De fréquents cumulus

<sup>6</sup> Bell Textron Inc., BHT-212VFR-FM-1, *Bell Model 212 Rotorcraft Flight Manual*, révision 8 (21 mars 2019), section 1 : Limitations, sous-section 1.9.

bourgeonnants avec des sommets à 16 000 pieds ASL étaient également prévus. Dans la région, on prévoyait des vents de surface à 25 nœuds avec des rafales à 35 nœuds.

L'aéroport international de Vancouver (CYVR) (Colombie-Britannique) est la station d'observation météorologique la plus proche pour laquelle une TAF est produite. La TAF pour CYVR a été émise à 6 h 39 le 5 mars 2021 et était valide pour une période de 27 heures à partir de 7 h. La TAF prévoyait les conditions suivantes entre 7 h et 11 h :

- vents soufflant du 110° vrais (V) à 18 nœuds avec rafales atteignant 28 nœuds;
- visibilité supérieure à 6 milles terrestres (SM);
- nuages épars à 6 000 pieds AGL;
- plafond couvert à 10 000 pieds AGL.

Entre 7 h et 11 h, on prévoyait les changements temporaires suivants aux conditions régnantes :

- légères averses de pluie;
- plafond couvert à 6 000 pieds AGL.

Après 11 h, les prévisions étaient les suivantes :

- vents soufflant du 130°V à 15 nœuds;
- visibilité supérieure à 6 SM;
- pluie légère;
- nuages épars à 2 000 pieds AGL;
- plafond couvert à 5 000 pieds AGL.

### 1.7.2 Conditions météorologiques réelles

Les METAR de 8 h et de 9 h émis pour CYVR indiquaient tous deux une visibilité de 20 SM, peu de nuages en dessous de 2 000 pieds ASL ainsi que des plafonds à 7 400 pieds ASL ou plus. Le tableau 4 indique d'autres observations signalées.

Tableau 4. Observations des messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome pour 8 h et 9 h à l'aéroport international de Vancouver

Observation	8 h	9 h
Direction du vent	100°V	120°V
Vitesse du vent	16 nœuds avec rafales à 25 nœuds	19 nœuds avec rafales à 26 nœuds
Température / point de rosée	10 °C / 5 °C	11 °C / 5 °C
Calage altimétrique	29,74 pouces de mercure	29,78 pouces de mercure

En plus des renseignements disponibles à partir des observations météorologiques à CYVR, d'autres stations situées à proximité de l'accident signalent également les conditions météorologiques (figure 2).

Figure 2. Carte montrant les stations d'observation météorologique par rapport à la trajectoire de vol de l'aéronef et au lieu de l'accident (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



La direction et la vitesse du vent provenant des observations météorologiques effectuées à 9 h et à 10 h à ces stations d'observation météorologique sont indiquées dans le tableau 5.

Tableau 5. Renseignements sur la direction et la vitesse du vent provenant des stations d'observation météorologique situées à proximité du lieu de l'accident à 9 h et à 10 h

Station	Direction et vitesse du vent à 9 h	Direction et vitesse du vent à 10 h
Sechart (CAP3)*	130°V à 15 nœuds	130°V à 15 nœuds
Pam Rocks	130°V à 32 nœuds, avec des rafales à 45 nœuds	120°T à 36 nœuds, avec des rafales à 52 nœuds
Pointe Atkinson*	110°V à 30 nœuds	110°V à 30 nœuds
Vancouver (CYVR)	120°V à 19 nœuds, avec des rafales à 26 nœuds	140°V à 26 nœuds, avec des rafales à 38 nœuds

\* Ces stations météorologiques automatisées ne recueillent des données que pour les vents soutenus et non pour les rafales de vent.

En plus des observations météorologiques enregistrées, des observateurs locaux ont signalé des conditions similaires. Le jour de l'événement, un pilote d'hydravion a entendu le message de détresse Mayday de l'hélicoptère à l'étude et a tenté de survoler le lieu de l'accident à 1 000 pieds ASL pour obtenir plus de renseignements. L'hydravion a rencontré une forte turbulence alors qu'il entrait dans le chenal Collingwood (figure 1), ce qui a

provoqué une forte inclinaison de l'avion (plus de 70°) et a projeté des objets hors des pochettes des dossiers de siège. Le pilote de l'hydravion a quitté le secteur.

### 1.7.3 Analyse d'Environnement et Changement climatique Canada

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

L'évaluation météorologique<sup>7</sup> a permis de déterminer que le matin de l'événement, un centre de basse pression situé juste au nord de l'île de Vancouver se déplaçait vers l'intérieur des terres avec des fronts chauds et froids connexes, et qu'il y avait des pressions de surface relativement plus élevées dans les régions intérieures de la Colombie-Britannique. Ce gradient de pression, avec une pression élevée à l'intérieur des terres et une pression plus faible sur la côte, entraîne souvent de forts vents sortants, s'écoulant à partir de l'intérieur par les bras de mer et les chenaux. Ces forts vents sortants ont été observés au-dessus de la baie Howe.

Les images radar du radar d'Aldergrove, situé à environ 48,6 NM du lieu de l'accident, indiquaient des précipitations localisées plus abondantes qui auraient pu être le résultat d'une convection intégrée à la bande de précipitations. La convection est une cause connue de turbulence, de cisaillement du vent et de givrage.

L'évaluation explique également que la baie Howe, à l'instar de tous les bras de mer de la côte de la Colombie-Britannique, est sujette à des vents sortants forts et parfois en rafales. En outre, la complexité du terrain dans le bras de mer entraînerait une variation de la direction et de la vitesse du vent, l'écoulement d'air étant forcé autour et au-dessus des différentes îles dans la baie.

### 1.7.4 Effets du vent

Le matin de l'événement, des vents forts du sud-est soufflaient à proximité du lieu de l'accident. Le côté ouest de l'île Bowen est dominé par une longue crête qui est ancrée à l'extrémité sud par le mont Gardner, d'une hauteur de 2 388 pieds ASL. La destination prévue du vol, le parc provincial Cypress, se trouve à environ 6 NM à l'est de l'île Bowen. À l'intérieur du parc se trouvent le mont Strachan, d'une hauteur de 4 714 pieds ASL, et le mont Black, d'une hauteur de 4 016 pieds ASL (figure 3).

<sup>7</sup> Environnement et Changement climatique Canada, *Meteorological Assessment March 5, 2021, Bowen Island, British Columbia* (28 avril 2021).

Figure 3. Carte montrant la trajectoire de vol de l'hélicoptère (ligne bleue) et la direction des vents dominants (flèches blanches) (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Les dernières minutes du vol à l'étude auraient été effectuées à du côté vent arrière, ou sous le vent, de ce terrain. Le document *Le temps en Colombie-Britannique : Prévion de zone graphique 31* de NAV CANADA explique que « [q]uand de l'air rencontre une montagne, il est perturbé de la même façon que de l'eau qui rencontre une roche<sup>8</sup> ». Le vent du côté sous le vent d'une colline ou d'une montagne est influencé par son passage sur le terrain, et l'on sait que le vent du côté sous le vent en montagne crée de la turbulence forte. Un grand tourbillon appelé « tourbillon d'aval » peut se former sous chaque crête d'onde une fois qu'un modèle d'ondes sous le vent a été établi (figure 4). Les effets sous le vent sont décrits comme suit dans le document *Le temps en Colombie-Britannique* :

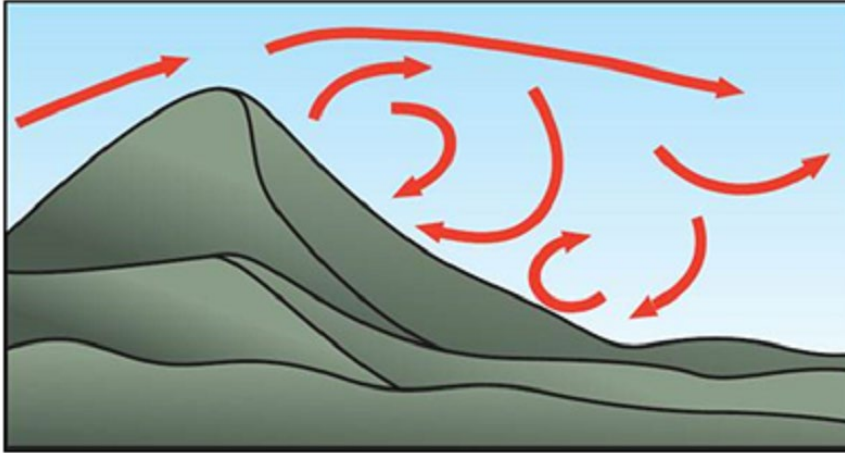
Quand la circulation rencontre une falaise abrupte ou passe sur un terrain rugueux, le vent devient turbulent et en rafales. Il se forme souvent des tourbillons sous le vent des collines, ce qui crée des zones stationnaires de vent fort et de vent faible. Ces zones de vent fort sont assez prévisibles et persistent généralement aussi longtemps que la direction du vent et la stabilité de la masse d'air demeurent inchangées. Les vents plus faibles, qui se produisent dans des régions dites abritées, peuvent varier en vitesse et en direction, en particulier sous le vent des collines les plus hautes. Sous le vent des collines, le vent souffle habituellement en rafales et sa direction est souvent complètement à l'opposé de celle du vent qui souffle au

<sup>8</sup> NAV CANADA, *Le temps en Colombie-Britannique : Prévion de zone graphique 31* (2001), p. 30.



sommet des collines. Il peut aussi y avoir de petits tourbillons inverses près des collines<sup>9</sup>.

Figure 4. Effets sous le vent (Source : NAV CANADA, *Le temps en Colombie-Britannique : Préviation de zone graphique 31 [2001], figure 2-10*).



## 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

### 1.11.1 Généralités

L'hélicoptère à l'étude n'était muni ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage ni d'un enregistreur de données de vol, et le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) ne l'exigeait pas. L'hélicoptère était toutefois muni de 2 systèmes qui avaient la capacité d'enregistrer les données de vol relatives au vol à l'étude. Ces 2 systèmes sont décrits dans les sous-sections qui suivent.

<sup>9</sup> Ibid., p. 22-23.

### 1.11.2 Dispositif de suivi des vols de Latitude Technologies

Un dispositif de suivi de vol SkyNode S200 de Latitude Technologies a été installé dans l'hélicoptère à l'étude en avril 2013, conformément au certificat de type supplémentaire SH06-4<sup>10</sup>. Le dispositif S200 est un petit système embarqué qui enregistre des données de vol selon 5 paramètres<sup>11</sup> à des intervalles de 1 seconde pendant 2 minutes. Au bout de ces 2 minutes, le dispositif écrase les données précédentes pour continuer à enregistrer. Cet enregistrement se produit en boucle continue tant et aussi longtemps que le dispositif est alimenté et qu'il reçoit un signal GPS (système de positionnement mondial).

Le S200 a été récupéré et les données de vol ont été extraites de l'appareil.

### 1.11.3 Système de positionnement mondial Garmin Aera 660

L'hélicoptère à l'étude était également muni d'un appareil GPS Garmin Aera 660. Cet appareil présente au pilote des renseignements sur les instruments de vol, la position, la navigation et l'évitement des dangers sur un écran de 5 pouces. Le GPS n'était pas monté en permanence dans l'hélicoptère, mais fixé dans le poste de pilotage sur un support GPS.

Le GPS a été expédié au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario), où les données du vol à l'étude ont été extraites. Les points de données du vol ont été récupérés à intervalles variables.

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

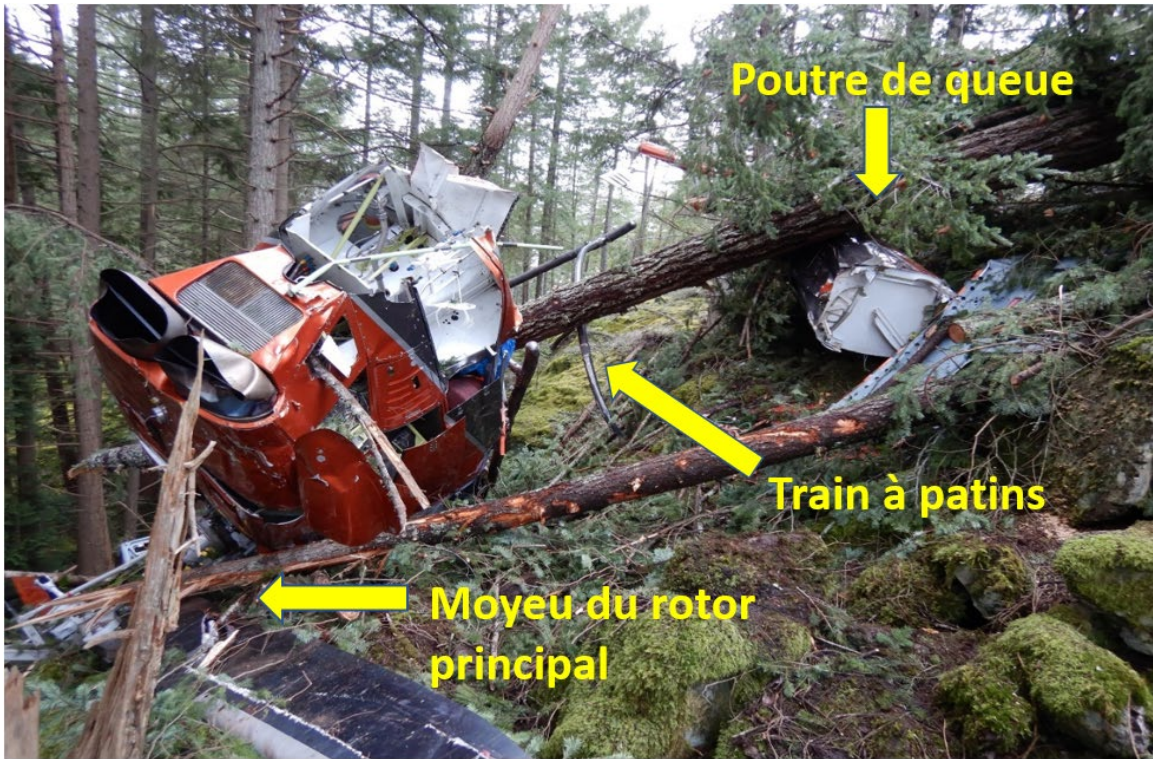
### 1.12.1 Lieu de l'accident

L'épave était située sur un affleurement rocheux entouré d'une forêt de sapins de Douglas et de cèdres rouges. Les arbres adjacents au lieu présentaient quelques dommages mineurs liés à la descente de l'hélicoptère et l'impact. Deux arbres ont été étêtés; un grand sapin a été complètement déraciné et s'est retrouvé sur la poutre de queue et sous le fuselage (figure 5).

<sup>10</sup> Transports Canada, Certificat de type supplémentaire n° SH06-4 : Skynode S200-xxx Satellite Communication Equipment Installation (date d'approbation : le 16 février 2006), à l'adresse [https://www.wapps.tc.gc.ca/saf-sec-sur/2/nico-celn/c\\_d.aspx?lang=fra&apr\\_num=SH06-4&ISU\\_NUM=4&START\\_DATE=2019-10-23&AUTH\\_DESC=TC&DESC=Skynode+S200%20xxx+Satellite+Communication+Equipment+Installation&FRGN\\_NUM=&apr\\_type=STA&PARTS\\_NUM=&id\\_num=29218](https://www.wapps.tc.gc.ca/saf-sec-sur/2/nico-celn/c_d.aspx?lang=fra&apr_num=SH06-4&ISU_NUM=4&START_DATE=2019-10-23&AUTH_DESC=TC&DESC=Skynode+S200%20xxx+Satellite+Communication+Equipment+Installation&FRGN_NUM=&apr_type=STA&PARTS_NUM=&id_num=29218) (dernière consultation le 29 juin 2022).

<sup>11</sup> Heure, position GPS, vitesse sol, cap et altitude.

Figure 5. L'hélicoptère à l'étude sur le lieu de l'accident (Source : BST)



Tous les débris de l'hélicoptère ont été localisés dans un rayon de 80 pieds autour du fuselage. Le fuselage s'est immobilisé sur son côté supérieur gauche, se retrouvant renversé aux  $\frac{3}{4}$  sur le toit et en piqué. La poutre de queue était sectionnée au niveau des supports et reposait sur la colline au-dessus du fuselage, faisant face à la direction opposée. Le nez de l'hélicoptère avait subi d'importants dommages causés par l'impact, et la partie gauche du poste de pilotage était partiellement écrasée. Le stabilisateur horizontal droit a été écrasé tandis que le stabilisateur gauche a subi des dommages mineurs. Le reste du fuselage et la poutre de queue sont restés largement intacts, les principaux composants (moteurs, transmission principale, rotor principal et rotor de queue) étant toujours installés dans leur position normale. Le train à patins avait été partiellement arraché du fuselage après s'être accroché à un arbre lors de l'impact initial.

Le moyeu du rotor principal a été retrouvé intact; les 2 pales du rotor principal y étaient toujours fixées. Les  $\frac{2}{3}$  de la partie extérieure de l'une des pales du rotor principal étaient manquants, et 92 pouces de l'extrémité de la pale étaient enfoncés dans le sol à environ 35 pieds au nord-est du mât du rotor principal. La deuxième pale du rotor principal était en grande partie intacte, le bord d'attaque du longeron étant en une seule pièce de l'emplanture à l'extrémité de la pale.

Une déformation d'un côté du mât a été mesurée à 0,055 pouce de profondeur, là où le mât avait eu un contact important avec la butée fixe. Le côté opposé portait les marques d'un

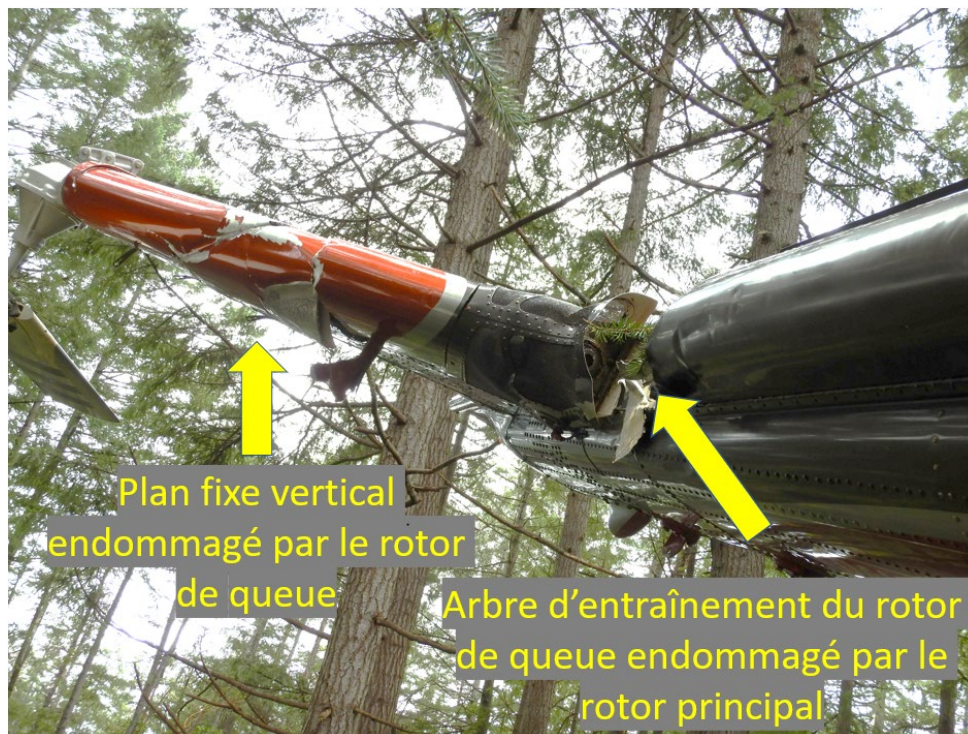
contact avec l'autre butée fixe. La déformation du mât observée correspond à un cognement de mât<sup>12</sup>, qui est le résultat du battement des pales dans un état de quasi-apesanteur.

L'interrupteur du robinet de carburant n° 1 était brisé et en position OFF (arrêt). L'enquête n'a pas permis de déterminer la cause de la défaillance de l'interrupteur ni le moment où il avait été placé en position OFF.

Le rotor de queue était fixé à la poutre de queue et a été retrouvé intact (figure 6). Il était suspendu au-dessus d'une falaise sans aucun obstacle environnant. Les enquêteurs ont observé les dommages suivants, indiquant que le rotor de queue tournait librement pendant le vol :

- Les 2 pales du rotor de queue présentaient des dommages sur les bords de fuite près des extrémités des pales.
- Le plan fixe vertical présentait 2 marques d'impact qui correspondaient à un impact des bords de fuite des pales du rotor de queue.
- Le couvercle de l'arbre de transmission du rotor de queue a été sectionné à 15 pouces de l'extrémité arrière, et l'arbre de transmission arrière du rotor de queue a été sectionné à 15 pouces de l'extrémité arrière. Ces indications concordent avec un impact de la lame du rotor principal sur l'arbre d'entraînement du rotor de queue.

Figure 6. Poutre de queue endommagée (Source : BST)



<sup>12</sup> Le cognement de mât est un contact entre une partie intérieure d'une pale de rotor principal ou un moyeu de rotor et l'arbre de transmission du rotor principal (ou le mât).

On a vérifié la continuité du moteur, de la transmission et de l'ensemble de rotor de queue (à l'exception de la section manquante de l'arbre de transmission du rotor de queue).

## 1.12.2 Examen de l'épave

### 1.12.2.1 Moteurs

L'hélicoptère était muni de 2 turbomoteurs identiques Pratt & Whitney Canada PT6T-3B montés côte à côte dans l'aéronef et reliés à un réducteur commun qui avait un seul arbre de sortie vers la transmission principale.

Après l'accident, les 2 moteurs (y compris les accessoires des moteurs et le réducteur commun) ont été expédiés à l'installation de Pratt & Whitney Canada à Saint-Hubert (Québec) pour une évaluation plus approfondie. Cette évaluation a été supervisée par le BST. Les moteurs ont été inspectés et ont tourné individuellement et en mode double. L'examen des moteurs n'a donné lieu à aucune constatation susceptible d'indiquer un problème ou une anomalie de moteur en vol.

Le démontage du moteur n° 2 a permis de constater qu'il ne fonctionnait pas lorsque l'aéronef a percuté le relief.

Selon les représentants de Pratt & Whitney Canada qui ont examiné les détails de l'accident, si un hélicoptère s'incline au-delà de 90° par rapport à la verticale en voie de se retourner complètement et que la réduction soudaine de charge du rotor principal entraîne un emballement de ce rotor, les régulateurs de régime du moteur limiteront ou réduiront le débit de carburant pour enrayer la survitesse et ramener le rotor principal dans ses limites.

### 1.12.2.2 Circuit hydraulique

L'hélicoptère est muni de 2 circuits hydrauliques distincts et indépendants qui fournissent un appoint hydraulique aux commandes de vol du rotor principal et du rotor de queue. Chaque circuit hydraulique est commandé par un interrupteur situé sur la console centrale. Selon le RFM, [traduction] « les deux circuits hydrauliques doivent être opérationnels avant le décollage<sup>13</sup> » en raison de la force excessive requise pour déplacer les commandes de vol du rotor principal en mode non assisté. Le circuit hydraulique comporte 2 indicateurs de pression hydraulique (1 pour chaque circuit). Un voyant d'avertissement s'allume sur le panneau d'avertissement lorsque la pression hydraulique chute en deçà de la plage d'exploitation normale dans l'un ou l'autre des circuits hydrauliques.

Chaque circuit comporte un réservoir non pressurisé monté sur la plateforme supérieure du fuselage qui, sous l'effet de la gravité, apporte du fluide hydraulique à une pompe à débit variable montée sur la transmission principale. Les pompes hydrauliques nos 1 et 2 livrent ensuite du fluide haute pression aux 3 servocommandes doubles du rotor principal et, dans

<sup>13</sup> Bell Textron Inc., BHT-212VFR-FM-1, *Bell Model 212 Rotorcraft Flight Manual*, révision 8 (21 mars 2019), section 2-6H : « Hydraulic Systems Check ».

le cas de la pompe n° 1, à la servocommande unique du rotor de queue. Par conséquent, à la suite d'une défaillance du circuit hydraulique n° 1, l'assistance hydraulique aux commandes du rotor de queue sera perdue. Après une panne du circuit hydraulique n° 2, les commandes de vol du rotor principal et du rotor de queue continueront d'être assistées par le circuit hydraulique n° 1. Si les 2 circuits hydrauliques tombent en panne, toute assistance hydraulique des commandes de vol sera perdue. Si l'hélicoptère est soumis à des assiettes de vol très prononcées, par exemple s'il est renversé ou presque, de l'air pourrait pénétrer dans le système par les pompes hydrauliques alimentées par gravité à partir de leurs réservoirs non pressurisés.

Lors de l'examen de l'épave, les 2 interrupteurs de circuit hydraulique ont été trouvés en position ON (en marche). Une inspection des pompes hydrauliques, des filtres et du liquide du circuit hydraulique n'a révélé aucune anomalie.

Les servocommandes du rotor principal et du rotor de queue ont été retirées de l'hélicoptère pour être inspectées et être soumises à un essai au banc. En raison de la flexion excessive causée par l'impact, l'essai au banc a été limité à une servocommande de rotor principal et à la servocommande du rotor de queue, où aucune anomalie notable n'a été observée. Les 2 autres servocommandes de rotor principal ont été démontées et inspectées visuellement sans qu'aucun dommage interne ne soit constaté. Aucune anomalie n'a été relevée lors des essais.

### 1.12.2.3 **Transmission**

La transmission principale utilise la puissance du moteur pour entraîner le rotor principal et le système d'entraînement du rotor de queue. La transmission est restée en grande partie en place tout au long de l'accident, mais le support du dispositif antivibrateur en élastomère arrière droit et le 5<sup>e</sup> support ont été trouvés séparés du fuselage.

Il a été déterminé que les dommages au 5<sup>e</sup> support résultaient d'un impact avec le sol.

Les parties fissurées du support arrière droit ont été envoyées au Laboratoire d'ingénierie du BST pour être analysées. Il a été déterminé que la défaillance de ce support était fort probablement le résultat de forces d'impact et qu'elle n'avait probablement pas été causée par une condition de surcharge présente alors que l'hélicoptère était en vol.

### 1.12.2.4 **Système d'entraînement du rotor de queue**

Le système d'entraînement du rotor de queue se compose de 6 sections d'arbre de transmission, de 4 chaises de palier, du boîtier d'engrenage intermédiaire (42°) et du boîtier d'engrenage du rotor de queue (90°). Des coupleurs flexibles situés au niveau de chaque chaise de palier et de chaque boîtier d'engrenage compensent la flexion de la poutre de queue attribuable aux charges dynamiques.

Le rotor de queue assure 2 fonctions essentielles : il produit une force qui contrebalance le couple généré par le rotor principal, et il permet au pilote de diriger l'hélicoptère autour de l'axe vertical. Sur un hélicoptère doté d'un rotor principal tournant dans le sens inverse des

aiguilles d'une montre, comme le Bell 212, une perte totale de la poussée du rotor de queue provoquera un mouvement de lacet non sollicité vers la droite.

Dans le présent événement, les pales du rotor principal sont entrées en contact avec le système d'entraînement du rotor de queue, neutralisant l'arbre d'entraînement du rotor de queue à l'avant de la boîte de transmission intermédiaire et causant à l'hélicoptère une perte de poussée du rotor de queue. Les pièces manquantes du couvercle de l'arbre d'entraînement du rotor de queue et de l'arbre d'entraînement n'ont pas été récupérées.

Lorsque les pilotes ont repris la maîtrise de l'hélicoptère après la perte de maîtrise initiale, aucun des deux ne savait que le rotor principal avait neutralisé l'arbre d'entraînement du rotor de queue. Comme l'hélicoptère se déplaçait à grande vitesse après le renversement, très peu de maîtrise en lacet était nécessaire, car le plan fixe vertical effectuait la majeure partie du travail pour empêcher l'hélicoptère de faire des mouvements de lacet. À mesure que la vitesse diminuait, la poussée du rotor de queue aurait été davantage nécessaire pour maintenir la maîtrise en direction.

### **1.13 Renseignements médicaux et pathologiques**

Rien n'indique que le rendement des pilotes ait été dégradé par la fatigue ou tout autre facteur physiologique ou pathologique.

### **1.14 Incendie**

Il n'y a pas eu d'incendie après l'impact.

### **1.15 Questions relatives à la survie des occupants**

#### **1.15.1 Arrimage des objets transportés**

Un dispositif de largage à distance du crochet de charge, une élingue et des filets d'arrimage étaient transportés dans l'hélicoptère et avaient été arrimés avant le vol. D'autres objets plus petits ont été placés dans une caisse à lait fixée au sol à l'arrière de l'hélicoptère. Airspan Helicopters avait installé la caisse à lait, qui était couramment utilisée par les pilotes pour mieux contenir les petits objets dans la cabine. La caisse n'avait pas de couvercle. Au cours de l'événement, les objets non arrimés ont été projetés dans la cabine; certains sont entrés dans le poste de pilotage.

L'alinéa 602.86(2)b) du RAC stipule ce qui suit :

(2) Il est interdit d'utiliser un aéronef ayant des bagages de cabine, de l'équipement ou du fret à bord, à moins que les conditions suivantes ne soient réunies :

[...]

b) l'équipement et le fret rangés dans une cabine passagers sont emballés ou recouverts afin d'éviter que les personnes à bord ne soient blessées<sup>14</sup>;

### 1.15.2 Casques de vol

Les 2 pilotes portaient des casques de vol fabriqués au cours des quelques dernières années, qui ne présentaient aucun dommage préexistant. Les 2 casques ont été considérablement endommagés lors de l'événement.

Ces casques de vol ont protégé efficacement les pilotes contre les blessures à la tête qui auraient pu être causées par les objets qui ont été projetés dans la cabine lors de la première perte de maîtrise ou par les arbres à travers lesquels l'hélicoptère est descendu pendant l'accident. Le BST a déjà souligné l'importance du port de casque pour prévenir les blessures mortelles ou pour réduire les effets des blessures non mortelles à la tête pendant un accident<sup>15</sup>. Ces effets peuvent aller de la confusion à la perte de conscience totale.

### 1.15.3 Sièges et ceintures de sécurité

Le siège de gauche était un siège d'origine du poste de pilotage du Bell 212. Il était intact et ne présentait aucun signe visible de dommage, de compression ou de torsion. Le siège de droite était un siège Comfort Seat de DART Aerospace installé conformément au certificat de type supplémentaire SH08-37<sup>16</sup>. La partie avant de ce siège était déformée vers le bas, ce qui laisse croire qu'elle avait absorbé une partie des forces de compression lorsque l'aéronef s'est immobilisé dans les arbres. Il n'y avait aucun signe visible de torsion ou de rupture du châssis du siège.

L'enquête a permis d'établir que les pilotes portaient une ceinture de sécurité à 4 points d'ancrage<sup>17</sup>.

<sup>14</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 602.86(2)b).

<sup>15</sup> Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien du BST A20Q0015, A18W0025, A16W0126, A16P0161, A16P0069, A14Q0060, A13H0001, A12C0084, A11W0070, A09A0016, A05P0103 et A02P0320.

<sup>16</sup> Transports Canada, Certificat de type supplémentaire n° SH08-37 : Comfort Seat Kit (date d'approbation : 9 octobre 2008), à l'adresse [https://www.wapps.tc.gc.ca/Saf-Sec-Sur/2/nico-celn/c\\_d.aspx?lang=fra&apr\\_v\\_num=SH08-37&ISU\\_NUM=1&START\\_DATE=2008-10-09&AUTH\\_DESC=TC&DESC=Comfort+Seat+Kit&FRGN\\_NUM=&apr\\_v\\_type=STA&P\\_ARTS\\_NUM=&id\\_num=34931](https://www.wapps.tc.gc.ca/Saf-Sec-Sur/2/nico-celn/c_d.aspx?lang=fra&apr_v_num=SH08-37&ISU_NUM=1&START_DATE=2008-10-09&AUTH_DESC=TC&DESC=Comfort+Seat+Kit&FRGN_NUM=&apr_v_type=STA&P_ARTS_NUM=&id_num=34931) (dernière consultation le 29 juin 2022).

<sup>17</sup> La ceinture de sécurité à 4 points d'ancrage se compose d'une ceinture sous-abdominale et de 2 bretelles de ceinture-baudrier.



Fait établi : Autre

Le port d'un casque de vol et d'une ceinture de sécurité à 4 points d'ancrage a réduit la gravité des blessures aux pilotes, qui ont pu sortir rapidement de l'aéronef sans assistance.

#### 1.15.4 Radiobalise de repérage d'urgence

L'aéronef était équipé d'une ELT de marque Kannad, modèle 406 AF-Compact, qui transmettait sur les fréquences 121,5 MHz et 406 MHz. Le CdB, qui était assis dans le siège de droite, a activé manuellement l'ELT en mettant l'interrupteur à distance sur la position ON avant l'impact avec les arbres. La transmission de l'ELT a été reçue par le Centre canadien de contrôle des missions à Trenton (Ontario).

### 1.16 Essais et recherche

#### 1.16.1 Comprehensive Program for the Theoretical Evaluation of Rotorcraft

Bell Textron Inc. a contribué à l'enquête sur cet événement en utilisant son simulateur COPTER (Comprehensive Program for the Theoretical Evaluation of Rotorcraft – programme d'évaluation théorique complète de giravions). Le simulateur est un modèle informatique basé sur la physique qui saisit de nombreux paramètres pour chaque simulation.

L'équipe de Bell Textron Inc. a effectué plusieurs simulations de vol sur ordinateur en se basant sur les données GPS de l'événement, les renseignements sur la masse et le centrage, ainsi que les données des prévisions météorologiques. Ces simulations reposaient sur plusieurs hypothèses dans lesquelles les données, telles que les commandes des pilotes, étaient inconnues.

Les simulations ont été effectuées à partir de la première perte de maîtrise, lorsque les effets sous le vent ont provoqué le piqué de l'hélicoptère et le début d'un rapide roulis à droite. Elles ont démontré ce qui suit :

- une perte de poussée du rotor de queue a augmenté le mouvement de roulis du fuselage en même temps qu'un piqué;
- le profil de descente pendant la perte de maîtrise était réalisable dans la configuration de l'hélicoptère à l'étude;
- le profil de vol a donné lieu à un état de quasi-apesanteur à au moins 2 reprises;
- le profil de vol a entraîné un important battement des pales.

## 1.16.2 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP038/2021 – NVM Data Recovery [récupération des données de la mémoire non volatile]
- LP056/2021 – Transmission Mount Analysis [analyse des supports de transmission]
- LP098/2021 – Warning and Caution Lamps Analysis [analyse des voyants d'avertissement et de mise en garde]
- LP111/2021 – Witness Video Acoustic Analysis [analyse acoustique des vidéos de témoins]

## 1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

Airspan Helicopters est une compagnie privée qui fournit des services aériens commerciaux par hélicoptère au public. Au moment de l'accident, la flotte se composait de 6 hélicoptères, dont des hélicoptères AS350, Bell 206 et Bell 212.

La compagnie emploie environ 15 personnes et exploite des hélicoptères à partir d'une base principale située à CAP3. La principale région desservie par la compagnie est l'Ouest canadien, et les services aériens qu'elle fournit sont des services de taxi aérien VFR et des opérations de longue élingue effectuées conformément aux sous-parties 702 et 703 du RAC.

La compagnie utilise un système de contrôle d'exploitation de type D<sup>18</sup>. Pour le vol à l'étude, un plan de vol exploitation avait été déposé auprès d'un préposé au suivi des vols de la compagnie.

La compagnie dispose également d'un organisme de maintenance agréé par Transports Canada, qualifié pour tous les travaux non spécialisés pour les types d'aéronefs exploités.

### 1.17.1 Exploitation d'hélicoptères dans un environnement monopilote

Les vols opérationnels effectués par la compagnie sont généralement effectués par un seul pilote. À l'exception de la formation, il n'existe pas de procédures d'exploitation de la compagnie pour les situations où 2 pilotes se trouvent dans le poste de pilotage en même temps pendant un vol et où des commandes de vol doubles sont installées. Tel qu'il est indiqué dans le *Manuel du pilote vérificateur agréé* de Transports Canada (TP 6533), « [m]ême si elle est mentionnée dans les SOP [procédures d'exploitation normalisées] de

<sup>18</sup> Un système de contrôle d'exploitation de type D délègue au CdB le contrôle d'exploitation du directeur de l'exploitation. Le CdB est donc responsable de toutes les tâches prévol, y compris les évaluations météorologiques et l'analyse des risques. Les exploitants qui utilisent ce système ne sont pas tenus d'avoir un répartiteur agréé.

l'exploitant, la méthode de transfert des commandes d'un pilote à l'autre doit être précisée<sup>19,20</sup>. »

Transports Canada prépare un avis de proposition de modification qui rendrait obligatoire l'utilisation de SOP dans tous les aéronefs à 1 pilote et à 2 pilotes exploités en vertu de la partie VII du RAC.

### 1.17.2 Formation au vol en montagne d'Airspan Helicopters

Le formulaire de formation initiale et périodique du manuel d'exploitation de la compagnie d'Airspan Helicopters indique les 3 éléments suivants pour la révision du vol en montagne : recce [reconnaissance], approche et hélisurfaces<sup>21</sup>.

Airspan Helicopters dispose également d'un formulaire de formation au vol en montagne, qui ne figure pas dans le manuel d'exploitation de la compagnie. Le formulaire fait partie de son programme de formation périodique. Le vol d'essai qui y est associé a été jumelé avec la formation périodique en héliski et vise principalement les compétences requises pour les opérations d'héliski.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Vol en montagne

Le mont Gardner, sur l'île Bowen, a une orientation nord-est/sud-ouest et crée une crête de montagne à 2 388 pieds ASL. Avec les vents qui soufflaient de l'est/sud-est au moment de l'événement, cette crête aurait formé un angle d'environ 90° avec le vent et créé des tourbillons sur le côté sous le vent de la montagne.

Transports Canada recommande ce qui suit avant d'effectuer un vol VFR en montagne :

- Retardez votre vol lorsque les vents au niveau du sommet de la montagne sont supérieurs à 30 nœuds.
- [...]
- N'essayez pas de dépasser les courants descendants : votre avion risque de ne pas pouvoir le faire. Sortez de la zone où il y a un abaissement progressif de l'air

<sup>19</sup> Transports Canada, TP 6533, *Manuel du pilote vérificateur agréé*, dixième édition (juin 2017), section 6.27(4)p)i), p. 77.

<sup>20</sup> Cet énoncé du *Manuel du pilote vérificateur agréé*, dixième édition (section 6.27(4)p)i), p. 77) vise à créer un environnement observable uniquement pendant une vérification de compétence pilote. Elle ne se substitue pas aux indications se trouvant dans les SOP d'un exploitant aérien, qui conviennent mieux pour préciser les rôles et les tâches dans un environnement multipilote (p. ex., avec un commandement de bord / commandant en second et pilote aux commandes / pilote surveillant).

<sup>21</sup> Airspan Helicopters Ltd., *Operations Manual*, modification 33 (10 juillet 2019), formulaire Initial/Recurrent Training Single & Multi Engine, chapitre 6 : « Training Program », annexe A, p. 6A-3.

dès que vous le pouvez et localisez l'air ascendant (généralement en tournant en amont ou en faisant parcours vent arrière), qui sera à proximité.

- Croisez les crêtes à un angle de 45 degrés.
- Restez à l'écart des turbulences violentes provoquées par les ondes de relief et les rotors; sachez à quoi ressemblent les nuages d'alerte<sup>22</sup>.

En outre, la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis formule les recommandations suivantes pour le vol en montagne [traduction] :

- « Il est suggéré de franchir les cols de montagne à une altitude d'au moins 1 000 pieds au-dessus de l'altitude du col<sup>23</sup>. »
- « Prévoyez d'être à cette altitude au moins trois milles avant d'atteindre la crête et restez à cette altitude jusqu'à au moins trois milles après celle-ci. Cette zone de dégagement vous donnera une zone de sécurité raisonnable pour éviter la turbulence et les courants descendants les plus forts dans des conditions venteuses<sup>24</sup>. »
- « Pour réduire au minimum les risques de rencontrer de la turbulence dangereuse, on ne devrait pas tenter d'effectuer un vol en montagne si les vents en altitude prévus au sommet des montagnes sont supérieurs à 25 nœuds<sup>25</sup>. »

### 1.18.2 État de quasi-apesanteur

Un état de quasi-apesanteur est une phase indésirable du vol aérodynamique dans laquelle la cellule est temporairement délestée. L'hélicoptère et les occupants à l'intérieur peuvent éprouver une sensation temporaire d'apesanteur. Pour les systèmes à rotors bipales basculants, dont la maîtrise nécessite une inclinaison du disque rotor, les états de quasi-apesanteur peuvent être catastrophiques.

Le *Helicopter Flying Handbook*<sup>26</sup> de la FAA contient les précisions suivantes [traduction] :

Les hélicoptères comptent sur un facteur de charge positif pour fournir une grande partie ou la totalité de leur réponse aux commandes des pilotes. Le pilote utilise le cyclique pour incliner le disque rotor; à un facteur de charge de 1, le rotor produit une poussée égale au poids de l'aéronef. L'inclinaison du vecteur de poussée crée un moment autour du centre de gravité pour faire tanguer ou rouler le fuselage autour

<sup>22</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>23</sup> Federal Aviation Administration, FAA-P-8740-60, *Tips on Mountain Flying* (1989), p. 4.

<sup>24</sup> Ibid., p. 11.

<sup>25</sup> Ibid., p. 5.

<sup>26</sup> Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-21B, *Helicopter Flying Handbook* (2019), chapitre 11 : « Helicopter Emergencies and Hazards », p. 11-14 et 11-15.

du centre de gravité. Dans un état de quasi-apesanteur, la poussée et, par conséquent, la maîtrise des commandes sont fortement réduites. [...]

[L]es hélicoptères munis de rotors bipales basculants dépendent entièrement de l'inclinaison du vecteur de poussée pour être maîtrisés. Par conséquent, les états de quasi-apesanteur peuvent être catastrophiques pour les hélicoptères bipales. [...]

[U]ne poussée brusque du cyclique vers l'avant dans un hélicoptère bipale peut être dangereuse et doit être évitée, en particulier à des vitesses plus élevées. Au cours d'une poussée brusque du cyclique vers l'avant à partir d'une vitesse modérée ou élevée, lorsque l'hélicoptère passe sur le nez, il entre dans un état de quasi-apesanteur. La poussée est réduite et le pilote ne maîtrise plus l'assiette du fuselage, mais il est possible qu'il ne s'en rende pas compte immédiatement. La poussée du rotor de queue ou d'autres facteurs aérodynamiques provoquent souvent un roulis. Le pilote maîtrise toujours le disque rotor, et il peut instinctivement tenter de corriger le roulis, mais le fuselage ne répond pas en raison du manque de poussée. Si le fuselage roule à droite, et que le pilote met le cyclique à gauche pour corriger, la combinaison de l'angle du fuselage à droite et de l'angle du disque rotor à gauche devient assez importante et peut dépasser les dégagements prévus dans le moyeu du rotor. Il en résulte que le moyeu entre en contact avec le mât du rotor, ce que l'on appelle le cognement du mât. [...] Le cognement du mât en état de quasi-apesanteur a été la cause de nombreux accidents mortels militaires et civils. Il a été initialement observé lors de vols en rase-mottes, une technique de vol tactique à très basse altitude utilisée par les militaires où l'aéronef vole en suivant les contours du terrain géographique. La séquence de l'accident peut être extrêmement rapide, et l'énergie et l'inertie du système rotor peuvent sectionner le mât ou faire en sorte que les pales du rotor heurtent la queue ou d'autres parties de l'hélicoptère.

La turbulence, en particulier les courants descendants forts, peut également provoquer un état de quasi-apesanteur et, lorsqu'elle est associée à une vitesse élevée, elle peut entraîner le cognement du mât. [...] Pendant le vol en turbulence, il faut s'attendre à des excursions momentanées de vitesse, d'altitude et d'assiette. Les pilotes doivent réagir par des commandes en douceur et éviter de surcorriger. Surtout, les pilotes doivent ralentir, car le cognement du mât est moins probable à basse vitesse.

### 1.18.3 Questions relatives aux facteurs humains

Les urgences sont des situations stressantes, où la charge de travail est élevée et où les gens disposent de peu de temps pour traiter divers types de renseignements critiques, prendre des décisions et rajuster leurs actions en conséquence<sup>27</sup>. Ces niveaux de stress accrus et ces charges de travail élevées peuvent nuire à la capacité d'un pilote à percevoir et à évaluer les indices de l'environnement<sup>28</sup>. Une bonne évaluation de la situation et une bonne conscience situationnelle sont essentielles à une bonne prise de décision. La conscience situationnelle est une construction mentale qui décrit comment les humains perçoivent l'information, la

<sup>27</sup> M. Yu, T. Zhu et S. Donaldson, « Effects of time pressure on behavioural decision making in natural disasters: based on an online experimental system », *Journal of Geography & Natural Disasters*, vol. 8, n° 1 (2018).

<sup>28</sup> M. A. Staal, A. E. Bolton, R.A. Yaroush et L.E. Bourne, « Cognitive performance and resilience to stress », dans : Brian J. Lukey et Victoria Tepe (dir.), *Biobehavioural Resilience to Stress* (CRC Press, 19 mars 2008), p. 259 à 299.

comprennent et font des prédictions à son sujet, pour ainsi établir une conscience de la situation actuelle qui leur est propre.

### 1.18.3.1 **Prise de décision**

Le traitement des renseignements fait partie de la prise de décision au fur et à mesure que les décisions deviennent plus complexes. Les modèles de prise de décision classiques ou normatifs sont axés sur la prise de décisions rationnelles et optimales, comme l'achat d'une maison, et ils sont souvent caractérisés par une évaluation lente et analytique des options et la sélection de l'option optimale. En comparaison, les modèles de prise de décision comportementaux et naturalistes sont axés sur la façon dont les décisions sont prises dans des contextes réels, dynamiques et sensibles au temps. Ces modèles tiennent compte des limites cognitives humaines et se caractérisent par la prise de décisions de manière routinière et non analytique, en comparant les actions en termes de valeur ou d'utilité attendue. La recherche montre que dans des situations réelles, les professionnels utilisent la prise de décision naturaliste en fonction de leur expérience, de la tâche et du contexte opérationnel<sup>29</sup>.

Ainsi, la prise de décision [traduction] « fusionne deux processus : la façon dont les décideurs évaluent la situation pour reconnaître la ligne de conduite qui a du sens, et la façon dont ils évaluent cette ligne d'action en l'imaginant<sup>30</sup> ». Dans ces types de situations, les décideurs déterminent que les situations sont typiques et familières, et ils passent à l'action. Ils comprennent quels types d'objectifs ont du sens, quelles priorités établir, quels indices sont importants et à quoi s'attendre ensuite, ainsi que les façons typiques de réagir dans des situations données. En déterminant qu'une situation est typique, ils déterminent également un plan d'action susceptible d'être efficace. Cette stratégie de prise de décision est extrêmement efficace et peut être exécutée très rapidement. Cependant, un pilote peut être confronté à une situation qui n'est ni typique ni incluse dans les procédures, les procédures d'exploitation normalisées ou la formation qu'il a pu recevoir.

L'effet de surprise et le réflexe de sursaut peuvent également influencer sur la performance humaine et entraîner des réactions allant de la distraction à la prise de mesures inappropriées ou de décisions paniquées. L'effet de surprise et le réflexe de sursaut peuvent être définis comme une réponse cognitive et émotionnelle à une situation inattendue qui découle de la disparité entre ce qui est attendu et ce qui est perçu. L'effet de surprise et le réflexe de sursaut tendent à interrompre une action et à générer une canalisation de l'attention de la personne sur certains éléments au détriment de la situation globale, et il peut mener à des actions inappropriées.

La formation est donc importante pour les pilotes, car elle leur permet d'acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour piloter un aéronef de manière sûre et

<sup>29</sup> M.R. Lehto, F.F. Nah et J.S. Yi, « Decision-making models, decision support, and problem solving », dans : G. Salvendy (dir.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 4<sup>e</sup> édition (John Wiley & Sons, 2012), p. 211.

<sup>30</sup> G. Klein, *Sources of Power: How People Make Decisions* (MIT Press, 1998), p. 24.

efficace, notamment dans des conditions difficiles. Une expérience nourrie et la répétition régulière améliorent également la maîtrise en renforçant les leçons apprises.

### 1.18.3.2 Gestion des ressources de l'équipage pour pilote seul aux commandes d'un hélicoptère

Les êtres humains peuvent seulement traiter de l'information de l'environnement et l'utiliser pour prendre des décisions s'ils la détectent et perçoivent qu'elle est pertinente. Une communication efficace est un élément important du processus de prise de décisions. Un des buts principaux de la formation en gestion des ressources de l'équipage (CRM) consiste à « améliorer les compétences en matière de communication, de facteurs humains et de gestion des membres d'équipage concernés<sup>31</sup> ».

En 2020, pour aider les pilotes à comprendre la dégradation potentielle d'une situation connue ou inconnue, à s'y préparer et à gérer une telle éventualité, Transports Canada a recommandé que les exploitants d'opérations de travail aérien et de taxis aériens suivent une formation en gestion des ressources pour pilote seul aux commandes (SRM).

Tel qu'il est décrit dans le circulaire d'information 700-042 de Transports Canada, *Gestion des ressources de l'équipage*,

la SRM adapte les concepts de CRM à l'environnement d'un seul pilote. [...] Les concepts actuels de la formation en CRM abordent la gestion des menaces et des erreurs (GME), qui traite de la reconnaissance et de l'analyse des dangers potentiels, de la mise en œuvre des stratégies appropriées pour contrer les menaces ainsi que du recours à diverses mesures permettant d'éviter, de déceler ou d'atténuer les erreurs avant qu'elles n'aient des conséquences néfastes, comme un état indésirable de l'aéronef<sup>32</sup>.

La circulaire d'information indique également que la CRM d'un seul pilote doit être centrée sur les domaines qui sont pertinents pour le pilote seul et pour l'opération. Elle recommande que, parmi d'autres sujets, la formation porte sur la conscience situationnelle, la gestion de la charge de travail, la prise de décision ainsi que l'effet de surprise et le réflexe de sursaut<sup>33</sup>.

<sup>31</sup> Transports Canada, circulaire d'information (CI) n° 700-042 : Gestion des ressources de l'équipage (CRM), édition 02 (14 mars 2020), à l'adresse <https://tc.canada.ca/fr/aviation/centre-referenc/circulaires-information/circulaire-information-ci-no-700-042> (dernière consultation le 29 juin 2022).

<sup>32</sup> Ibid., section 4.0 : Historique.

<sup>33</sup> Ibid., section 7.0 : Méthode pour les cours de formation en gestion des ressources de l'équipage.

## 2.0 ANALYSE

Dans cette enquête, rien n'a indiqué que des dysfonctionnements préexistants des systèmes de l'hélicoptère ou des troubles physiologiques aient joué un rôle dans l'événement. Par conséquent, l'analyse portera sur les conditions environnementales du moment, la décision de décoller et de poursuivre le vol dans ces conditions, les limites des systèmes de l'hélicoptère, les objets non arrimés et les manœuvres d'urgence.

### 2.1 Conditions météorologiques

#### 2.1.1 Turbulence et cisaillement du vent

Avant le départ, les 2 pilotes avaient consulté les prévisions météorologiques, qui annonçaient des vents forts du sud-est, une forte turbulence mécanique localisée et la possibilité d'un cisaillement du vent à basse altitude. La visibilité était bonne, et les seules conditions notables étaient la turbulence et les vents forts.

Un centre de basse pression situé tout juste au nord de l'île de Vancouver, se déplaçant vers l'intérieur des terres avec des fronts chauds et froids connexes, a produit de forts vents sortants dans la baie Howe. Les vents qui soufflaient dans la zone de l'événement à l'étude étaient d'une vitesse et d'une direction variables, car l'air était contraint de contourner les îles de la baie Howe. De plus, le terrain complexe entourant la baie Howe et la direction du vent étaient propices à la production d'effets sous le vent.

Les conditions à 2 000 à 2 500 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) étaient fort probablement turbulentes, avec la possibilité d'une forte turbulence mécanique et de cisaillement du vent à basse altitude. Ces conditions ont pu être compliquées par la présence de nuages convectifs dans la région, qui ont pu constituer une source supplémentaire de turbulence.

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

La combinaison d'un système dépressionnaire, du front froid associé à ce système et de la géographie de la baie Howe a créé des conditions propices à une forte turbulence mécanique, à des ondes sous le vent et à un cisaillement du vent à basse altitude le long de la trajectoire de vol de l'hélicoptère, à proximité de l'île Bowen.

#### 2.1.2 Décision de décoller

Au moment du départ, les vents à l'aérodrome de Sechelt étaient d'environ 15 nœuds et étaient typiques pour cette période de l'année. Les prévisions de zone graphique (GFA) indiquaient un front froid traversant la région de l'île Bowen vers 10 h et la possibilité d'un système météorologique actif en route. Les prévisions d'aérodrome émises pour l'aéroport international de Vancouver comprenaient des vents plus faibles plus tard dans la journée. Les pilotes étaient au courant de ces prévisions et se sont préparés pour un vol turbulent.

L'opération de longue élingue prévue ce jour-là viendrait compléter un projet de plusieurs jours. L'évaluation des conditions météorologiques par les pilotes était axée sur l'opération de longue élingue à venir. Le vol entre l'aérodrome de Sechelt et la zone de travail était



considéré comme un vol de routine. La veille de l'accident, le second pilote avait emprunté sans difficulté une route similaire pour se rendre à la zone d'opération de longue élingue. Les pilotes ont décidé que s'ils arrivaient sur les lieux de travail et que les conditions météorologiques n'étaient pas propices à l'utilisation de la longue élingue, ils pourraient attendre que le temps s'améliore comme les prévisions l'annonçaient.

D'autres aéronefs circulaient en direction et en partance de l'aérodrome de Sechelt au moment où les pilotes se préparaient à partir, ce qui a renforcé la décision des pilotes de décoller, car elle était conforme aux décisions qu'avaient prises d'autres pilotes.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les pilotes étaient conscients des prévisions météorologiques, du cisaillement du vent à basse altitude et de la turbulence mécanique, mais ils ont décidé de poursuivre les vols prévus ce jour-là en raison de l'amélioration des prévisions météorologiques plus tard dans la journée, du désir de terminer le vol opérationnel et de l'observation que d'autres aéronefs volaient dans les environs de l'aérodrome de Sechelt.

### 2.1.3 Système météorologique actif en route

Quand l'aéronef volait vers sa destination, des vagues de surface localisées (« pistes de chat ») étaient visibles sur l'eau, indiquant que des courants descendants se formaient près du chenal Collingwood. L'hélicoptère se déplaçait à une altitude d'environ 2 600 pieds ASL 2 minutes avant la perte de maîtrise initiale. Alors qu'il survolait la baie Howe, il est descendu progressivement, et probablement de façon non intentionnelle. En descendant à une hauteur proche de celle du sommet du mont Gardner (2 388 pieds ASL), l'hélicoptère est entré dans une zone de vent et de turbulence dangereux.

L'aéronef se trouvait du côté sous le vent du mont Gardner et, à environ 2 NM de la crête de la montagne, à une altitude d'environ 2 430 pieds ASL. Cette crête créait des tourbillons dangereux sur son côté sous le vent. Un grand tourbillon appelé « tourbillon d'aval » s'est probablement formé sous les crêtes des ondes sous le vent; cependant, les pilotes n'étaient pas conscients de la gravité de ces effets sous le vent.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Après avoir observé des indices visuels de courants descendants forts et de cisaillement du vent à basse altitude à l'approche du chenal Collingwood, les pilotes ont modifié leur cap, leur altitude et leur vitesse anémométrique; toutefois, ils ont poursuivi leur route vers l'île Bowen sans se rendre compte de la gravité des effets sous le vent à cet endroit.

## 2.2 État de quasi-apesanteur

Les vents forts qui soufflaient le jour de l'événement, combinés au relief complexe du bras de mer, ont produit une forte turbulence qui a entraîné des états de quasi-apesanteur et une perte de maîtrise. Au cours de la perte de maîtrise, l'hélicoptère a pris des assiettes très

prononcées qui dépassaient les limites de manœuvre décrites dans le *Bell Model 212 Rotorcraft Flight Manual* (RFM).

Un état de quasi-apesanteur se produit lorsque le rotor principal est temporairement déchargé des forces qui sont appliquées pendant le vol. Pendant un état de quasi-apesanteur, le cyclique latéral a peu ou pas d'effet, car la poussée du rotor est réduite. Les pilotes doivent réagir par des commandes en douceur et éviter de surcorriger. L'enquête n'a pas permis de déterminer les commandes que les pilotes avaient sollicitées pendant l'état de quasi-apesanteur; toutefois, le cyclique arrière a été fortement sollicité à un moment donné pendant la tentative de redressement.

L'examen de l'épave a révélé des marques sur la section supérieure du mât du rotor, qui indiquent qu'un cognement du mât s'est produit. Un tel scénario a lieu en vol lorsqu'un battement excessif des pales se produit et entraîne un contact entre le moyeu du rotor principal et le mât du rotor. Il a également été déterminé que le système d'entraînement du rotor de queue a été coupé par les pales du rotor principal à un moment donné pendant la perte de maîtrise; l'hélicoptère s'est donc retrouvé avec une perte de poussée du rotor de queue.

Une forte turbulence et un état de quasi-apesanteur sont deux situations qui peuvent provoquer un battement des pales suffisant pour heurter la poutre de queue. Selon les simulations par ordinateur COPTER (Comprehensive Program for the Theoretical Evaluation of Rotorcraft – programme d'évaluation théorique complète de giravions) de Bell Textron Inc., l'hélicoptère est entré dans un état de quasi-apesanteur au moins 2 fois au cours de la première perte de maîtrise.

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

L'hélicoptère est entré dans une zone de forte turbulence qui a entraîné des conditions de quasi-apesanteur et une perte de maîtrise comprenant des assiettes très prononcées, ce qui a mené à un battement excessif des pales du rotor principal. Par conséquent, les pales du rotor principal sont entrées en contact avec l'arbre d'entraînement du rotor de queue et l'ont sectionné, ce qui a entraîné une perte de la poussée du rotor de queue et de la maîtrise en lacet.

### 2.3 Objets non arrimés

Avant le départ, plusieurs petits objets avaient été placés dans une caisse à lait sans couvercle. La caisse à lait était fixée au sol derrière le siège du pilote de droite, ce qui était une pratique courante chez Airspan Helicopters.

Lors de la première perte de maîtrise, les objets qui se trouvaient dans la caisse à lait ont été projetés vers l'avant à partir de la cabine arrière et ont heurté les pilotes sur leurs casques. Le protecteur de visière et la visière jaune du casque du second pilote (le pilote aux commandes, qui occupait le siège de gauche) se sont abaissés sur son visage, lui bloquant la vue. Puisque le commandant de bord (CdB) était également aux commandes, le second pilote a pu lâcher momentanément les commandes de vol pour relever de force le

protecteur de visière hors de son champ de vision. La visière jaune est restée abaissée durant le reste du vol.

Un protecteur de visière peut constituer un danger grave s'il bloque la vision d'un pilote en vol, particulièrement si ce dernier tente de reprendre la maîtrise d'un aéronef. Dans l'événement à l'étude, la présence d'un second pilote a probablement contribué au redressement.

#### Fait établi quant aux risques

Si des objets non arrimés sont rangés, mais ne sont pas fixés en place de façon appropriée, il y a un risque qu'en cas de turbulence en vol, ils soient projetés dans la cabine ou dans le poste de pilotage, ce qui pourrait distraire l'équipage de conduite ou blesser les occupants de l'aéronef.

## 2.4 Manœuvre d'urgence

### 2.4.1 Dysfonctionnements hydrauliques et moteurs

Lors de la première perte de maîtrise, l'hélicoptère a dépassé les limites de manœuvre indiquées dans le RFM. Une fois que la maîtrise de l'hélicoptère a été reprise et que l'hélicoptère s'est remis en palier, les pilotes, qui étaient tous deux encore aux commandes, ont remarqué que les pédales du palonnier étaient devenues raides, que le cyclique répondait lentement et que le voyant d'avertissement hydraulique était allumé.

Le circuit hydraulique utilise la gravité pour acheminer le fluide hydraulique vers les pompes hydrauliques. Dans le présent événement, il est probable que de l'air se soit introduit dans les 2 circuits hydrauliques par l'intermédiaire du réservoir hydraulique non pressurisé lorsque l'hélicoptère a pris des assiettes très prononcées pendant la perte de maîtrise. Par conséquent, la performance du circuit hydraulique pour toutes les commandes de vol s'est probablement dégradée, entraînant un retard dans la réaction des servocommandes, une augmentation de la charge de rétroaction sur les commandes sous l'effet des forces aérodynamiques, ainsi qu'une manipulation des commandes plus importante par les pilotes pour obtenir une réponse normale du rotor principal et du rotor de queue.

À peu près au même moment, le CdB a vu le voyant de panne du moteur n° 2 s'allumer et le moteur s'est arrêté. Même si l'arrêt non commandé du moteur a probablement été le résultat de l'assiette très prononcée, la raison exacte n'a pas pu être déterminée.

Il est probable qu'après que l'hélicoptère eut subi une réduction soudaine de la charge du rotor principal entraînant un emballement de ce rotor, les régulateurs de carburant ont

limité ou réduit le débit de carburant afin de ramener la vitesse du rotor principal dans les limites, ce qui a causé une réduction de la puissance moteur disponible du moteur n° 1.

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

L'assiette très prononcée de l'hélicoptère pendant la perte de maîtrise initiale a probablement provoqué un défaut de fonctionnement du circuit hydraulique, l'arrêt du moteur n° 2 et une réduction de l'alimentation en carburant (et donc de la puissance) du moteur n° 1, ce qui a entraîné une baisse de vitesse du rotor principal.

## 2.4.2 Perte de la poussée de l'arbre d'entraînement du rotor de queue

La poutre de queue a été heurtée par les pales du rotor principal, entraînant le sectionnement de l'arbre d'entraînement du rotor de queue. Compte tenu de la vitesse avant de l'hélicoptère, l'écoulement de l'air sur le plan fixe vertical aurait été suffisant pour maintenir l'hélicoptère aligné avec la direction du déplacement. À mesure que la vitesse diminuait, la poussée du rotor de queue aurait été nécessaire pour maintenir le contrôle directionnel. Comme aucune poussée du rotor de queue n'était générée pour contrer le couple créé par le système du rotor principal, l'hélicoptère s'est mis à tourner, ce qui a provoqué une deuxième perte de maîtrise.

Les pilotes ont amorcé un atterrissage d'urgence, sans savoir qu'ils n'avaient aucune poussée du rotor de queue. Le CdB a signalé la défaillance du rotor de queue au second pilote (pilote aux commandes), qui a rapidement mis les 2 manettes de gaz au ralenti et abaissé le collectif pour ralentir la rotation. Au moment du contact avec les arbres, le second pilote a tiré le collectif vers le haut afin de ralentir la descente et d'amortir l'impact.

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

Alors que l'hélicoptère ralentissait pour l'atterrissage d'urgence, la maîtrise en lacet a été perdue en raison de l'absence de poussée du rotor de queue, et l'hélicoptère a percuté le relief.

## 2.4.3 Réaction à l'urgence en vol

Les indications des systèmes de l'aéronef et les forces exercées par les commandes de vol observées par les pilotes ne correspondaient à aucun scénario de la formation qu'ils avaient suivie dans le passé. Ils se sont retrouvés dans une situation inédite, n'étaient donc pas préparés et ne disposaient que de très peu de temps pour résoudre la situation à mesure qu'elle se déroulait.

Compte tenu des forces soudaines et des changements extrêmes d'assiette et d'altitude subis par l'hélicoptère, il est probable que les pilotes aient subi un effet de surprise et un réflexe de sursaut. L'effet de surprise et le réflexe de sursaut sont une réponse cognitive et émotionnelle à une situation inattendue qui découle d'une disparité entre ce qui est attendu et ce qui est perçu.

La compagnie n'exploite que des hélicoptères à un seul pilote et n'a pas établi de procédures pour les opérations à 2 pilotes. Normalement, pour les opérations avec un équipage

multiple, des procédures sont définies pour établir les rôles et les responsabilités pendant les opérations normales et d'urgence, comme le transfert des commandes de l'aéronef. Les rôles et les responsabilités des pilotes qui ont accès aux commandes de l'aéronef doivent être clairement définis. De telles procédures ne sont pas exigées par la réglementation pour les opérations avec un seul pilote. Toutefois, du point de vue de la gestion des ressources de l'équipage, elles réduisent l'ambiguïté dans la prise de décisions et le commandement en définissant les rôles et responsabilités.

Dans l'événement à l'étude, les 2 pilotes ont chacun sollicité les commandes de vol pour tenter de reprendre la maîtrise de l'hélicoptère; l'enquête n'a pas permis d'établir quelles sollicitations ont été efficaces et lesquelles ne l'ont pas été.

#### Fait établi quant aux risques

Lorsque 2 pilotes qualifiés volent dans un hélicoptère monopilote doté de commandes doubles, il peut y avoir de l'ambiguïté dans la prise de décisions et le commandement si les rôles et responsabilités ne sont pas clairement précisés. En cas d'urgence ou de situation critique en vol, il y a un risque accru d'actions non coordonnées dans la cabine entraînant un retard dans les réactions ou l'aggravation de l'urgence ou de la situation critique en vol.

## 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. La combinaison d'un système dépressionnaire, du front froid associé à ce système et de la géographie de la baie Howe a créé des conditions propices à une forte turbulence mécanique, à des ondes sous le vent et à un cisaillement du vent à basse altitude le long de la trajectoire de vol de l'hélicoptère, à proximité de l'île Bowen.
2. Les pilotes étaient conscients des prévisions météorologiques, du cisaillement du vent à basse altitude et de la turbulence mécanique, mais ils ont décidé de poursuivre les vols prévus ce jour-là en raison de l'amélioration des prévisions météorologiques plus tard dans la journée, du désir de terminer le vol opérationnel et de l'observation que d'autres aéronefs volaient dans les environs de l'aérodrome de Sechelt.
3. Après avoir observé des indices visuels de courants descendants forts et de cisaillement du vent à basse altitude à l'approche du chenal Collingwood, les pilotes ont modifié leur cap, leur altitude et leur vitesse anémométrique; toutefois, ils ont poursuivi leur route vers l'île Bowen sans se rendre compte de la gravité des effets sous le vent à cet endroit.
4. L'hélicoptère est entré dans une zone de forte turbulence qui a entraîné des conditions de quasi-apesanteur et une perte de maîtrise comprenant des assiettes très prononcées, ce qui a mené à un battement excessif des pales du rotor principal. Par conséquent, les pales du rotor principal sont entrées en contact avec l'arbre d'entraînement du rotor de queue et l'ont sectionné, ce qui a entraîné une perte de la poussée du rotor de queue et de la maîtrise en lacet.
5. L'assiette très prononcée de l'hélicoptère pendant la perte de maîtrise initiale a probablement provoqué un défaut de fonctionnement du circuit hydraulique, l'arrêt du moteur n° 2 et une réduction de l'alimentation en carburant (et donc de la puissance) du moteur n° 1, ce qui a entraîné une baisse de vitesse du rotor principal.
6. Alors que l'hélicoptère ralentissait pour l'atterrissage d'urgence, la maîtrise en lacet a été perdue en raison de l'absence de poussée du rotor de queue, et l'hélicoptère a percuté le relief.

## 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 des objets non arrimés sont rangés, mais ne sont pas fixés en place de façon appropriée, il y a un risque qu'en cas de turbulence en vol, ils soient projetés dans la cabine ou dans le poste de pilotage, ce qui pourrait distraire l'équipage de conduite ou blesser les occupants de l'aéronef.
2. Lorsque 2 pilotes qualifiés volent dans un hélicoptère monopilote doté de commandes doubles, il peut y avoir de l'ambiguïté dans la prise de décisions et le commandement si les rôles et responsabilités ne sont pas clairement précisés. En cas d'urgence ou situation critique en vol, il y a un risque accru d'actions non coordonnées dans la cabine entraînant un retard dans les réactions ou l'aggravation de l'urgence ou de la situation critique en vol.

## 3.3 Autres faits établis

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. Le port d'un casque de vol et d'une ceinture de sécurité à 4 points d'ancrage a réduit la gravité des blessures des pilotes, qui ont pu sortir rapidement de l'aéronef sans assistance.

## 4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

### 4.1 Mesures de sécurité prises

#### 4.1.1 Airspan Helicopters Ltd.

À la suite de l'accident, Airspan Helicopters Ltd. a pris les mesures suivantes :

- elle a suspendu les opérations et la maintenance jusqu'à ce qu'elle ait tenu un débriefage avec l'ensemble du personnel pour discuter des détails et des premières leçons à en retenir;
- elle a suspendu les opérations avec le Bell 212 jusqu'à ce qu'elle ait effectué un examen de la maintenance;
- elle a organisé une séance sur la gestion du stress en cas d'incident critique pour le personnel;
- elle a mis au point une évaluation des risques avant vol comprenant des seuils précis de turbulence forte;
- elle a réalisé une enquête de sécurité interne conformément à sa politique de système de gestion de la sécurité;
- elle a mis en place de nouvelles procédures d'arrimage des petits objets pour s'assurer qu'ils sont bien assujettis pendant le vol;
- elle a rédigé une note de sécurité et l'a distribuée aux pilotes de la compagnie, décrivant :
  - l'analyse de la turbulence avant le vol,
  - la prise de conscience et l'évitement de la turbulence pendant le vol,
  - les mesures d'atténuation des risques en cas de turbulence.

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 juillet 2022. Le rapport a été officiellement publié le 28 juillet 2022.

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.