



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21Q0092

PERTE DE PUISSANCE MOTEUR ET COLLISION AVEC LE SOL

Cessna 172M, C-FFRV

Publicité AERO-GRAMME Inc.

Aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau (Québec),
8,45 NM E

2 octobre 2021

Canada 

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 à l'adresse bst.gc.ca.

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

CONDITIONS D'UTILISATION

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

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

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

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

Avisez le BST par écrit si 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 A21Q0092* (publié le 25 janvier 2023).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
bst.gc.ca
communications@bst.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21Q0092

N° de cat. TU3-10/21-0092F-PDF

ISBN 978-0-660-46914-0

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse bst.gc.ca

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Personnes blessées	8
1.3 Dommages à l'aéronef	8
1.4 Autres dommages	9
1.5 Renseignements sur le personnel	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	9
1.6.1 Procédures d'urgence	10
1.7 Renseignements météorologiques	11
1.7.1 Prévisions de zone graphique	11
1.7.2 Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome	11
1.7.3 Prévisions d'aérodrome	12
1.8 Aides à la navigation	14
1.8.1 Carte de procédures terminales selon les règles de vol à vue	14
1.9 Communications	14
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	15
1.11 Enregistreurs de bord	15
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	15
1.12.1 Analyse du moteur et de l'hélice	16
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.14 Incendie	17
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	17
1.15.1 Port de la ceinture-baudrier	17
1.16 Essais et recherche	19
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	19
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	19
1.18 Renseignements supplémentaires	20
1.18.1 Altitudes et distances minimales	20
1.18.2 Altitudes et distances de vol selon les règles de vol à vue minimales	21
1.18.3 Prise de décisions du pilote	22
1.18.4 Givrage du carburateur	23
1.18.5 Atterrissage forcé	27
2.0 Analyse	29
2.1 Planification du vol	29
2.2 Prise de décisions du pilote	29
2.3 Givrage du carburateur	30
2.4 Atterrissage forcé	31
2.5 Questions relatives à la survie des occupants	32

3.0	Faits établis	34
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	34
4.0	Mesures de sécurité	35
4.1	Mesures de sécurité prises	35
Annexes	36
	Annexe A – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique GFACN33 émise à 13 h 25 (heure avancée de l’Est) le 2 octobre 2021	36
	Annexe B – Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis pour l'aéroport international de Montréal/Pierre Elliott Trudeau le 2 octobre de 14 h à 17 h	37
4.2	Annexe C – Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis pour l'aéroport Montréal/St-Hubert le 2 octobre 2021 de 14 h à 17 h	38

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21Q0092

PERTE DE PUISSANCE MOTEUR ET COLLISION AVEC LE SOL

Cessna 172M, C-FFRV

Publicité AERO-GRAMME Inc.

Aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau (Québec), 8,45 NM E

2 octobre 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 2 octobre 2021, vers 17 h 45 (heure avancée de l'Est), l'aéronef Cessna 172M (immatriculation C-FFRV, numéro de série 17262394) exploité par Publicité AERO-GRAMME Inc., a décollé de l'aérodrome de St-Mathieu-de-Laprairie (CML8) (Québec) afin d'effectuer un vol de publicité aérienne selon les règles de vol à vue dans la région de Montréal (Québec). Il y avait 1 pilote et 1 passager à bord. Lorsque l'aéronef survolait le fleuve Saint-Laurent à proximité du pont de la Concorde, une perte de puissance du moteur est survenue. Alors que le pilote tentait d'effectuer un atterrissage d'urgence sur l'avenue Pierre-Dupuy, située dans l'arrondissement de Ville-Marie à Montréal, l'aile gauche a fauché la cime des arbres. L'aéronef s'est mis à faire la roue et a percuté le sol. Un incendie s'est déclaré après l'impact. Le pilote a été grièvement blessé, mais a réussi à évacuer l'aéronef. Le passager n'a pu évacuer l'aéronef et a reçu des blessures mortelles. L'aéronef a été détruit. Aucun signal de radiobalise de repérage d'urgence n'a été capté.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Au courant de la journée du 2 octobre 2021, le pilote de l'événement à l'étude a amorcé la préparation d'un vol de publicité aérienne (remorquage de bannière) qu'il devait effectuer en fin d'après-midi. À 13 h 32¹, en prévision du vol, le pilote a communiqué par courriel avec le contrôle de la circulation aérienne (ATC) pour l'informer du vol selon les règles de vol à vue (VFR) d'environ 8 minutes qu'il prévoyait faire à une altitude de 1200 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) dans la zone de contrôle de Montréal (Québec). L'aéronef devait décoller de l'aérodrome de St-Mathieu-de-Laprairie (CML8) (Québec) pour se diriger vers sa destination aérienne, soit la Place Ville-Marie dans l'arrondissement du même nom au centre-ville de Montréal. Il devait entrer dans la zone de contrôle à 18 h et en sortir à 18 h 08.

À 14 h 27, le pilote a communiqué avec le centre d'information de vol (FIC) de Québec afin d'obtenir les prévisions météorologiques pour la région de Montréal. Vers 15 h 53, après avoir examiné les renseignements météorologiques disponibles, le pilote a informé la cliente que les conditions étaient acceptables pour effectuer le vol, et qu'il préparait le vol.

Tel que l'exige l'ATC, le pilote a communiqué avec le FIC de Québec vers 16 h 26 afin d'obtenir un code transpondeur² lui permettant d'effectuer le vol dans la zone de contrôle. Vers 17 h 05, après avoir revérifié les prévisions météorologiques, il a quitté son domicile pour se rendre à CML8 pour préparer l'aéronef, le Cessna 172M (immatriculation C-FFRV, numéro de série 17262394) exploité par Publicité AERO-GRAMME Inc. (AEROGRAM).

L'aéronef a décollé de CML8 vers 17 h 45, avec à son bord le pilote et un passager. Après avoir effectué un circuit afin d'accrocher la bannière, le pilote a effectué une première communication avec le contrôleur tour de Montréal, (Québec), situé à l'aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau (CYUL) (Québec) vers 17 h 50. Alors que l'aéronef survolait la municipalité de Saint-Constant (Québec) en direction nord et était en palier à une altitude d'environ 500 pieds ASL³ pour pouvoir rester dans des conditions de vol VFR, le pilote a avisé le contrôleur qu'il allait monter à une altitude de 1200 pieds ASL pour faire un vol de remorquage de bannière au centre-ville de Montréal, mais qu'il attendait d'être hors des nuages.

À 17 h 50 14 s, à la demande du contrôleur tour de Montréal, le pilote a communiqué avec la tour de l'aéroport Montréal/St-Hubert (CYHU) (Québec). Le pilote a confirmé au contrôleur

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

² Un code transpondeur est un « nombre affecté à un signal de réponse à impulsions multiples particulier émis par un transpondeur. » (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques Terminav, à l'adresse www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php [dernière consultation le 29 septembre 2022].)

³ L'altitude moyenne du sol pour le vol prévu était d'environ 50 pieds, ce qui donnait une altitude au-dessus du sol (AGL) d'environ 450 pieds.

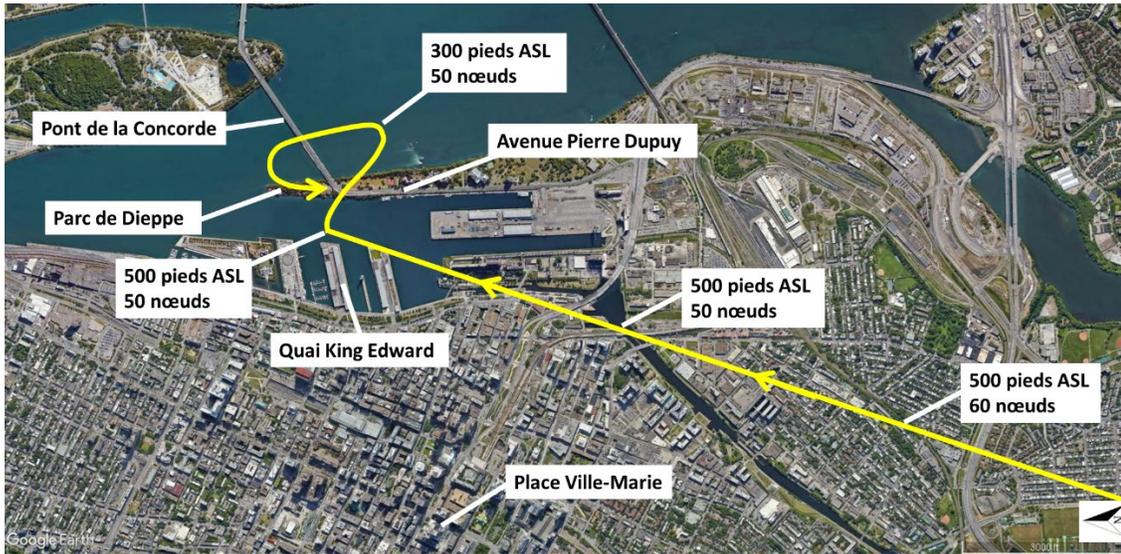
tour de CYHU qu'il prévoyait toujours se diriger vers le centre-ville, mais qu'il attendait d'être hors des nuages. L'aéronef se trouvait encore à une altitude de 500 pieds ASL.

Vers 17 h 52, l'aéronef a atteint la rive sud du fleuve Saint-Laurent, toujours à la même altitude et, vers 17 h 54, le pilote a communiqué de nouveau avec le contrôleur tour de Montréal. À ce moment-là, l'aéronef se trouvait à proximité de la rive nord du fleuve et son altitude était inchangée. Le contrôleur aérien a informé le pilote de l'observation météorologique émise pour CYUL et lui a donné l'instruction suivante lui demandant de rester dans des conditions VFR en tout temps [traduction] « Foxtrot Romeo Victor, la dernière séquence à 21Z indiquait 15 milles [visibilité], de la bruine légère, quelques nuages à 800 pieds [au-dessus du sol], fragmentés à 1400 pieds, ciel couvert à 2200 pieds. Maintenez VFR et avisez une fois terminé ».

Une fois le fleuve traversé, l'aéronef a effectué un virage vers la droite pour se diriger vers le nord-nord-est. L'aéronef se trouvait encore à une altitude de 500 pieds ASL et se dirigeait vers le Vieux-Port de Montréal. Vers 17 h 59, peu après être passé par le travers de la Place Ville-Marie, l'aéronef ne pouvant monter à une altitude plus élevée, a effectué un virage vers l'est à proximité du quai King Edward afin de retourner à CML8. L'aéronef a poursuivi son vol en direction est, traversant le parc de Dieppe du côté sud du pont de la Concorde.

Quelques instants plus tard, alors que l'aéronef se trouvait au-dessus du fleuve, le moteur a subi des ratés et le pilote a actionné le réchauffage du carburateur. Le moteur a semblé reprendre un peu de puissance avant de subir d'autres ratés et une perte de puissance supplémentaire. L'aéronef n'a plus été en mesure de maintenir son altitude. Le pilote a alors amorcé un virage vers la gauche et a largué la bannière, en préparation pour un atterrissage d'urgence sur le pont de la Concorde. Cependant, après avoir constaté la présence de barricades en béton signalant des travaux de réfection sur le pont et empêchant un atterrissage sécuritaire, le pilote a poursuivi le virage pour aller atterrir sur l'avenue Pierre-Dupuy (figure 1). Au moment de l'atterrissage d'urgence, CYUL rapportait des vents soufflant du nord-est à 6 nœuds.

Figure 1. Image montrant la trajectoire finale de l'aéronef de l'événement (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Un appel de détresse MAYDAY a été transmis à la tour de Montréal à 17 h 59 45 s. Dans les instants qui ont suivi l'appel, le pilote s'est aligné pour l'atterrissage. L'aile gauche de l'aéronef a fauché la cime des arbres, l'aéronef s'est mis à faire la roue et a percuté le sol. Un incendie s'est déclaré un peu moins d'une minute après l'impact. Le pilote, assis dans le siège de gauche, a été grièvement blessé, mais a réussi à évacuer l'aéronef. Le passager, assis dans le siège de droite, n'a pu évacuer l'aéronef et a reçu des blessures mortelles. L'aéronef a été détruit. Aucun signal provenant de la radiobalise de repérage d'urgence n'a été capté. Les services d'urgence, alertés par plusieurs personnes ayant vu l'accident se produire, sont arrivés sur les lieux peu après.

1.2 Personnes blessées

Le pilote et un passager étaient à bord. Le tableau 1 ci-dessous indique la gravité des blessures reçues.

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	1	–	1
Graves	1	0	–	1
Légères	0	0	–	0
Total des personnes blessées	1	1	–	2

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été détruit par l'incendie qui s'est déclaré peu après l'impact avec le sol.

1.4 Autres dommages

L'événement s'est produit dans le parc de Dieppe, situé sur la pointe nord de la Cité du Havre dans l'arrondissement de Ville-Marie, à Montréal. Des arbres ont été endommagés pendant la séquence d'impact.

L'enquête n'a pas permis de déterminer la quantité de carburant déversée en raison de l'incendie qui s'est déclaré après l'impact.

1.5 Renseignements sur le personnel

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel – avion délivrée en septembre 2006 et d'un certificat médical qui venait tout juste d'expirer la veille de l'accident. Le pilote n'avait ainsi plus le droit d'exercer les privilèges de sa licence, comme le stipule le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) :

404.03(1) Il est interdit à toute personne d'exercer ou de tenter d'exercer les avantages d'un permis, d'une licence ou d'une qualification, à moins qu'elle ne soit titulaire d'un certificat médical valide de la catégorie propre au permis, licence ou qualification, telle qu'elle est précisée à l'article 404.10⁴.

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote professionnel
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} octobre 2021
Heures de vol total	6400
Heures de vol sur type	2500
Heures de vol pour le remorquage de bannière	2900
Heures de vol pour le remorquage de planeur	100

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Cessna Aircraft Company
Type, modèle et immatriculation	Cessna 172M, C-FFRV
Année de construction	1974
Numéro de série	17262394
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	22 avril 2009
Total d'heures de vol cellule	4049,4
Type de moteur (nombre)	Avco Lycoming O-320-E2D (1)
Type d'hélice (nombre)	McCaughey 1C160/DTM (1)
Masse maximale autorisée au décollage	1043 kg (2300 lb)

⁴ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 404.03(1).

Types de carburant recommandés	100/130, 100 LL
Type de carburant utilisé	100 LL

Les derniers travaux de maintenance sur l'aéronef à l'étude avaient été effectués le 4 août 2021, à l'occasion d'une inspection périodique à intervalles de 200 heures. Au moment de cette inspection, le moteur avait accumulé 427,5 heures depuis son installation en juillet 2013.

Les dossiers indiquent qu'il n'y avait aucune défectuosité différée au moment de l'événement. Rien n'indique qu'il y ait eu une défaillance mécanique du moteur ou un mauvais fonctionnement d'un système avant ou pendant le vol.

1.6.1 Procédures d'urgence

Le manuel d'utilisation du pilote du Cessna 172M indique la procédure suivante à suivre, en cas de panne moteur en vol [traduction] :

- (1) Vitesse indiquée -- 65 KIAS [vitesse indiquée en nœuds].
- (2) Réchauffage carburateur -- ON [ACTIVÉ].
- (3) Sélecteur de carburant -- BOTH [LES DEUX].
- (4) Mélange -- RICH [RICHE].
- (5) Interrupteur d'allumage -- BOTH [LES DEUX] (ou START [DÉMARRAGE] si l'hélice ne tourne pas).
- (6) Pompe d'amorçage – POUSSÉE À FOND et VERROUILLÉE⁵.

De plus, la section 3 du manuel comprend un tableau des distances de vol plané indiquant qu'un Cessna 172M planant à une vitesse de 65 KIAS, avec l'hélice en moulinet, les volets rentrés et par vent calme, couvre une distance de 3 milles terrestres (SM) pour chaque tranche de 2000 pieds d'altitude au-dessus du sol (AGL) ou une distance de plané approximative de 0,75 NM à partir d'une altitude de 500 pieds AGL. Cette section décrit également les procédures détaillées et précise que, dans le cas d'une panne moteur après le décollage, [traduction]

[l]'abaissement rapide du nez pour maintenir la vitesse et établir une attitude de planage est la première réponse à une panne moteur après le décollage. Dans la plupart des cas, l'atterrissage doit être planifié en ligne droite avec seulement de petits changements de direction pour éviter les obstacles. L'altitude et la vitesse sont rarement suffisantes pour exécuter un virage en plané de 180° nécessaire pour revenir sur la piste. Les procédures de la liste de vérification supposent qu'il y a suffisamment de temps pour couper l'alimentation en carburant et l'allumage avant le toucher des roues.

Après une panne moteur en vol, la meilleure vitesse de plané devrait être adoptée le plus rapidement possible⁶.

⁵ Cessna Aircraft Company, *Skyhawk Cessna Model 172M Pilot's Operating Handbook* (1989), section 3 : Emergency Procedures, paragraphe : Engine Failure During Flight, p. 3-4.

⁶ Ibid., p. 3-9.

1.7 Renseignements météorologiques

1.7.1 Prévisions de zone graphique

Les prévisions de zone graphique (GFA) indiquent les conditions météorologiques à venir pour une zone géographique donnée⁷. Le jour de l'événement à l'étude, une carte Nuages et temps, publiée à 13 h 25 et valable à partir de 14 h, montrait un système de basse pression situé au nord de North Bay (Ontario) s'affaiblissant et se déplaçant vers le sud-est à une vitesse de 15 nœuds. Ce système comprenait un front chaud s'étendant le long de la frontière Québec-Ontario, du côté Québec (annexe A).

Les conditions prévues en avant du front chaud, à proximité de l'itinéraire du vol à l'étude, étaient les suivantes :

- altocumulus castellanus occasionnels avec des sommets à 22 000 pieds ASL;
- visibilité de 3 SM;
- averses de faible pluie;
- brume;
- plafonds variant entre 600 et 1200 pieds AGL.

La GFA indiquait par ailleurs les conditions locales suivantes pour cette même zone :

- visibilité de 2 SM;
- faible pluie;
- brume;
- plafond à 300 pieds AGL.

1.7.2 Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome

1.7.2.1 Aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau

Les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) pour CYUL sont fondés sur des observations faites par un observateur humain qualifié.

Le METAR pour CYUL, publié le 2 octobre 2021 à 17 h, indiquait ce qui suit :

- vents soufflant du 050° vrai (V) à 8 nœuds;
- visibilité de 15 SM;
- faible bruine;
- quelques nuages à 800 pieds AGL, plafond de nuages fragmentés à 1400 pieds AGL et ciel couvert à 2200 pieds AGL;
- température de 12 °C et point de rosée de 12 °C;

⁷ Les prévisions de zone graphique sont émises 4 fois par jour et ont une période de validité de 12 heures. Deux cartes sont émises pour chaque période indiquée : une carte décrivant les nuages et les conditions météorologiques, et l'autre décrivant le givrage, la turbulence et les niveaux de congélation.

- calage altimétrique de 29,98 pouces de mercure;
- remarques sur les couches nuageuses : 1/8 stratus fractus, 5/8 stratocumulus, 2/8 stratocumulus⁸.

Un tableau des METAR émis pour CYUL pour les heures précédant le vol se trouve à l'annexe B du présent rapport.

1.7.2.2 **Aéroport Montréal/St-Hubert**

Les METAR pour CYHU sont fondés sur des observations enregistrées par un système automatisé d'observations météorologiques (AWOS) et sont ainsi qualifiés de METAR AUTO.

Le METAR AUTO pour CYHU, publié le 2 octobre 2021 à 17 h, indiquait ce qui suit :

- vents soufflant du 040°V à 6 nœuds;
- visibilité de 3 SM;
- faible pluie;
- brume;
- plafond de nuages fragmentés à 900 pieds AGL, nuages fragmentés à 1400 pieds AGL et ciel couvert à 2100 pieds AGL;
- température de 12 °C et point de rosée de 12 °C;
- calage altimétrique de 29,98 pouces de mercure.

Un tableau des METAR émis pour CYHU pour les heures précédant le vol se trouve à l'annexe C du présent rapport.

1.7.3 **Prévisions d'aérodrome**

Les prévisions d'aérodrome (TAF) fournissent une description des conditions météorologiques les plus probables dans un rayon de 5 NM autour d'un aérodrome. Elles sont modifiées au besoin pour rendre compte des améliorations ou détériorations des conditions en cours ou prévues.

1.7.3.1 **Aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau**

La TAF pour CYUL, émise le 2 octobre 2021 à 16 h 38 et valide du 2 octobre à 17 h jusqu'au 3 octobre à 14 h, prévoyait les conditions suivantes :

- vents soufflant du 050°V à 8 nœuds;
- visibilité de 4 SM;
- faible pluie;

⁸ Une couche de stratus est définie comme étant une « [c]ouche nuageuse uniforme ressemblant à du brouillard, mais qui ne touche pas le sol. La bruine tombe souvent des stratus. Lorsque le stratus est déchiré par le vent, on l'appelle stratus fractus (SF). » Les stratocumulus forment des « couches ou plaques de nuages arrondies ou [de] larges rouleaux de nuages. » (Source : Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition (2020), section 6.2 : Les nuages.)

- brume;
- plafond de nuages fragmentés à 700 pieds AGL;
- ciel couvert à 1200 pieds AGL.

La TAF prévoyait les changements temporaires (TEMPO) ci-dessous entre le 2 octobre à 17 h et le 3 octobre à 10 h :

- visibilité de 6 SM;
- faible pluie;
- faible bruine;
- brume;
- nuages épars à 700 pieds AGL;
- plafond de nuages fragmentés à 1200 pieds AGL;
- ciel couvert à 2000 pieds AGL.

La TAF prévoyait les changements permanents ci-dessous le 3 octobre à partir de 10 h :

- vents soufflant du 040°V à 12 nœuds;
- visibilité de plus de 6 SM;
- faible pluie;
- plafond de nuages fragmentés à 1200 pieds AGL;
- ciel couvert à 3000 pieds AGL.

1.7.3.2 **Aéroport Montréal/St-Hubert**

La TAF pour CYHU, émise le 2 octobre 2021 à 13 h 39 et valide du 2 octobre à 14 h jusqu'au 3 octobre à 14 h, prévoyait les conditions suivantes :

- vents soufflant du 080°V à 7 nœuds;
- visibilité de 4 SM;
- faible pluie;
- brume;
- plafond couvert à 700 pieds AGL.

La TAF prévoyait les changements temporaires (TEMPO) ci-dessous entre le 2 octobre à 14 h et le 3 octobre à 10 h :

- visibilité de 6 SM;
- faible pluie;
- faible bruine;
- brume;
- nuages épars à 700 pieds AGL;
- plafond de nuages fragmentés à 1200 pieds AGL;
- ciel couvert à 3000 pieds AGL.

La TAF prévoyait les changements permanents ci-dessous à partir du 3 octobre à 10 h :

- vents du 030°V à 12 nœuds;
- visibilité de plus de 6 SM;
- pluie légère;
- plafond de nuages fragmentés à 1200 pieds AGL;
- ciel couvert à 3000 pieds AGL.

1.8 Aides à la navigation

1.8.1 Carte de procédures terminales selon les règles de vol à vue

L'information aéronautique nécessaire au vol VFR qui ne peut pas être illustrée sur les cartes aéronautiques est publiée dans le *Supplément de vol – Canada* (CFS). Lorsqu'il est impossible de décrire correctement de l'information importante concernant un aérodrome sur le croquis ou dans le texte usuels du CFS, une carte de procédures terminales VFR (VTPC) est ajoutée aux pages portant sur l'aérodrome en question.

Une VTPC illustre tous les points d'appel et points de contrôle VFR où les pilotes doivent se rapporter à l'ATC avant d'entrer dans la zone de contrôle. Cette carte présente également les routes que les aéronefs à voilure fixe volant en mode VFR doivent suivre pour entrer dans une zone de contrôle ou en sortir.

1.8.1.1 Circuit touristique Ville-Marie

La VTPC du circuit touristique Ville-Marie, qui illustre l'itinéraire à suivre pour survoler la ville de Montréal dans l'espace aérien contrôlé de CYUL et de CYHU, n'indique pas d'altitude minimale à respecter.

Cependant, les procédures concernant le circuit Ville-Marie décrites dans le CFS indiquent aux pilotes qu'ils doivent, entre autres, « respecter l'altitude assignée par la tour de contrôle de Montréal⁹ ». Il est également indiqué que « les vols de bannière et de photographie aérienne doivent être coordonnés avec le surveillant de la tour de contrôle de Montréal [...] avec au moins une [heure] de préavis¹⁰. »

1.9 Communications

Au moment de l'événement à l'étude, le pilote était en communication avec la tour de contrôle de Montréal. Un appel de détresse MAYDAY a été capté sur la fréquence de la tour à 17 h 59 45 s, soit quelques instants avant que l'aéronef percute le sol.

⁹ NAV CANADA, *Supplément de vol – Canada*, en vigueur du 12 août 2021 au 7 octobre 2021, répertoire des aérodromes/installations – Montréal/Pierre Elliott Trudeau Intl, rubrique PRO.

¹⁰ Ibid.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

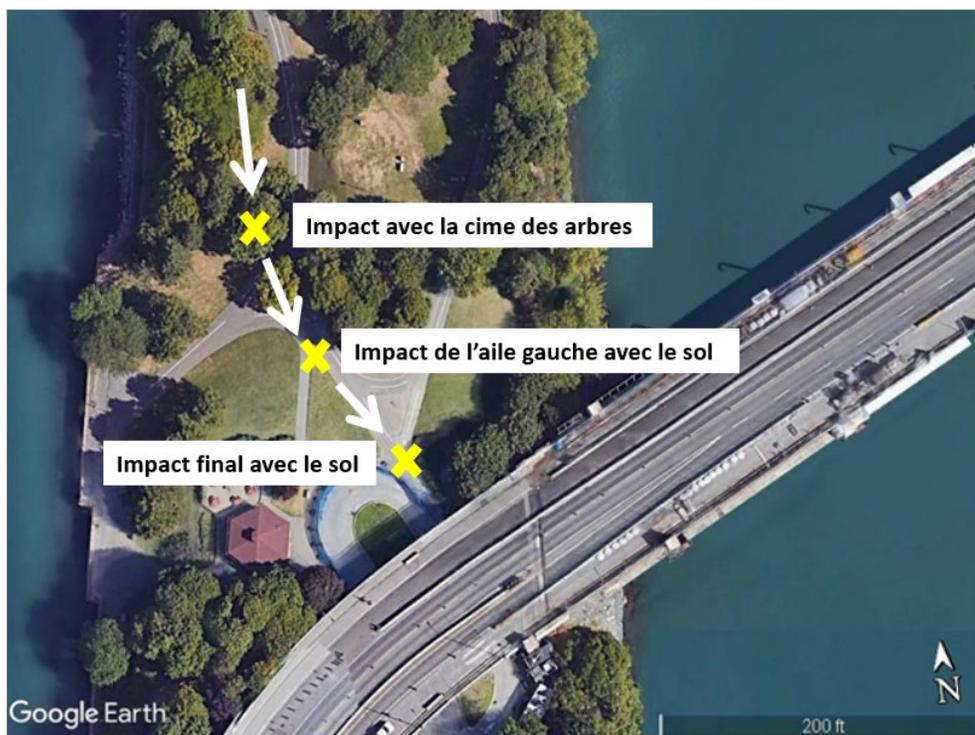
L'aéronef n'était muni d'aucun enregistreur de bord, que ce soit de données de vol ou de conversations de poste de pilotage, et la réglementation en vigueur n'en exigeait pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'accident s'est produit dans le parc de Dieppe, situé dans l'arrondissement de Ville-Marie à Montréal. Lors de la séquence d'impact, l'aile gauche a fauché la cime des arbres, l'aéronef s'est mis à faire la roue et a percuté le sol.

Des branches cassées sur 2 arbres situés près de la rive ouest du parc de Dieppe ont révélé où s'était produit l'impact initial de l'aéronef, soit juste au nord de la courbe reliant l'extrémité ouest du pont de la Concorde et le début de l'avenue Pierre-Dupuy. Une courte distance sépare ces arbres endommagés et les marques de contact au sol de l'aile gauche et de l'hélice retrouvées dans un secteur non boisé du parc. Selon la répartition des débris, l'aéronef suivait un cap sud au moment du contact initial avec les arbres avant de dévier rapidement vers le sud-est. L'appareil a fini sa course sur un bac de fleurs en béton, situé à une dizaine de mètres de la marque au sol laissée par l'hélice. À la fin de la séquence d'impact, l'aéronef reposait en un morceau, sur le nez, et le ventre appuyé sur le bac en béton selon un cap sud-ouest (figure 2).

Figure 2. Image montrant la séquence d'impact de l'aéronef de l'événement (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



L'incendie qui s'en est suivi a consumé la totalité du fuselage de l'aéronef, n'épargnant qu'une partie des ailes et l'empennage, qui sont retombés à plat sur le sol. Les dommages à l'aile gauche correspondaient à l'impact avec les arbres et le sol. Bien qu'il y ait eu une fuite de carburant à la suite de l'impact, il restait du carburant dans les réservoirs des ailes. En raison des dommages à l'épave, l'enquête n'a pas été en mesure de déterminer la position des commandes auxiliaires (réchauffe carburateur et mélange) ni de la manette des gaz.

1.12.1 Analyse du moteur et de l'hélice

Le moteur et l'hélice de l'aéronef ont été envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) pour être analysés. Aucune anomalie qui aurait pu empêcher le moteur de fonctionner normalement avant l'impact n'a été décelée. Les dommages observés sur le vilebrequin et la bride de l'hélice correspondent à ceux provoqués par un impact important sur une surface dure. L'absence de marques indicatives de torsion au niveau des fractures du vilebrequin et la présence de marques sur l'hélice indiquent que la puissance du moteur était très faible au moment de l'impact.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'information obtenue au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance du pilote.

1.14 Incendie

Après avoir percuté le sol, l'aéronef a pris feu. La cabine a été détruite par l'incendie. En raison de la nature destructrice de l'incendie, il a été impossible de déterminer sa source ni comment il s'était propagé.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

En raison des dommages importants provoqués par l'incendie, les enquêteurs du BST n'ont pas pu établir l'ampleur des déformations causées à l'espace vital quand l'aéronef a fait la roue et quand il a percuté le sol. L'aéronef ayant percuté le sol selon une inclinaison à gauche, le côté gauche a été soumis à une accélération plus brutale que le côté droit. Le pilote, assis du côté gauche, a réussi à évacuer l'aéronef malgré ses blessures. Le passager, assis du côté droit, a été propulsé du côté gauche quand l'aéronef a fait la roue; il n'a pu évacuer l'aéronef. Le pilote, malgré ses efforts, n'a pas été en mesure d'aider le passager à sortir avant que l'aéronef ne prenne feu.

1.15.1 Port de la ceinture-baudrier

Le RAC compte plusieurs exigences concernant le port de ceintures de sécurité, d'ensembles de retenue et, s'il y a lieu, de ceintures-baudriers. Plus précisément, l'article 605.25 du RAC stipule ce qui suit en matière d'utilisation générale des ceintures de sécurité :

- (1)** Le commandant de bord d'un aéronef doit donner à toute personne à bord de l'aéronef l'ordre de boucler la ceinture de sécurité, y compris, s'il y en a une, la ceinture-baudrier, dans les cas suivants :
- a)** pendant le mouvement de l'aéronef à la surface;
 - b)** pendant le décollage et l'atterrissage;
 - c)** au cours du vol, chaque fois que le commandant de bord le juge nécessaire¹¹.

De plus, l'article 605.27 du RAC stipule ce qui suit relativement à l'utilisation des ceintures de sécurité pour les membres d'équipage :

- (3)** Le commandant de bord doit s'assurer qu'au moins un des pilotes est assis aux commandes de vol et a bouclé sa ceinture de sécurité, y compris, s'il y en a une, la ceinture-baudrier, durant le temps de vol¹².

Bien que les sièges de l'aéronef de l'événement à l'étude étaient équipés de ceintures de sécurité composées d'une ceinture sous-abdominale et d'une ceinture-baudrier¹³, les 2 occupants ne portaient que leur ceinture sous-abdominale lors du vol à l'étude. Selon un

¹¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 605.25(1).

¹² Ibid., paragraphe 605.27(3).

¹³ « Ceinture-baudrier : s'entend de tout dispositif qui sert à retenir le torse et qui se compose d'une sangle diagonale simple passant sur l'épaule ou d'une paire de sangle passant sur les épaules ». (Source : Ibid., article 101.01 : Définitions.)

document de recherche de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis sur les systèmes de retenue, [traduction] « parmi tous les types possibles de blessures survenant dans des accidents auxquels il est possible de survivre, celles qui surviennent le plus fréquemment résultent du choc des occupants partiellement retenus, ou pas retenus du tout, contre la structure environnante¹⁴ ».

La ceinture-baudrier constitue un élément important du système de protection des occupants d'un aéronef, et il est reconnu que le port de cette ceinture contribue à réduire la probabilité de blessures et leur gravité. Un avantage significatif de l'utilisation de la ceinture-baudrier est qu'elle minimise les mouvements du corps et fait en sorte que le corps ne heurte pas la structure de l'aéronef lors d'impacts latéraux et longitudinaux¹⁵.

Transports Canada (TC) précise d'ailleurs dans sa Circulaire d'information (CI) 605-004 ce qui suit :

- 1) Il y a un pourcentage élevé de décès et de blessures graves de pilotes et de passagers dans des accidents de petits aéronefs attribués au contact de la tête du pilote avec le manche de commande de l'avion, le tableau de bord ou d'autres parties de la structure du poste de pilotage, ou [à] la tête du passager entrant en contact avec le siège devant eux. Ce contact est dû au battement de la partie supérieure du corps non retenue en l'absence de ceinture-baudrier pendant la séquence d'écrasement.
- 2) Les statistiques sur les accidents montrent de manière notable que l'utilisation d'une ceinture-baudrier conjointement avec une ceinture sous-abdominale peut réduire les blessures graves à la tête, au cou et à la partie supérieure du corps des occupants à bord d'un aéronef et peut réduire le nombre de décès des occupants impliqués dans un accident offrant des chances de survie¹⁶.

Le BST avait enquêté sur de nombreux accidents¹⁷ d'aéronefs munis de ceintures-baudriers détachables, que les occupants ne portaient pas au moment de l'accident. À la suite de l'accident d'un hélicoptère Airbus Helicopters AS 350 B2 survenu le 14 décembre 2017 à Tweed (Ontario)¹⁸, l'enquête du BST a déterminé que les passagers n'avaient pas utilisé leur ceinture-baudrier avec leur ceinture sous-abdominale. Partant de la définition d'une « ceinture de sécurité » du RAC, la compagnie estimait qu'elle se conformait au règlement si les occupants portaient soit la ceinture sous-abdominale seule, soit la ceinture sous-abdominale avec la ceinture-baudrier. Par conséquent, le Bureau a recommandé que

¹⁴ Joseph W. Young, *A functional comparison of basic restraint systems* (Federal Aviation Administration [FAA], 1967), p. 1, à l'adresse www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/1960s/media/AM67-13.pdf (dernière consultation le 27 septembre 2022).

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Transports Canada, Circulaire d'information (CI) 605-004, *Utilisation des ceintures de sécurité et des ceintures-baudriers à bord d'un aéronef*, Édition 3, section 3.0 : Contexte (14 mars 2022), p. 5.

¹⁷ Selon la base de données du BST, 62 accidents, au cours desquels des ceintures-baudriers étaient disponibles mais n'avaient pas été utilisées, se sont produits de 1990 à 2018.

¹⁸ Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A17O0264 du BST.

le ministère des Transports modifie le Règlement de l'aviation canadien pour éliminer toute ambiguïté relativement à la définition de « ceinture de sécurité ».

Recommandation A19-01 du BST¹⁹

Le 7 juillet 2021, TC a publié des modifications aux articles pertinents de la sous-partie 605 du RAC. Ces modifications consistaient à reformuler le libellé des articles en question pour éliminer toute ambiguïté concernant l'utilisation des ceintures de sécurité et pour préciser que les ceintures de sécurité, y compris les ceintures-baudriers, devaient être bouclées. En mars 2022, le Bureau a jugé que la réponse de TC à la recommandation A19-01 dénotait une **attention entièrement satisfaisante** et la recommandation a été fermée.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP131-2021 – Engine and Propeller Examination [Examen du moteur et de l'hélice]
- LP138-2021 – Radar Data Analysis [Analyse des données radar]
- LP144-2021 – Audio Analysis [Analyse des données audio]
- LP149-2021 – Video Analysis [Analyse des données vidéo]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

AEROGRAM est une entreprise basée à Saint-Hubert (Québec) qui se spécialise dans des vols de remorquage de bannière et qui existe depuis plus de 25 ans. Au moment de l'événement, AEROGRAM exploitait 1 Piper PA-18 et 1 Cessna 172M en vertu d'un certificat d'exploitation aérienne délivré par TC pour les opérations régies par les sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) et 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du RAC²⁰. Le vol à l'étude était un vol de travail aérien et était régi par la sous-partie 702 du RAC. Au moment de l'événement, le pilote était le propriétaire de la compagnie et agissait également comme gestionnaire des opérations, pilote en chef et coordonnateur de la maintenance.

Les opérations de travail aérien couvrent un éventail de types d'exploitation, dont certains exigent un certificat d'exploitation aérienne, comme c'est le cas du remorquage d'objets et notamment de bannières²¹. Bien que des personnes autres que les membres d'équipage de conduite puissent être à bord lors d'opérations de travail aérien, leur présence à bord doit

¹⁹ Recommandation sur la sécurité du transport aérien A19-01 du BST : Définition de « ceinture de sécurité », à l'adresse tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2019/rec-a1901.html (dernière consultation le 30 septembre 2022).

²⁰ Le Piper PA-18 était uniquement exploité en vertu de la sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) du *Règlement de l'aviation canadien*.

²¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 702.01.

être essentielle pendant le vol. Sinon, leur présence doit être autorisée selon les termes du certificat d'exploitation aérienne par une autorisation spéciale²².

La *Norme de service aérien commercial* (NSAC) 722 stipule les exigences « à respecter pour recevoir l'autorisation de transporter une personne autre que les membres d'équipage de conduite et les personnes essentielles »²³, et stipule notamment les exigences suivantes :

- a) cette personne est un membre d'équipage de conduite en formation, reçoit une formation pour assumer des tâches essentielles en vol ou est un technicien d'entretien d'aéronef employé par l'exploitant aérien; [...]
- c) cette personne est transportée vers un chantier de travaux aériens, assume des fonctions essentielles reliées aux travaux aériens, et sa présence est nécessaire à l'exécution desdits travaux; [...]
- e) les exigences concernant le matériel de bord sont conformes à la section II de la sous-partie 605 du RAC qui traite des exigences relatives aux sièges, aux systèmes de retenue et aux harnais de sécurité, selon le cas »;
- f) cette personne a reçu les exposés de sécurité conformément à l'article 722.23 des Normes régissant l'utilisation d'aéronefs pour effectuer des travaux aériens²⁴.

Dans le cas du vol à l'étude, la personne dans le siège de droite ne répondait pas aux exigences relatives aux personnes essentielles pour le vol, et AEROGRAM ne détenait pas l'autorisation spéciale exigée pour le transport de personnes.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Altitudes et distances minimales

Le paragraphe 602.14(2) du RAC stipule les altitudes et distances minimales à respecter pour un vol au-dessus d'une zone bâtie :

(2) Sauf s'il s'agit d'effectuer le décollage, l'approche ou l'atterrissage d'un aéronef ou lorsque la personne y est autorisée en application de l'article 602.15, il est interdit d'utiliser un aéronef :

- a) au-dessus d'une zone bâtie ou au-dessus d'un rassemblement de personnes en plein air, à moins que l'aéronef ne soit utilisé à une altitude qui permettrait, en cas d'urgence exigeant un atterrissage immédiat, d'effectuer un atterrissage sans constituer un danger pour les personnes ou les biens à la surface, et, dans tous les cas, à une altitude d'au moins :
 - (i) dans le cas d'un avion, 1 000 pieds au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé à une distance de 2 000 pieds ou moins de l'avion, mesurée horizontalement. [...]

²² Ibid., article 702.16.

²³ Transports Canada, *Normes de service aérien commercial* (NSAC), Norme 722 : *Travaux aériens*, article 722.16.

²⁴ Ibid.

- b)** dans les cas autres que ceux visés à l'alinéa a), à une distance inférieure à 500 pieds de toute personne, tout navire, tout véhicule ou toute structure.²⁵

Dans le cas du vol à l'étude, l'aéronef n'était pas autorisé en vertu de l'article 602.15 du RAC à effectuer le vol à une altitude ou distance inférieures à celles précisées à l'article 602.14.

1.18.2 Altitudes et distances de vol selon les règles de vol à vue minimales

L'article 602.114 du RAC stipule les conditions météorologiques minimales à respecter pour un vol VFR dans l'espace aérien contrôlé :

Il est interdit à quiconque d'utiliser un aéronef VFR dans l'espace aérien contrôlé, à moins que les conditions suivantes ne soient réunies :

- a)** l'aéronef est utilisé avec des repères visuels à la surface;
- b)** la visibilité en vol est d'au moins trois milles;
- c)** la distance de l'aéronef par rapport aux nuages est d'au moins 500 pieds; mesurée verticalement, et d'au moins un mille, mesurée horizontalement;
- d)** à l'intérieur d'une zone de contrôle :
 - (i)** lorsque la visibilité au sol est signalée, elle est d'au moins trois milles;
 - (ii)** sauf au décollage ou à l'atterrissage, la distance de l'aéronef par rapport à la surface est d'au moins 500 pieds²⁶.

Si les conditions météorologiques ne permettent pas au pilote de respecter les conditions minimales prescrites à l'article 602.114 du RAC, l'ATC peut néanmoins autoriser un aéronef à évoluer dans une zone de contrôle, si le pilote en fait la demande. Les conditions à respecter pour un vol VFR spécial sont stipulées au paragraphe 602.117(1) :

Malgré toute disposition contraire de l'alinéa 602.114b), un aéronef peut être utilisé en vol VFR spécial à l'intérieur d'une zone de contrôle si les conditions suivantes sont réunies :

- a)** les conditions météorologiques rendent impossible le respect de l'alinéa 602.114b);
- b)** la visibilité en vol est d'au moins :
 - (i)** un mille, dans le cas d'un aéronef autre qu'un hélicoptère
 - (ii)** un demi-mille, dans le cas d'un hélicoptère;
- c)** l'aéronef est utilisé hors des nuages et avec des repères visuels à la surface en tout temps;
- d)** l'autorisation a été demandée à l'unité de contrôle de la circulation aérienne compétente et a été reçue²⁷.

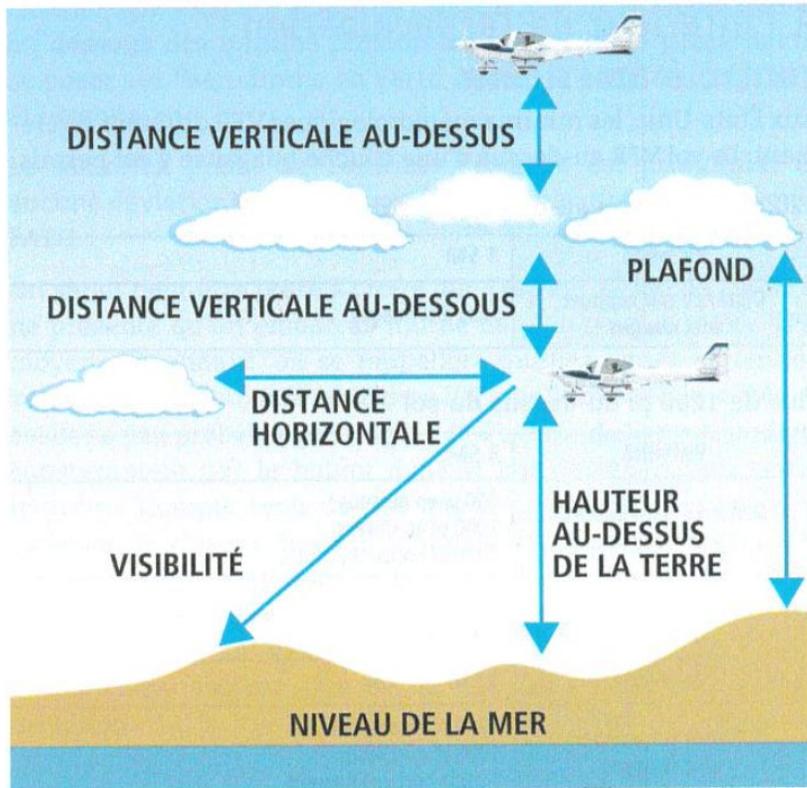
²⁵ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 602.14(2).

²⁶ Ibid., article 602.114.

²⁷ Ibid., paragraphe 602.117(1).

La responsabilité de se maintenir en conditions de vol VFR en tout temps incombe au pilote (figure 3). Dans le cas du vol à l'étude, une autorisation de vol VFR spéciale n'avait pas été demandée à la tour de Montréal, ni reçue de la tour.

Figure 3. Figure illustrant les minima pour références météorologiques (Source : Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition [2020], section 5.2.9 : Les minima météorologiques VFR, image 4).



1.18.3 Prise de décisions du pilote

La prise de décisions du pilote est un processus cognitif consistant à recueillir de l'information, à l'évaluer puis à choisir une option parmi plusieurs. Une fois que le plan d'action est mis en marche, le processus décisionnel recommence afin de valider si la décision prise est la meilleure option possible. La prise de décisions est donc un processus dynamique. En anticipant et en réglant les problèmes possibles qui pourraient survenir pendant le vol, les décisions prises durant la planification pré-vol évitent d'avoir à prendre des décisions potentiellement plus difficiles en vol.

Selon une trousse éducative de TC²⁸ sur le sujet, la prise de décisions des pilotes est différente selon le temps dont ils disposent pour agir :

- Avant le vol, la prise de décisions est dite « sans souci du temps ».

²⁸ Transports Canada, TP 13897, *Prise de décisions du pilote* (février 2002), Module 2 : Le processus de prise de décisions, p. 3.

- Durant le vol, la prise de décisions est dite « quand le temps presse », car une décision et une réaction rapides sont nécessaires, souvent en fonction d'une expérience antérieure similaire ou simulée pendant l'entraînement.

D'autres facteurs peuvent avoir une incidence sur la prise de décisions du pilote, comme la pression d'effectuer un vol dans les délais prévus et les répercussions financières en cas d'annulation de contrat. Dans l'événement à l'étude, le vol, qui consistait en une demande en mariage, devait s'effectuer avant le départ de la cliente prévu le 3 octobre en après-midi.

1.18.3.1 Tendances à s'en tenir au plan

Plusieurs biais cognitifs peuvent aussi influencer la prise de décisions par le pilote. On décrit la tendance à s'en tenir au plan comme [traduction] « une tendance cognitive inconsciente consistant à poursuivre les activités prévues malgré des changements de conditions²⁹ » ou [traduction] « une tendance profondément enracinée à poursuivre un plan d'action initial même quand un changement justifie l'adoption d'un nouveau plan³⁰ ». Une fois qu'un plan a été établi et mis en œuvre, il devient plus difficile de reconnaître des stimuli ou des conditions dans l'environnement nécessitant que le plan soit modifié. Souvent, à mesure que la charge de travail augmente, ces stimuli et conditions sont évidents pour des personnes extérieures à la situation. Toutefois, un pilote appliquant un plan peut avoir beaucoup de difficulté à reconnaître l'importance des indices et le besoin de modifier son plan³¹. La tendance à s'en tenir au plan est un facteur qui peut jouer dans la décision de poursuivre un vol dans des conditions météorologiques défavorables.

Dans l'événement à l'étude, le pilote avait prévu effectuer le vol à une altitude de 1200 pieds ASL, mais, en raison de nuages plus bas, il est demeuré à une altitude moyenne de 500 pieds ASL, ce qui réduisait la marge de sécurité disponible en cas d'urgence.

1.18.4 Givrage du carburateur

Dans un moteur à combustion interne, comme celui de l'aéronef à l'étude, le processus de combustion dans le cylindre est basé sur un mélange de carburant et d'air afin d'obtenir un rendement optimal. Pour ce faire, le carburateur transforme le carburant liquide en vapeur et le mélange à l'air pour le rendre combustible.

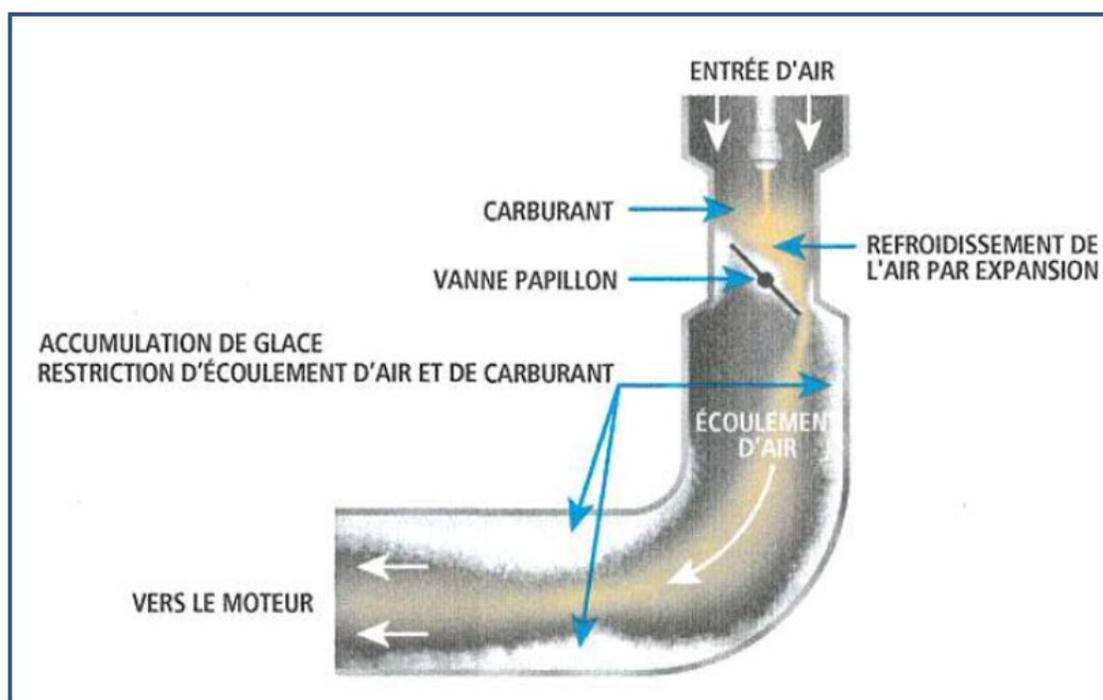
²⁹ K. Dismukes et L. Loukopoulos, « The Limits of Expertise: The Misunderstood Role of Pilot Error in Airline Accidents » (National Aeronautics and Space Administration [NASA] Ames Research Center [ARC], Human Systems Integration Division), à l'adresse humansystems.arc.nasa.gov/flightcognition/article2.htm (dernière consultation le 7 juillet 2022).

³⁰ B. Berman et R. K. Dismukes, « Pressing the approach », *Aviation Safety World*, Flight Safety Foundation, vol. 1, n° 6 (décembre 2006), p. 28 à 33.

³¹ E. Muthard et C. Wickens, « Factors that mediate flight plan monitoring and errors in plan revision: Planning under automated and high workload conditions », article présenté au 12^e *International Symposium on Aviation Psychology* (Dayton [Ohio], États-Unis, du 14 au 17 avril 2003).

Le givrage du carburateur est un phénomène au cours duquel la vapeur d'eau en suspens dans l'air gèle et adhère aux surfaces intérieures du carburateur (figure 4). Ce phénomène se produit lorsque la température de l'air qui entre dans le carburateur diminue à cause de l'effet de la vaporisation du carburant et de la diminution de la pression de l'air produite par l'effet Venturi. Si la température de l'air dans le carburateur chute sous le point de congélation, du givre peut se former sur les surfaces intérieures du carburateur, y compris le papillon des gaz. La formation de givre augmente l'effet de refroidissement Venturi à cause du rétrécissement de la gorge du carburateur, et ce rétrécissement limite le débit du mélange air-carburant, ce qui diminue la puissance de sortie. Le givrage du carburateur se traduit généralement par une perte de puissance et un fonctionnement irrégulier du moteur. Une accumulation de givre en quantité suffisante peut causer une panne de moteur.

Figure 4. Figure illustrant comment la formation de givrage du carburateur peut réduire ou bloquer l'entrée d'air-carburant vers le moteur (Source : Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition [2020], section 3.3.5 : Le givrage du carburateur, image 26).



Un temps humide et une température se situant entre -5 °C et $+30\text{ °C}$ sont propices au givrage du carburateur. Le manuel *Entre ciel et terre* précise ceci :

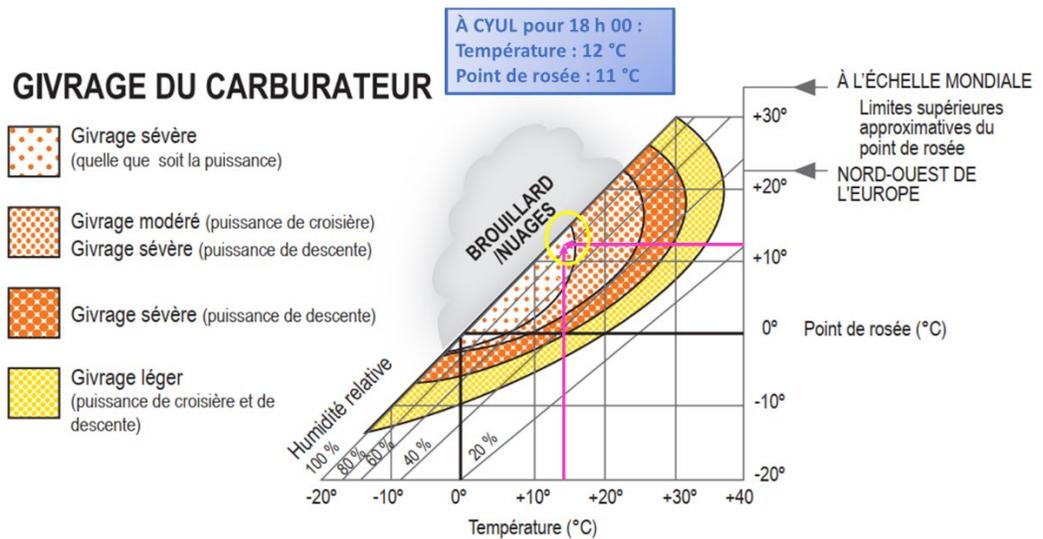
Le carburant liquide doit être transformé en vapeur et mélangé à l'air pour devenir combustible. Ce processus prend place dans le carburateur. La chaleur requise pour transformer le carburant liquide en vapeur est prélevé de l'air qui passe à travers le carburateur pour se rendre au collecteur. Par conséquent, le carburateur est à toutes fins pratiques un réfrigérateur miniature où la température pourrait être de 30 °C inférieure à la température de l'air à l'admission.

Si de plus, cet air renferme beaucoup d'humidité (l'air contient toujours une certaine quantité de vapeur d'eau) le processus de refroidissement provoquera la condensation de la vapeur d'eau qui pourra geler sur toutes les surfaces du carburateur, mais particulièrement sur la vanne papillon. Le givrage peut survenir à des températures extérieures aussi élevées que 30 °C , par temps ensoleillé, sans

apparence de pluie. Une température de 15 °C sera considérée comme très suspecte. L'humidité relative minimale généralement nécessaire à la formation du givrage est de 50 %. Le danger augmente en fonction de l'accroissement de l'humidité³².

Pour savoir si les conditions atmosphériques risquent de produire du givre dans le carburateur, il est possible de se référer à des graphiques comparant la température ambiante extérieure au point de rosée (figure 5).

Figure 5. Diagramme illustrant le givrage du carburateur en fonction des conditions atmosphériques (Source : Transports Canada, TP 14371, Manuel d'information aéronautique de Transports Canada [AIM de TC], AIR – Discipline aéronautique [25 mars 2021], section 2.3, avec annotations du BST).



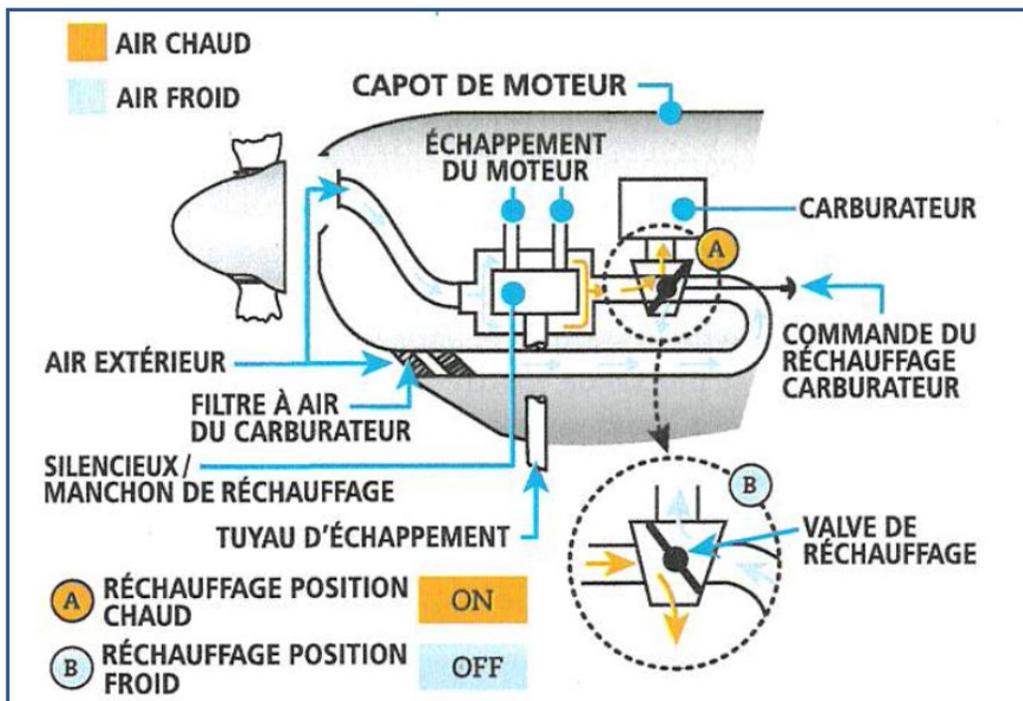
D'après le diagramme ci-dessus, la température et le point de rosée dans la région de Montréal au moment de l'événement étaient propices au givrage sévère du carburateur, et ce, quel que soit le régime moteur.

1.18.4.1 Prévention du givrage du carburateur

Pour éviter le givrage du carburateur, les aéronefs sont équipés d'un dispositif qui réchauffe l'air à l'admission et, ainsi empêche l'accumulation de givre. Le dispositif de réchauffage du carburateur canalise de l'air réchauffé vers la prise d'air du carburateur dans le but de maintenir le mélange air-carburant au-dessus du point de congélation et d'éviter ainsi la formation de givre dans le carburateur (figure 6). Idéalement, cette mesure est utilisée de manière préventive. Par contre, lorsque du givre s'est déjà formé dans le carburateur, le réchauffage du carburateur doit être actionné pour le faire fondre.

³² Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition (2020), section 3.3.5 : Le givrage du carburateur, p. 66.

Figure 6. Système de réchauffage du carburateur (Source : Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition [2020], section 3.3.5 : Le givrage du carburateur, image 27).



Une perte de puissance et un fonctionnement irrégulier du moteur sont les premiers signes de givrage du carburateur. Le réchauffage du carburateur entraîne une baisse de puissance supplémentaire étant donné que l'air chaud entrant dans le carburateur est moins dense que l'air extérieur et que le mélange air-carburant s'en trouve enrichi.

De plus, si une grande quantité de givre se forme dans le carburateur et que le réchauffage du carburateur est réglé au maximum pour le faire fondre, le supplément d'eau issu du givre fondu se retrouve à circuler alors dans le moteur. Le moteur perd davantage de puissance, a encore plus de ratés et peut même caler. Selon l'intensité du givrage, la perte de puissance et les ratés peuvent durer de 30 secondes à plusieurs minutes. Le pilote doit garder le réchauffage à fond jusqu'au retour de la puissance normale et résister à la tentation de le baisser avant cela³³. Si aucune mesure n'est prise pour éliminer l'accumulation de givre, le moteur peut rapidement faire l'objet d'une panne complète.

Lors de l'événement à l'étude, le réchauffage carburateur a été actionné dès les premiers signes de givrage du carburateur. Suite à l'activation du réchauffage carburateur, le moteur a semblé reprendre un peu de puissance avant de subir d'autres ratés et une perte de puissance supplémentaire.

Le givre qui se forme dans un carburateur en vol est rarement encore présent après un écrasement. Néanmoins, les accidents et les incidents liés au givrage du carburateur sont

³³ Federal Aviation Administration (FAA), FAA-H-8083-25B, *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* (24 août 2016), chapitre 7 : Aircraft Systems, p. 7-10.

fréquents en aviation : entre 2005 et 2021, le BST a publié 4 rapports d'enquête dans lesquels ce phénomène était mis en cause³⁴.

1.18.5 Atterrissage forcé

À bien des égards, l'altitude disponible lors d'un atterrissage d'urgence est un facteur déterminant pour la réussite de celui-ci. Dans le cas du vol à l'étude, la perte de puissance du moteur est survenue lorsque l'aéronef se trouvait en palier à environ 500 pieds ASL à basse vitesse et que le régime moteur était élevé, ce qui rendait la manœuvre à exécuter similaire à celle à exécuter après une panne moteur au décollage et laissait peu de temps au pilote pour évaluer la situation.

L'aéronef survolait à ce moment-là le fleuve Saint-Laurent à basse altitude. Le pilote a alors décidé de tenter de se poser sur le pont de la Concorde. Cependant, en raison des travaux de réfection sur celui-ci, il s'est retrouvé devant 2 possibilités : il pouvait continuer sur une trajectoire d'atterrissage ne nécessitant que de légères corrections de cap en vue d'un amerrissage ou bien il pouvait poursuivre un virage pour aller se poser sur l'avenue Pierre-Dupuy.

Le *Manuel de pilotage* de TC indique ce qui suit :

On compte de nombreux exemples de blessures ou de mortalités dans les accidents résultant d'un demi-tour pour se poser sur la piste de l'aérodrome après une panne de moteur suivant le décollage. Comme l'altitude est critique, on a alors tendance à essayer de garder le nez de l'aéronef relevé pendant le virage sans tenir compte de la vitesse et du facteur de charge. Ces mesures ressemblent étrangement à celles qui mènent à une vrille. Un demi-tour vers la piste ou l'aérodrome peut être couronné de succès dans certaines conditions. L'expérience et la prise en considération réfléchie des facteurs suivants sont essentielles pour réussir alors un demi-tour :

1. l'altitude;
2. la finesse du vol plané de l'aéronef;
3. la longueur de la piste;
4. la force du vent et la vitesse sol;
5. l'expérience du pilote;
6. la compétence du pilote sur le type d'avion dont il s'agit³⁵.

Lorsqu'un vol a lieu au-dessus d'une zone qui ne se prête pas à un atterrissage forcé, un plan de gestion des situations d'urgence s'avère utile pour les pilotes. Ce plan devrait prendre en considération plusieurs facteurs, dont le relief, l'altitude, la vitesse de vol plané de l'aéronef, la force des vents et, dans le cas du vol à l'étude, la traînée supplémentaire

³⁴ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0059, A11O0222, A09W0021 et A05P0154 du BST.

³⁵ Transports Canada, TP 1102F, *Manuel de pilotage – Avion*, 4^e édition (1998), Exercice vingt-deux : Atterrissage forcé, paragraphe : Panne moteur à basse altitude, p. 150.

induite par la bannière. Il doit également inclure l'altitude minimale à laquelle le pilote peut tenter un demi-tour afin de revenir au point de départ à la suite d'une panne moteur ou, comme dans le cas du vol à l'étude, tenter un demi-tour pour atterrir sur une route.

Lors du virage final, l'aile gauche de l'aéronef a fauché la cime des arbres. Rien n'indique qu'un décrochage ou qu'une amorce de vrille soient survenus.

2.0 ANALYSE

Le pilote détenait la licence et les qualifications requises pour effectuer le vol. Cependant, son certificat médical était expiré depuis le 1^{er} octobre 2021, soit la veille de l'accident, ce qui lui interdisait d'exercer les privilèges de sa licence et ses qualifications. Rien n'indique que la fatigue ou d'autres facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance du pilote.

L'examen du moteur et des dossiers techniques de l'aéronef n'a révélé aucun problème mécanique susceptible d'avoir causé une perte de puissance partielle ou totale.

Par conséquent, l'analyse portera sur les points suivants :

- la planification du vol;
- la prise de décisions du pilote;
- le givrage du carburateur;
- la procédure d'atterrissage forcé;
- les questions relatives à la survie des occupants.

2.1 Planification du vol

Le pilote de l'événement à l'étude avait communiqué avec le centre d'information de vol (FIC) de Québec afin d'obtenir les conditions météorologiques prévues pour la région de Montréal. Il avait également revérifié les observations météorologiques avant de se rendre à l'aérodrome pour préparer le vol.

Les plafonds nuageux indiqués dans les derniers messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) étaient de 1400 pieds au-dessus du sol (AGL) pour l'aéroport international de Montréal/Pierre Elliott Trudeau (CYUL) et de 900 pieds AGL pour l'aéroport de Montréal/St-Hubert (CYHU). Des nuages épars étaient également signalés à 800 pieds AGL à CYUL.

Les prévisions d'aérodrome (TAF) les plus récentes pour CYUL et CYHU, valides au moment du vol, prévoyaient des plafonds nuageux à 700 pieds AGL; toutefois, les deux TAF prévoyaient également que ces conditions s'amélioreraient temporairement au cours de la période visée. La dernière prévision de zone graphique (GFA) prévoyait un ciel couvert entre 600 et 1200 pieds AGL à l'avant du front chaud, avec un plafond local possible à 300 pieds AGL.

2.2 Prise de décisions du pilote

La planification pré-vol réduit le risque d'erreurs de décision en vol par le pilote, car elle peut l'aider à se préparer à des situations pouvant survenir pendant le vol. Sans planification, le pilote pourrait devoir prendre des décisions dans des situations de stress considérable, ce qui augmenterait le risque qu'il prenne des décisions inadéquates ou incorrectes.

Lorsque les conditions météorologiques se détériorent en vol, ou si elles ne sont pas telles que prévues, les pilotes doivent gérer les risques connexes de façon appropriée au fur et à mesure que leur charge de travail augmente. Par ailleurs, ils doivent savoir quand les conditions ne sont plus propices à la poursuite d'un vol et prendre des mesures décisives.

Afin de respecter les conditions météorologiques minimales pour un vol VFR dans l'espace aérien contrôlé, l'aéronef devait maintenir les distances minimales requises avec les nuages de 500 pieds sur le plan vertical et d'au moins un mille sur le plan horizontal. Cependant, lors du vol à l'étude, le pilote, qui avait planifié le vol à une altitude de 1200 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL), a indiqué, lors de communications avec les tours de contrôle de Montréal et de St-Hubert, qu'il attendait d'être hors des nuages afin de monter à l'altitude prévue, mais a tout de même continué de se diriger vers son point de cible, et ce, à une altitude de 500 pieds ASL.

La tendance à s'en tenir au plan initial est un biais cognitif inconscient qui consiste à suivre le plan d'action initial en dépit des conditions changeantes. Une fois qu'une personne a élaboré un plan et s'est engagée à le suivre, elle peut avoir de plus en plus de difficulté à reconnaître les stimuli ou les conditions qui suggèrent la nécessité de modifier le plan, en particulier pendant les périodes de charge de travail élevée.

De plus, dans le cas du vol à l'étude, des facteurs tels que la pression d'effectuer le vol dans les délais prévus (avant le départ de la cliente prévu le lendemain) ainsi que la nature du vol (une demande en mariage) ont pu avoir une influence sur la décision d'effectuer et de poursuivre le vol prévu et ce, même si les conditions météorologiques étaient défavorables.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Lors de la planification du vol, les prévisions météorologiques indiquaient des conditions défavorables, ce qui rendait le respect des exigences minimales pour un vol VFR difficile; cependant, le pilote a décidé de décoller et de poursuivre le vol à une altitude de 500 pieds ASL, vraisemblablement sous l'influence d'un biais cognitif inconscient et en raison de la contrainte de temps pour effectuer le vol.

2.3 Givrage du carburateur

Le démontage du moteur n'a révélé aucune cause mécanique liée à la perte de puissance.

Selon la température et le point de rosée dans la région de Montréal au moment de l'événement, les conditions étaient propices au givrage sévère du carburateur, et ce, quel que soit le régime moteur. De plus, la présence de précipitations indique une humidité atmosphérique relative élevée, et donc une augmentation des risques de givrage sévère du carburateur. Le givrage du carburateur se traduit généralement par une perte de puissance ainsi qu'un fonctionnement irrégulier du moteur. Lors du vol à l'étude, le pilote a actionné le réchauffage carburateur dès les premiers signes de givrage du carburateur, mais le moteur a alors subi une perte de puissance supplémentaire.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les conditions atmosphériques propices au givrage du carburateur ont fort probablement causé la formation de givre qui aurait réduit la capacité du moteur à produire suffisamment de puissance pour permettre à l'aéronef de maintenir son altitude.

Lorsque du givre se forme dans le carburateur, le réchauffage de celui-ci entraîne initialement une perte de puissance marquée et un fonctionnement irrégulier du moteur. De plus, si une grande quantité de givre se forme dans le carburateur et que le réchauffage du carburateur est réglé au maximum pour la faire fondre, le supplément d'eau issu du givre fondu se retrouve à circuler dans le moteur. Le pilote peut s'attendre à un certain délai, qui peut durer plus de 30 secondes et jusqu'à quelques minutes, avant que le givre soit fondu. Pendant ce temps, le moteur peut perdre davantage de puissance, avoir encore plus de ratés et peut même caler.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En raison de la quantité de givre fort probablement présente dans le carburateur lors de l'activation du réchauffage carburateur, le givre fondu a pénétré dans le moteur sous forme d'eau, ce qui a causé une perte de puissance supplémentaire.

2.4 **Atterrissage forcé**

En vol, quand un problème mécanique survient et nécessite un atterrissage immédiat, les pilotes se retrouvent dans une situation où ils peuvent tenter un atterrissage forcé dans un endroit inapproprié, au risque d'endommager l'aéronef et de subir des blessures, ou peuvent tenter un virage vers un emplacement jugé plus sécuritaire.

Le vol à l'étude s'est déroulé principalement au-dessus d'une zone bâtie et, en raison des conditions nuageuses, le pilote ne pouvait respecter l'altitude minimale de 1000 pieds au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé à une distance horizontale de 2000 pieds ou moins de l'aéronef. Ainsi, en cas d'urgence exigeant un atterrissage immédiat, ses chances d'effectuer un atterrissage sans constituer un danger pour les personnes ou les biens à la surface étaient réduites.

La perte de puissance est survenue lorsque l'aéronef survolait le fleuve Saint-Laurent à basse altitude. Le pilote a alors tenté de se poser sur le pont de la Concorde. Cependant, en raison des travaux de réfection sur celui-ci, il s'est retrouvé devant 2 possibilités : continuer sur une trajectoire d'atterrissage ne nécessitant que de légères corrections de cap en vue d'un amerrissage sur le fleuve ou bien tenter de poursuivre le virage afin de se poser sur l'avenue Pierre-Dupuy.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Afin de demeurer en conditions VFR, le pilote a poursuivi le vol à une altitude de 500 pieds ASL, survolant des zones bâties. Par conséquent, lors de la perte de puissance, les emplacements possibles pour un atterrissage sûr étaient considérablement limités.

Dans le cas à l'étude, en plus de la basse altitude à laquelle l'aéronef se trouvait lorsque la panne de moteur est survenue, le pilote devait considérer la vitesse réduite de l'aéronef en vol, la traînée supplémentaire induite par la bannière ainsi que le taux de descente de l'aéronef. Au moment d'amorcer le virage, l'aéronef se trouvait à une altitude d'environ 400 pieds ASL, laissant peu de marge de manœuvre pour effectuer un virage pour aller se poser sur l'avenue Pierre-Dupuy.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Après la perte de puissance du moteur à basse altitude, l'aéronef a viré à gauche pour tenter d'atterrir sur l'avenue Pierre-Dupuy. Lorsque l'aéronef se trouvait en virage, l'aile gauche a fauché la cime des arbres, l'aéronef s'est mis à faire la roue et a percuté le sol. Un incendie s'est déclaré après l'impact et l'aéronef a été détruit.

2.5**Questions relatives à la survie des occupants**

La réglementation relative à l'utilisation des ceintures de sécurité au Canada exige que la ceinture de sécurité, y compris la ceinture-baudrier le cas échéant, soit portée pendant les déplacements au sol, le décollage et l'atterrissage, et, dans le cas du pilote assis aux commandes, tout le long du vol. Cependant, dans le cas du passager, l'utilisation de la ceinture-baudrier n'était pas requise pendant la partie en route du vol.

Lors du vol à l'étude, ni le pilote ni le passager ne portaient leur ceinture-baudrier. Le pilote, bien que blessé, a réussi à évacuer l'aéronef. Cependant, le passager n'a pu évacuer l'aéronef et a reçu des blessures mortelles. Il est reconnu que, comparativement au port de la ceinture sous-abdominale seule, le port de la ceinture sous-abdominale et de la ceinture-baudrier permet de réduire la probabilité et la gravité de blessures, et particulièrement des blessures au torse dues à l'écartèlement, dans le cas d'un accident.

Les opérations de travail aérien, régies par la sous-partie 702 du RAC, couvrent un éventail de types d'exploitation, dont certains exigent un certificat d'exploitation aérienne, comme c'est le cas du remorquage d'objets et notamment de bannières. Bien que des personnes autres que les membres d'équipage de conduite puissent, dans certains cas, être à bord lors d'opérations de travail aérien, leur présence à bord doit être essentielle pendant le vol en raison des risques inhérents à ce type d'opérations. Dans le cas du vol à l'étude, le passager ne répondait pas aux exigences relatives aux personnes essentielles pour le vol, et AEROGRAM ne détenait pas l'autorisation spéciale exigée pour le transport de personnes.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le passager, qui ne répondait pas aux exigences relatives aux personnes essentielles pour le vol, ne portait pas sa ceinture-baudrier au moment de l'impact et a reçu des blessures mortelles lors de l'impact ou de l'incendie qui a suivi.

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. Lors de la planification du vol, les prévisions météorologiques indiquaient des conditions défavorables, ce qui rendait le respect des exigences minimales pour un vol selon les règles de vol à vue difficile; cependant, le pilote a décidé de décoller et de poursuivre le vol à une altitude de 500 pieds au-dessus du niveau de la mer, vraisemblablement sous l'influence d'un biais cognitif inconscient et en raison de la contrainte de temps pour effectuer le vol.
2. Les conditions atmosphériques propices au givrage du carburateur ont fort probablement causé la formation de givre qui aurait réduit la capacité du moteur à produire suffisamment de puissance pour permettre à l'aéronef de maintenir son altitude.
3. En raison de la quantité de givre fort probablement présente dans le carburateur lors de l'activation du réchauffage carburateur, le givre fondu a pénétré dans le moteur sous forme d'eau, ce qui a causé une perte de puissance supplémentaire.
4. Afin de demeurer en conditions de règles de vol à vue, le pilote a poursuivi le vol à une altitude de 500 pieds au-dessus du niveau de la mer, survolant des zones bâties. Par conséquent, lors de la perte de puissance, les emplacements possibles pour un atterrissage sûr étaient considérablement limités.
5. Après la perte de puissance du moteur à basse altitude, l'aéronef a viré à gauche pour tenter d'atterrir sur l'avenue Pierre-Dupuy. Lorsque l'aéronef se trouvait en virage, l'aile gauche a fauché la cime des arbres, l'aéronef s'est mis à faire la roue et a percuté le sol. Un incendie s'est déclaré après l'impact et l'aéronef a été détruit.
6. Le passager, qui ne répondait pas aux exigences relatives aux personnes essentielles pour le vol, ne portait pas sa ceinture-baudrier au moment de l'impact et a reçu des blessures mortelles lors de l'impact ou de l'incendie qui a suivi.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

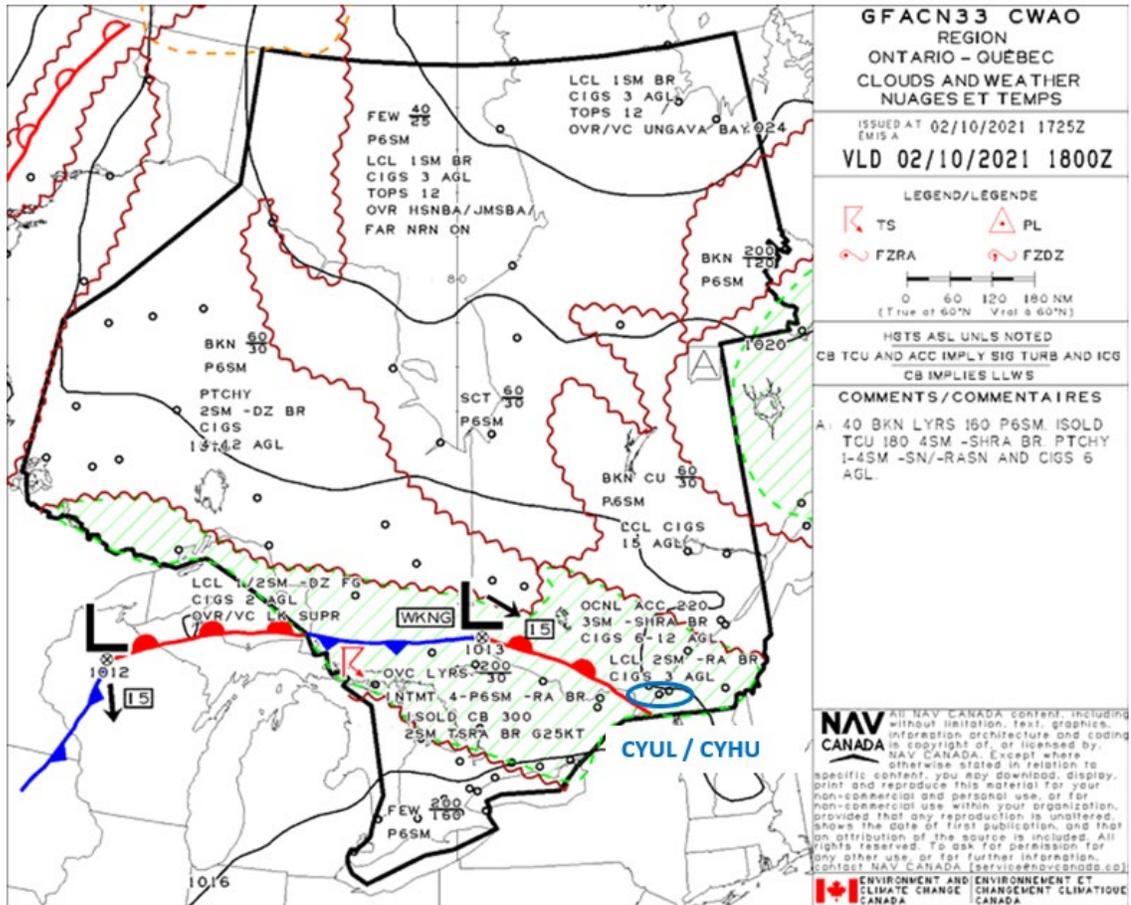
Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 11 janvier 2023. Le rapport a été officiellement publié le 25 janvier 2023.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (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.

ANNEXES

Annexe A – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique GFACN33 émise à 13 h 25 (heure avancée de l’Est) le 2 octobre 2021



Source : Environnement Canada et Changement climatique Canada, avec annotations du BST

Annexe B – Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis pour l'aéroport international de Montréal/Pierre Elliott Trudeau le 2 octobre de 14 h à 17 h

Heure de publication	Direction du vent (°T)	Vitesse du vent (nœuds)	Visibilité (SM)	Précipitations	Couches nuageuses*			Température (°C)	Point de rosée (°C)	Altimètre (pouces de mercure)
					Première	Deuxième	Troisième			
14 h 00	070	6	15	Faible pluie	800 pi; nuages fragmentés	1300 pi; nuages fragmentés	3000 pi; ciel couvert	12	11	29,98
14 h 14	050	7	15	Faible pluie	800 pi; nuages épars	1200 pi; nuages fragmentés	2000 pi; ciel couvert	12	11	29,97
15 h 00	050	9	15	Faible pluie	700 pi; quelques nuages	1300 pi; nuages fragmentés	2000 pi; ciel couvert	12	11	29,97
16 h 00	040	9	15	Faible pluie	800 pi; quelques nuages	1200 pi; nuages fragmentés	2000 pi; ciel couvert	12	11	29,98
16 h 52	040	9	15	Faible bruine	700 pi; quelques nuages	1300 pi; nuages fragmentés	2200 pi; ciel couvert	12	11	29,97
17 h 00	050	8	15	Faible bruine	800 pi; quelques nuages	1400 pi; nuages fragmentés	2200 pi; ciel couvert	12	11	29,99

* La base de la couche nuageuse est indiquée comme étant la hauteur au-dessus de la station par tranches de 100 pieds jusqu'à une hauteur de 10 000 pieds, puis par tranches de 1000 pieds. Les couches nuageuses sont indiquées en huitièmes (octas) de ciel couvert comme suit : « quelques nuages » (qq) correspond à une épaisseur cumulative de moins de 1/8 à 2/8; « épars » correspond à une épaisseur cumulative de 3/8 à 4/8; « fragmenté » (frag) correspond à une épaisseur cumulative de 5/8 à moins de 8/8; « ciel couvert » correspond à une épaisseur cumulative de 8/8.

Annexe C – Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis pour l'aéroport Montréal/St-Hubert le 2 octobre 2021 de 14 h à 17 h

Heure de publication	Direction du vent (°T)			Vitesse du vent (nœuds)	Visibilité (SM)	Précipitations	Couches nuageuses*			Température (°C)
							Première	Deuxième	Troisième	
14 h 00	070			5	9	Faible pluie	900 pi; nuages fragmentés	5500 pi; ciel couvert	Aucune	12
14 h 49	050			5	9	Faible pluie	1300 pi; ciel couvert	Aucune	Aucune	12
15 h 00	050			5	7	Faible pluie	900 pi; quelques nuages	1300 pi; ciel couvert	Aucune	12
16 h 00	040			5	9	Aucune	2100 pi; ciel couvert	Aucune	Aucune	13
16 h 40	030			8	9	Faible pluie	900 pi; nuages épars	1800 pi; nuages fragmentés	2400 pi; ciel couvert	13
17 h 00	040			6	3	Faible pluie et brume	900 pi; nuages fragmentés	1400 pi; nuages fragmentés	2100 pi; ciel couvert	12

* La base de la couche nuageuse est indiquée comme étant la hauteur au-dessus de la station par tranches de 100 pieds jusqu'à une hauteur de 10 000 pieds, puis par tranches de 1000 pieds. Les couches nuageuses sont indiquées en huitièmes (octas) de ciel couvert comme suit : « quelques nuages » (qq) correspond à une épaisseur cumulative de moins de 1/8 à 2/8; « épars » correspond à une épaisseur cumulative de 3/8 à 4/8; « fragmenté » (frag) correspond à une épaisseur cumulative de 5/8 à moins de 8/8; « ciel couvert » correspond à une épaisseur cumulative de 8/8.