



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19Q0153

PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF DE NUIT

Cargair Itée
Cessna 172M, C-GSEN
Racine (Québec)
4 septembre 2019

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 au www.bst.gc.ca.

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

CONDITIONS D'UTILISATION

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

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

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

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

Avisez le BST par écrit si ces documents sont utilisés ou pourraient être utilisés dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu 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 A19Q0153* (publié le 23 mars 2021).

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
www.bst.gc.ca
communications@tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2021

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19Q0153

N° de cat. TU3-10/19-0153F-PDF

ISBN 978-0-660-37935-7

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	2
1.1 Déroulement du vol	2
1.2 Personnes blessées	4
1.3 Dommages à l'aéronef	4
1.4 Autres dommages	4
1.5 Renseignements sur le personnel	5
1.6 Renseignements sur l'aéronef	5
1.7 Renseignements météorologiques	6
1.7.1 Observations de surface	6
1.7.2 Prévisions de zone graphique	7
1.7.3 Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome et prévisions d'aérodrome pour l'aéroport de Sherbrooke	8
1.8 Aides à la navigation	10
1.9 Communications	10
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	10
1.11 Enregistreurs de bord	10
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	10
1.12.1 Site de l'accident	10
1.12.2 Analyse des instruments	11
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	12
1.14 Incendie	12
1.15 Possibilités de survie	12
1.15.1 Généralités	12
1.15.2 Radiobalise de repérage d'urgence	13
1.16 Essais et recherches	14
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	14
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	15
1.18 Renseignements supplémentaires	15
1.18.1 Vol de nuit	15
1.18.2 Prise de décisions du pilote	18
1.18.3 Conditions météorologiques défavorables la nuit	20
1.18.4 Désorientation spatiale	21
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	23
2.0 Analyse	24
2.1 Introduction	24
2.2 Planification du vols et supervision par l'instructeur de vol	24
2.3 Prise de décisions en vol	25
2.3.1 Poursuite d'un vol selon les règles de vol à vue dans des conditions météorologiques de vol aux instruments	25
2.4 Expérience limitée en vol de nuit selon les règles de vol à vue	26
2.5 Désorientation spatiale	26

2.6	Réglementation des vols de nuit	27
3.0	Faits établis	29
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	29
3.2	Faits établis quant aux risques	29
4.0	Mesures de sécurité	30
4.1	Mesures de sécurité prises	30
4.1.1	Cargair Itée	30
Annexes	31
	Annexe A – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique (GFA) – GFACN33 émise à 13 h 31 (heure avancée de l’Est)	31
	Annexe B – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique (GFA) – GFACN33 émise à 19 h 11 (heure avancée de l’Est)	32

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19Q0153

PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF DE NUIT

Cargair Itée
Cessna 172M, C-GSEN
Racine (Québec)
4 septembre 2019

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 ii.

Résumé

Le 4 septembre 2019, à 21 h 03 (heure avancée de l'Est), l'aéronef Cessna 172M (immatriculation C-GSEN, numéro de série 17264779) exploité par Cargair Itée a décollé de l'aéroport international de Montréal (Mirabel) à destination de l'aéroport de Sherbrooke, tous deux au Québec, pour un vol aller-retour de nuit selon les règles de vol à vue. La pilote était seule à bord. À 21 h 47, alors qu'il se trouvait à environ 19 milles marins au nord-ouest de l'aéroport de Sherbrooke, l'aéronef est entré dans des conditions météorologiques de vol aux instruments et a disparu des radars. L'épave a été retrouvée le 7 septembre 2019 dans une zone très densément boisée près de Racine (Québec). L'aéronef a heurté des arbres et a été détruit par les forces d'impact. La pilote a subi des blessures mortelles lors de l'impact. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. Aucun signal provenant de la radiobalise de repérage d'urgence n'a été capté.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Dans la soirée du 4 septembre 2019, la pilote dans l'événement à l'étude s'est présentée au bureau de Cargair Ltée (Cargair) situé à l'aéroport international de Montréal (Mirabel) (CYMX), au Québec, en compagnie d'une autre pilote¹ pour se préparer à effectuer un vol de nuit selon les règles de vol à vue (VFR). Après avoir examiné les renseignements météorologiques, elles se sont préparées pour un vol à destination de l'aéroport de Sherbrooke (CYSC), au Québec, afin d'y effectuer un posé-décollé, puis de revenir à CYMX. Les 2 pilotes allaient effectuer le même vol, mais dans des aéronefs distincts.

Vers 20 h², les pilotes ont révisé le plan de vol et les conditions météorologiques en compagnie d'un instructeur de vol et, après avoir consulté le chef instructeur de vol, le vol a été autorisé.

À 21 h 01, l'autre pilote a quitté CYMX à bord d'un aéronef Cessna 172M exploité par Cargair (immatriculation C-GUCU). La pilote dans l'événement à l'étude a décollé de CYMX à 21 h 03 à bord d'un autre Cessna 172M exploité par Cargair (immatriculation C-GSEN).

À 21 h 06 min 10 s, une fois l'aéronef à l'étude en vol et hors de la zone d'utilisation de fréquence obligatoire (MF) de CYMX, la pilote dans l'événement à l'étude a communiqué avec le contrôleur du centre de contrôle régional (ACC) de Montréal et a fait une demande de route directe vers CYSC. Le contrôleur a fourni des vecteurs pour s'assurer que l'aéronef puisse éviter les aéronefs arrivant à l'aéroport international Pierre Elliott Trudeau de Montréal et a donné l'instruction à la pilote dans l'événement à l'étude de monter à une altitude de 2500 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL). Quelques minutes plus tard, le contrôleur lui a donné l'instruction de monter à 3000 pieds ASL.

À 21 h 11 min 38 s, le contrôleur a fourni à la pilote dans l'événement à l'étude des renseignements sur le trafic aérien³ concernant l'autre Cessna 172M de Cargair, qui se trouvait à environ 1 mille marin (NM) devant l'aéronef à l'étude. Les 2 aéronefs se trouvaient à une altitude de 3000 pieds ASL. La pilote dans l'événement à l'étude a confirmé que l'autre aéronef de Cargair était dans son champ visuel.

Vers 21 h 15, le contrôleur a donné à l'aéronef C-GSEN l'instruction de se rendre directement à CYSC.

¹ Les 2 pilotes avaient récemment obtenu leur licence de pilote privé et avaient accumulé les heures nécessaires pour obtenir une annotation de qualification de vol de nuit.

² Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

³ Les renseignements sur le trafic sont des « [r]enseignements transmis par les ATS [service de la circulation aérienne] aux pilotes pour les prévenir de la présence d'autres aéronefs connus ou observés pouvant se trouver à proximité de leur position ou de leur route projetée ». (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques TERMINAV, à l'adresse <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 17 juillet 2020].)

À 21 h 19 min 13 s, le contrôleur a donné l'instruction à la pilote dans l'événement à l'étude de monter à 3500 pieds ASL et lui a fourni la position de l'autre aéronef de Cargair, qui se trouvait toujours à environ 1 NM devant l'aéronef à l'étude et qui montait aussi à 3500 pieds ASL.

Vers 21 h 24, les 2 pilotes ont été informées qu'elles quittaient l'espace aérien contrôlé et ont reçu l'instruction de passer à la fréquence en route^{4,5}.

L'aéronef à l'étude se déplaçait un peu plus rapidement que l'autre aéronef de Cargair et, vers 21 h 32, l'aéronef à l'étude a dépassé l'autre aéronef de Cargair. Les 2 aéronefs ont poursuivi le vol en direction de CYSC, l'aéronef à l'étude devant l'autre aéronef de Cargair.

Vers 21 h 42, l'aéronef à l'étude est entré dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC)⁶, et a descendu à une altitude de 3000 pieds ASL afin de revenir à des conditions météorologiques de vol à vue (VMC). L'autre aéronef de Cargair est entré dans les mêmes conditions et a aussi effectué une descente. Les 2 aéronefs se trouvaient à environ 32 NM au nord-ouest de CYSC à ce moment-là et ont poursuivi le vol en direction de CYSC en palier à 3000 pieds ASL.

Peu de temps après être descendu à 3000 pieds ASL, l'aéronef à l'étude est sorti du champ visuel de la pilote de l'autre aéronef de Cargair, alors que l'aéronef à l'étude est entré pour une seconde fois dans des IMC. À 21 h 47, l'aéronef à l'étude a disparu des radars alors qu'il se trouvait à quelque 19 NM au nord-ouest de CYSC. L'autre aéronef de Cargair est également entré dans des IMC une seconde fois, à la suite de quoi la pilote a décidé de retourner à CYMX.

L'épave de l'aéronef à l'étude a été retrouvée le 7 septembre 2019, soit 3 jours plus tard, dans une zone très densément boisée près de Racine, au Québec (figure 1), à une élévation de 887 pieds ASL. L'aéronef avait heurté des arbres et été détruit par les forces d'impact. La pilote a subi des blessures mortelles lors de l'impact. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. Aucun signal provenant de la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) n'a été capté.

⁴ Comme il est indiqué dans le *Manuel d'information aéronautique* de Transports Canada : « Les pilotes en vol VFR [règles de vol à vue] en route dans l'espace aérien non contrôlé ou en vol VFR sur une voie aérienne devraient être continuellement à l'écoute de la fréquence 126,7 MHz lorsqu'ils ne communiquent pas sur la MF [fréquence obligatoire] ou l'ATF [fréquence de trafic d'aérodrome], et devraient, dans la mesure du possible, diffuser leurs identification, position, altitude et intentions sur cette même fréquence pour avertir les autres aéronefs en vol VFR ou IFR [règles de vol aux instruments] qui peuvent se trouver dans les parages. » (Source : Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* [AIM de TC], RAC — Règles de l'air et services de la circulation aérienne [le 10 octobre 2019], section 5.1.)

⁵ Aucune mise à jour météorologique n'a été fournie à l'aéronef à ce moment-là.

⁶ « Conditions météorologiques exprimées en fonction de la visibilité et de la distance par rapport aux nuages, qui sont inférieures aux minimums précisés [pour le vol VFR du Règlement de l'aviation canadien]. » (Source : Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 101.01.)

Figure 1. Vue aérienne de l'emplacement de l'épave (Source : Sûreté du Québec)



1.2 Personnes blessées

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Équipage	Passagers	Personnes au sol	Total par gravité
Mortelles	1	0	0	1
Graves	0	0	0	0
Légères	0	0	0	0
Total	1	0	0	1

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été détruit par les forces d'impact. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

1.4 Autres dommages

L'impact de l'aéronef à l'étude s'est produit dans une zone densément boisée. Plusieurs arbres ont été endommagés par l'impact. L'enquête n'a pas permis de déterminer la quantité de carburant qui s'est déversé en raison du temps écoulé entre l'accident et l'arrivée du personnel de recherche et de sauvetage.

1.5 Renseignements sur le personnel

La pilote était titulaire d'une licence de pilote privé - avion délivrée en juillet 2019 et d'un certificat médical de catégorie 3 valide. Elle avait accumulé les heures nécessaires pour obtenir une annotation de qualification de vol de nuit⁷ le 27 août 2019. Même si la pilote était certifiée et qualifiée pour le vol conformément à la réglementation en vigueur, au moment de l'événement, sa licence n'avait pas encore été annotée d'une qualification de vol de nuit. Voir la section 1.18.1.2 pour plus de détails sur l'annotation de qualification de vol de nuit.

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Pilote
Licence de pilote	Licence de pilote privé
Date du vol de qualification pour l'obtention de la qualification de vol de nuit*	27 août 2019
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} septembre 2023
Heures de vol total	87,2
Heures de vol sur type	87,2
Heures de vol total, vol en duo	64,7
Heures de vol total, vol en solo	22,5
Heures de vol, vol en duo de nuit	6,9
Heures de vol, vol en solo de nuit	5,3
Heures de vol, vol aux instruments	12,6

* Selon le *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 101.01(1), la nuit est « [l]a période qui se situe entre la fin du crépuscule civil du soir et le début du crépuscule civil du matin ». Le 4 septembre 2019, le crépuscule civil a pris fin à 19 h 50 à Sherbrooke (Québec).

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. La masse et le centre de gravité de l'aéronef étaient en deçà des limites prescrites au moment de l'événement. Rien n'indiquait une défaillance de la cellule ou un mauvais fonctionnement d'un système avant ou pendant le vol.

Table 3. Renseignements sur l'aéronef

Fabricant	Cessna Aircraft Company
Type, modèle et immatriculation	Cessna 172M, C-GSEN
Année de construction	1975
Numéro de série	17264779
Date d'émission du certificat de navigabilité	24 mars 2004

⁷ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 421 - Permis, licences et qualifications des membres d'équipage de conduite, Section XII — Qualification de vol de nuit, paragraphe 421.42(1).

Total d'heures de vol cellule	14 404,1
Type de moteur (nombre de moteurs)	Lycoming O-320E2D (1)
Type d'hélice ou de rotor (nombre)	McCauley FP/1C160/DTM (1)
Masse maximale autorisée au décollage	2300 lb
Type(s) de carburant(s) recommandé(s)	100/130, 100LL
Type de carburant utilisé	100 LL

1.7 Renseignements météorologiques

Environnement et Changement climatique Canada a réalisé une analyse exhaustive des conditions météorologiques dans la région de Racine (Québec) au moment de l'événement à l'étude⁸. Les sections suivantes du présent rapport sont fondées sur l'analyse d'Environnement et Changement climatique Canada ainsi que sur les informations météorologiques pour l'aviation auxquelles les pilotes ont accès en ligne ou en communiquant avec un spécialiste de l'information de vol.

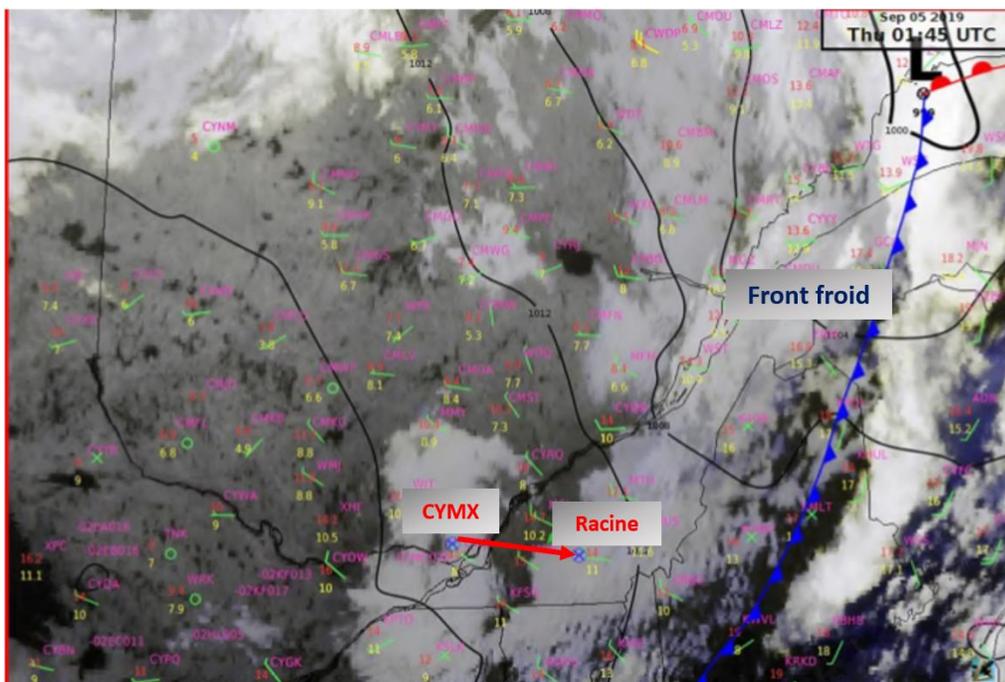
1.7.1 Observations de surface

Le 4 septembre 2019 à 20 h, le centre d'un système de basse pression se trouvait près de la Gaspésie, à environ 60 NM au nord-est de l'aéroport de Mont-Joli (Québec). À partir de ce système, un front chaud s'étendait vers l'est jusque dans l'est du Québec et un front froid s'étendait vers le sud jusqu'à l'État du Maine, aux États-Unis. Une crête de haute pression, située à l'ouest, s'était déplacée vers l'est pour étendre son emprise sur le sud-ouest du Québec. À 21 h, avant le départ de CYMX de l'aéronef à l'étude, la zone située entre CYMX et CYSC restait sous une couche nuageuse de stratocumulus derrière le front froid. Malgré la diminution de la vitesse des vents et même si le ciel commençait à être dégagé à CYMX, le ciel demeurait couvert près de CYSC, avec des rafales de vent venant de l'ouest.

À peu près au moment de l'événement, et à proximité du lieu de l'événement, les images radar de précipitations de pluie montraient un nuage de convection embriqué dans les stratocumulus, ainsi que de possibles légères averses. Les images montraient également la présence d'un étroit cumulus bourgeonnant embriqué dans la couche de stratocumulus (figure 2).

⁸ Environnement et Changement climatique Canada, *Meteorological Assessment 4-5 September 2019, Racine, Québec* (26 novembre 2019).

Figure 2. Imagerie satellite multispectrale valide le 4 septembre 2019 à 21 h 45 représentant un front froid (Source : Environnement et Changement climatique Canada, avec annotations du BST)



1.7.2 Prévisions de zone graphique

Les cartes de prévision de zone graphique (GFA) indiquent les conditions météorologiques générales à venir pour une zone géographique donnée⁹. Le jour de l'événement à l'étude, une carte Nuages et temps publiée à 13 h 31 et valide à 20 h montrait un système à basse pression situé près de Baie-Comeau, dans l'est du Québec, avec un front froid s'étendant vers le sud jusqu'aux États-Unis, qui se déplaçait vers l'est à 20 nœuds. On prévoyait que le front froid se trouverait à l'ouest de CYSC à 20 h (annexe A).

Les prévisions faisaient état des conditions suivantes à proximité du front froid :

- plafonds de nuages fragmentés à 3000 pieds ASL et des sommets à 24 000 pieds ASL;
- visibilité variable de 4 milles terrestres (SM) à plus de 6 SM;
- légère pluie et brume;
- altocumulus castellanus occasionnel avec des sommets à 22 000 pieds, offrant une visibilité de 2 SM dans de légères averses de pluie;
- plafonds fragmentés de 300 à 600 pieds au-dessus du sol (AGL);
- nuages cumulonimbus isolés avec des sommets à 36 000 pieds ASL, offrant une visibilité de 1 SM dans des orages violents et de la brume;

⁹ Les prévisions de zone graphique sont émises 4 fois par jour et leur période de validité est de 12 heures. Deux cartes sont émises pour chaque période indiquée : 1 carte décrit les nuages et les conditions météorologiques, et l'autre décrit le givrage, la turbulence et les niveaux de congélation.

- vents soufflant en rafale pouvant atteindre 35 nœuds.

Derrière le front froid, les prévisions étaient les suivantes :

- plafonds de nuages fragmentés à 3000 pieds ASL et des sommets à 6000 pieds ASL;
- visibilité de plus de 6 SM;
- altocumulus castellanus isolés avec des sommets à 20 000 pieds ASL et une visibilité de plus de 6 SM dans de légères averses de pluie et de la brume;
- au-dessus des sections est et sud, des plafonds locaux à 1500 pieds AGL.

À 19 h 11, une GFA révisée (annexe B) a été émise avec des conditions semblables à celles de la GFA émise à 13 h 31, avec les exceptions suivantes :

- on prévoyait que le front froid se trouverait à l'est de CYSC à 20 h;
- au-dessus des sections est et sud, cumulus bourgeonnant isolé avec des sommets à 8000 pieds ASL, visibilité de 5 SM dans de légères averses de pluie et de la brume, et plafonds de nuages fragmentés de 800 à 1500 pieds AGL.

1.7.3 Messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome et prévisions d'aérodrome pour l'aéroport de Sherbrooke

Les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) pour CYSC sont recueillis par un système automatisé d'observations météorologiques (AWOS). Les METAR et les messages d'observation météorologique spéciale d'aérodrome (SPECI) qui sont fondés sur les données recueillies à partir d'un système automatique contiennent le qualificatif AUTO.

Le METAR AUTO pour CYSC, publié à 20 h le 4 septembre 2019, indiquait ce qui suit :

- vents soufflant du 280° vrais (V) à 17 nœuds avec rafales atteignant 29 nœuds;
- visibilité supérieure à 9 SM;
- quelques nuages à 2800 pieds AGL, un plafond de nuages fragmentés à 3900 pieds AGL et un couvert nuageux à 4800 pieds;
- température de 17 °C et point de rosée de 12 °C;
- calage altimétrique de 29,85 pouces de mercure.

À 20 h 58, quelques minutes avant le départ de l'aéronef de CYMX, un SPECI a été émis. Il indiquait ce qui suit :

- vents soufflant du 280°V à 11 nœuds avec rafales atteignant de 22 nœuds;
- visibilité supérieure à 9 SM;
- plafond de nuages fragmentés à 2100 pieds AGL, avec couches supplémentaires de nuages fragmentés à 3200 pieds AGL et à 4900 pieds AGL;
- température de 15 °C et point de rosée de 12 °C;
- calage altimétrique de 29,92 pouces de mercure.

Entre 21 h et 22 h, alors que l'aéronef à l'étude était en vol, l'AWOS a diffusé 4 SPECI, à 21 h 01, 21 h 12, 21 h 15 et 21 h 38, indiquant des changements dans la couverture nuageuse. Les séquences météorologiques sont indiquées au tableau 4.*

Tableau 4. Messages d'observation météorologique d'aérodrome (METAR) et messages d'observation météorologique spéciale d'aérodrome (SPECI) émis pour l'aéroport de Sherbrooke

Rapport météorologique		Vents		Visibilité (SM)	Précipitations	Couches nuageuses*			Température (°C)	Point de rosée (°C)	Altimètre (po Hg)
Type	Heure de publication	Direction (°T)	Vitesses du vent et des rafales (G)(nœuds)			Première	Deuxième	Troisième			
METAR	21 h 00	290	10G22	9	Aucune	2300 pi; frag*	3200 pi; frag	4900 pi; couvert	15	12	29,91
SPECI	21 h 01	290	10G22	9	Aucune	2300 pi; épars	2700 pi; frag	4900 pi; couvert	15	12	29,91
SPECI	21 h 12	280	20	9	Aucune	2100 pi; épars	3200 pi; frag	-----	15	11	29,92
SPECI	21 h 15	280	13G24	9	Pluie légère	2300 pi; qq	3000 pi; couvert	-----	14	11	29,92
SPECI	21 h 38	280	12G23	9	Aucune	3200 pi; couvert	-----	-----	14	11	29,94
METAR	22 h 00	280	13	9	Aucune	2300 pi; qq	3400 et 4200 pi; frag	5000 pi; couvert	14	11	29,95

* 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; « fragmentée » (frag) correspond à une épaisseur cumulative de 5/8 à moins de 8/8; « ciel couvert » correspond à une épaisseur cumulative de 8/8.

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 si elles ne correspondent plus aux conditions en cours ou prévues (autrement dit, s'il y a amélioration ou détérioration des conditions).

La TAF émis pour CYSC à 19 h 43 le 4 septembre 2019, qui était valide de 20 h à 23 h, prévoyait les conditions suivantes :

- vents soufflant du 270°V à 15 nœuds avec des rafales à 25 nœuds;
- visibilité de plus de 6 SM;
- plafond de nuages fragmentés à 4000 pieds AGL;
- couche nuageuse fragmentée à 7000 pieds AGL;
- un changement graduel des vents était prévu entre 20 h et 22 h, lorsqu'il était prévu que les vents du 280°V diminuent à 10 nœuds.

1.8 Aides à la navigation

La pilote utilisait l'application mobile ForeFlight sur une tablette électronique aux fins de navigation et avait un compte en ligne ForeFlight actif. Lorsqu'activée par le pilote, l'application permet d'enregistrer certaines données de vol, comme la vitesse, l'altitude et l'itinéraire, en utilisant la fonction GPS (système de positionnement global) de l'appareil mobile. Le compte permet de stocker les renseignements des vols précédents, si cette option est activée. En général, les données sont stockées dans la mémoire interne de l'appareil mobile utilisé et sont ensuite transférées au compte lorsqu'on connecte l'appareil au Wi-Fi ou, dans certains cas, à un réseau cellulaire.

Bien que ForeFlight soit largement utilisée par les pilotes, elle ne fait pas partie du programme pour la licence de pilote privé, et il n'existe aucune exigence réglementaire qui obligerait les unités de formation au pilotage à l'inclure dans leur programme. Toutefois, en vol solo chez Cargair, un pilote titulaire d'une licence a la possibilité d'utiliser ForeFlight comme aide à la navigation.

Les données du vol à l'étude étaient vraisemblablement toujours contenues dans la mémoire interne de la tablette électronique au moment de l'accident. Cependant, la tablette électronique n'a pas pu être récupérée de l'épave, et les spécialistes du Laboratoire d'ingénierie du BST n'ont pas pu récupérer les données de l'appareil mobile de la pilote utilisé pour connecter la tablette à l'internet, l'appareil ayant été lourdement endommagé par les forces d'impact.

1.9 Communications

Aucun message de détresse n'a été entendu ou enregistré sur la fréquence d'urgence 121,5 MHz.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef à l'étude n'était pas équipé d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, et la réglementation ne l'exigeait pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Site de l'accident

Le site de l'accident se trouvait dans une zone très densément boisée près de Racine (Québec). Les ailes de l'aéronef ont d'abord frappé 2 grands conifères. Les dommages sur les arbres indiquent que l'aéronef se déplaçait à grande vitesse, dans une assiette latérale en piqué, avant de percuter les arbres (figure 3).

Figure 3. Vue vers la trajectoire de vol des dommages causés aux arbres par l'aéronef à l'étude (Source : Sûreté du Québec, avec annotation du BST)



Après le premier impact, l'aéronef a percuté un feuillu de plein fouet. Le fuselage a enveloppé le tronc de l'arbre avant que l'aéronef percute le sol et s'immobilise à l'envers, derrière l'arbre. Toutes les gouvernes ont été retrouvées, éparpillées dans un périmètre restreint à partir du point d'impact, ce qui indique que l'aéronef s'est désintégré à l'impact et non en vol. Il n'y avait aucun signe de panne d'équipement ou de défaillance de composants avant l'impact.

Les dommages à l'hélice ainsi que le nombre et la proximité des marques d'hélice sur le tronc d'arbre étaient caractéristiques d'un moteur en marche au moment de l'impact. La manette des gaz a été découverte à la position de puissance maximale.

1.12.2 Analyse des instruments

Les instruments récupérés de l'épave ont été envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario), aux fins d'analyse. Les dommages observés sur les instruments étaient révélateurs de forces de décélération élevées au moment de l'impact. Même si le verre protecteur sur les instruments était manquant ou brisé et que les cadrans étaient déformés, le tachymètre moteur, l'anémomètre, l'indicateur de vitesse verticale et le gyroscope directionnel ont été examinés.

1.12.2.1 Tachymètre moteur

Le tachymètre moteur a été retrouvé avec l'aiguille manquante. Le laboratoire du BST a procédé à un examen microscopique du cadran du tachymètre, et on a observé une marque laissée par l'aiguille sur le cadran, allant de l'axe de l'aiguille jusqu'au bord gradué du cadran, indiquant 2850 tr/min, soit 150 tr/min au-delà de la limite indiquée par une ligne rouge. Le tachymètre moteur est un instrument mécanique lié par un arbre d'entraînement

flexible au boîtier d'entraînement du tachymètre moteur; ainsi, il n'a pas besoin d'alimentation électrique pour fonctionner. Il indique le nombre de tours-minute tant que le moteur tourne. Par conséquent, les marques témoins de 2850 tr/min laissées par l'aiguille sur le cadran sont considérées comme une représentation exacte des tours du moteur au moment de l'impact.

1.12.2.2 **Anémomètre**

L'anémomètre a été trouvé toujours fixé au tableau de bord. Même si l'aiguille était manquante, l'examen a révélé une paire de lignes parallèles, à peine visibles, qui ont peut-être été causées par le contact entre l'aiguille et le cadran. Ces lignes se trouvaient à la hauteur approximative de la butée à 200 mi/h sur l'anémomètre (vitesse indiquée en nœuds [KIAS] de 174), ce qui indique que l'aéronef avait probablement dépassé la vitesse à ne pas dépasser (VNE) de 184 mi/h (160 KIAS).

1.12.2.3 **Indicateur de vitesse verticale**

L'indicateur de vitesse verticale a été lourdement endommagé; cependant, un examen microscopique a révélé une séquence de marques d'impact, à peine visibles, disposées de façon radiale à partir du centre du cadran, qui indiquaient un taux de descente approximatif de 1900 pi/min, approchant la vitesse maximale indiquée de descente de 2000 pi/min.

1.12.2.4 **Gyroscope directionnel**

Le gyroscope directionnel, ou conservateur de cap, comprend un gyroscope orienté de manière à maintenir sa position en azimut et, par des engrenages, contrôle une rose compas située derrière un verre protecteur devant l'instrument. À mesure que l'aéronef change de cap, la rose compas tourne en conséquence. L'examen du gyroscope directionnel a permis de déterminer que l'instrument avait un cap enregistré d'environ 280° au moment de l'impact, ce qui représente un changement de direction de 165° par rapport au dernier cap radar de l'aéronef à l'étude, soit 115°.

1.13 **Renseignements médicaux et pathologiques**

Rien n'indiquait que le rendement de la pilote avait été compromis par la fatigue ou par tout autre facteur médical, pathologique ou physiologique préexistant.

1.14 **Incendie**

Il n'y avait aucune indication d'incendie avant ou après l'impact.

1.15 **Possibilités de survie**

1.15.1 **Généralités**

Après avoir perdu de vue l'aéronef à l'étude, la pilote de l'autre aéronef de Cargair a tenté de joindre l'aéronef à l'étude au moyen de la radio de l'aéronef. Lorsqu'aucune réponse n'a été entendue, elle a tenté de joindre la pilote dans l'événement à l'étude en appelant son

téléphone cellulaire, après quoi elle a communiqué avec Cargair. Après avoir été informé que le contact avec l'aéronef à l'étude avait été perdu, Cargair a activé ses procédures d'urgence et des mesures ont été prises pour localiser l'aéronef. Il s'agissait notamment de communiquer avec NAV CANADA.

Le 5 septembre 2019 à 0 h 04 min 18 s, NAV CANADA a émis un avis de phase d'incertitude¹⁰ pour l'aéronef à l'étude. Puis, à 0 h 34 min 12 s, un avis de phase d'alerte¹¹ a été émis. Après une recherche infructueuse par communication et après avoir confirmé que l'aéronef n'était pas au sol à CYSC, NAV CANADA a fourni des renseignements sur l'aéronef disparu au Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario) et, à 01 h 34 min 01 s, l'avis a été modifié pour passer à l'avis de phase de détresse¹².

L'épave a été retrouvée par une équipe de recherche en début d'après-midi le 7 septembre 2019. L'aéronef avait heurté des arbres et a été détruit par les forces d'impact. L'impact n'offrait aucune chance de survie et la pilote a subi des blessures mortelles durant l'impact.

Aucun signal n'a été capté de l'ELT.

1.15.2 Radiobalise de repérage d'urgence

L'aéronef en cause était muni d'une ELT automatique fixe¹³ pouvant transmettre sur les fréquences 121,5 MHz et 243 MHz seulement. Les signaux d'ELT sur la fréquence de 121,5 MHz ou de 243 MHz peuvent être détectés par d'autres aéronefs ou par le contrôle de la circulation aérienne (ATC) qui surveillent ces fréquences, mais ils ne sont plus surveillés

¹⁰ Un avis de phase d'incertitude est émis pendant la phase d'incertitude, qui est définie comme une « [s]ituation dans laquelle il y a lieu de douter de la sécurité d'un aéronef et de ses occupants. » (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques TERMINAV, <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 23 novembre 2020].)

¹¹ Un avis de phase d'alerte est émis pendant la phase d'alerte, qui est définie comme une « [s]ituation dans laquelle on peut craindre pour la sécurité d'un aéronef et de ses occupants. » (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques TERMINAV, <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 23 novembre 2020].)

¹² Un avis de phase de détresse est émis pendant la phase de détresse, qui est définie comme une « [s]ituation dans laquelle il y a tout lieu de penser qu'un aéronef et ses occupants sont menacés d'un danger grave et imminent et qu'ils ont besoin d'un secours immédiat. » (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques TERMINAV, <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 23 novembre 2020].)

¹³ Radiobalise de repérage d'urgence (ELT) Dorne & Margolin, modèle C589511-0117.

par Cospas-Sarsat^{14,15}. Dans l'événement à l'étude, aucun signal d'ELT n'a été capté sur la fréquence de 121,5 MHz ou de 243 MHz par d'autres aéronefs ou l'ATC.

L'ELT a été envoyé au Laboratoire d'ingénierie du BST aux fins d'analyse. On a pu déterminer que l'ELT était vraisemblablement en état de service dans les instants qui ont précédé l'impact. Toutefois, les dommages causés à la batterie, au sélecteur de mode et au câble coaxial de l'antenne, individuellement ou combinés, auraient immédiatement interrompu la capacité de transmission, rendant impossible la détection d'un signal de détresse de l'ELT (figure 4).

Figure 4. Radiobalise de repérage d'urgence de l'aéronef à l'étude
(Source : BST)



1.16 Essais et recherches

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP 220-2019 – Instrument Analysis [Analyse des instruments]
- LP 221-2019 – ELT Analysis [Analyse de l'ELT]
- LP 224-2019 – NVM Data Recovery – GPS and Cellphone [Récupération des données de la mémoire non volatile – GPS et téléphone cellulaire]

¹⁴ Cospas-Sarsat est un système international de surveillance par satellite qui détecte les signaux de détresse émis par des radiobalises de repérage d'urgence à bord d'aéronefs et de navires dans la zone de responsabilité du Canada en matière de recherche et sauvetage.

¹⁵ Le 3 novembre 2020, le DORS/2020-238, modifications proposées au paragraphe 605.38(1) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), a été publié dans la partie II de la *Gazette du Canada*. Ces modifications comprennent des dispositions qui obligeront à installer dans les aéronefs des ELT capables de transmettre simultanément sur les fréquences de 406 MHz et 121,5 MHz.

- LP 288-2019 – Radar Analysis [Analyse radar]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

Sans objet.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Vol de nuit

1.18.1.1 Exigences réglementaires relatives au vol de nuit

Selon le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), pendant un vol VFR dans un espace aérien contrôlé ou non, les pilotes doivent utiliser leur aéronef à l'aide de repères visuels avec la surface, de jour comme de nuit¹⁶. Le RAC définit une surface comme étant « toute surface au sol ou sur l'eau, y compris une surface gelée¹⁷ ».

En plus des exigences de repères visuels à la surface pour pouvoir effectuer un vol VFR de nuit dans un espace aérien non contrôlé, les conditions suivantes doivent être réunies :

- la visibilité en vol est d'au moins 3 milles;
- si le vol est effectué à 1000 pieds AGL ou plus, la distance de l'aéronef par rapport aux nuages est d'au moins 500 pieds sur le plan vertical et d'au moins 2000 pieds sur le plan horizontal;
- si le vol est effectué à moins de 1000 pieds AGL, l'aéronef doit éviter les nuages¹⁸.

Au terme d'une enquête du BST¹⁹ sur l'écrasement d'un hélicoptère qui avait décollé en vol VFR de nuit de Moosonee (Ontario), un aéroport au balisage lumineux insuffisant, le BST a souligné le problème du manque de clarté dans la définition de « vol avec repères visuels à la surface », dans les faits. Le Bureau avait recommandé que

le ministère des Transports modifie la réglementation de manière à définir clairement les repères visuels (y compris les considérations d'éclairage ou autres moyens) requis pour réduire les risques liés aux vols de nuit selon les règles de vol à vue.

Recommandation A16-08 du BST

La dernière évaluation publiée par le BST de la réponse de TC à la recommandation A16-08 a été effectuée en février 2021 et dénotait une **intention satisfaisante**²⁰.

¹⁶ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 602.114a).

¹⁷ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 101.01.

¹⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 602.115.

¹⁹ Rapport d'enquête aéronautique A13H0001 du BST.

²⁰ Pour obtenir plus de détails sur cette recommandation, et connaître les réponses de Transports Canada à la recommandation ainsi que les évaluations de ces réponses par le BST, visitez le <https://www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2016/rec-a1608.html> (dernière consultation le 2 février 2021)

TC a indiqué être en train de rédiger 2 avis de proposition de modification (APM) qui mèneraient à la mise à jour des exigences pour les vols VFR de nuit et à des changements exigeant deux niveaux de qualification de vol de nuit. TC s'attend à ce que ces dossiers d'APM soient terminés d'ici le milieu de 2021. TC a aussi publié une version mise à jour de la circulaire d'information (CI) 603-001 – *Autorisation spéciale pour mener des opérations à l'aide de systèmes d'imagerie de vision nocturne*, de même que des articles dans des numéros de *Sécurité aérienne – Nouvelles* afin de renseigner les pilotes et les sensibiliser aux risques associés aux vols VFR de nuit.

Depuis mai 2013, le BST a enquêté sur 6 autres accidents mortels mettant en cause un aéronef privé effectuant un vol VFR de nuit²¹. Les rapports d'enquête ont souligné le manque de clarté de la réglementation en ce qui a trait aux repères visuels.

1.18.1.2 Formation au vol de nuit

Le titulaire d'une licence de pilote privé annotée pour le vol de nuit est autorisé à voler sans supervision pendant les heures officielles d'obscurité. Pour obtenir cette annotation, le pilote doit satisfaire aux exigences énoncées dans la norme 421.42 du RAC, notamment :

(1) Licence de pilote privé - avion

a) **Expérience**

Le demandeur d'une qualification de vol de nuit doit avoir accumulé sur avion au moins 20 heures de vol en qualité de pilote, dont :

(i) au moins 10 heures de vol de nuit comprenant au moins :

(A) cinq heures de vol en double commande, dont deux heures de vol-voyage;

(B) cinq heures de vol en solo comprenant 10 décollages, 10 circuits et 10 atterrissages;

(ii) au moins 10 heures de temps aux instruments en double commande;

(iii) au plus cinq heures de temps aux instruments peuvent être décomptées des 10 heures de temps aux instruments au sol pourvu que le temps total aux instruments s'ajoute aux 10 heures de vol de nuit prévues au sous-alinéa a)(i) susmentionné.

b) **Compétences**

Dans les 12 mois précédant la date de la demande de qualification de vol de nuit le demandeur doit avoir réussi à un vol de qualification sous la surveillance d'un inspecteur de Transports Canada ou d'une personne qualifiée selon le paragraphe 425.21(4) du RAC en démontrant qu'il possède le niveau de compétence précisé dans le Guide de l'instructeur de vol (TP 975). [...] ²²

²¹ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19O0178, A19O0026, A18Q0016, A17O0209, A15O0188 et A14O0217 du BST.

²² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 421 — Permis, licences et qualifications des membres d'équipage de conduite, Section XII — Qualification de vol de nuit, article 421.42.

Un pilote peut donc effectuer 5 heures de vol sur un simulateur, 5 heures de vol aux instruments en double commande de jour avec une visière (servant à réduire le champ visuel à l'extérieur de l'aéronef) et 10 heures réelles de vol de nuit avant d'envoyer sa demande de qualification de vol de nuit à TC.

Les règlements et les normes n'exigent pas que les pilotes effectuent des essais en vol pour obtenir une qualification de vol de nuit. Toutefois, comme il est indiqué dans la norme 421.42(1)b) du RAC, un vol de qualification doit être effectué dans les 12 mois précédant la présentation d'une demande de qualification de vol de nuit. Le RAC ne définit pas ce qui constitue un vol de qualification.

Bien que les directives du *Guide de l'instructeur de vol – Avion* (TP 975) recommandent que la formation théorique au sol soit dispensée sur des sujets spécifiques au vol de nuit, comme la désorientation spatiale, les illusions optiques et sensorielles, la vision nocturne, les facteurs humains et la prise de décisions par le pilote, la réglementation en vigueur au moment de l'accident ne l'exigeait pas. L'instructeur est la personne qui certifie que le demandeur est compétent pour le vol de nuit. Cependant, la notion de compétence n'est pas définie par des critères précis dans la réglementation. Aucune information recueillie n'a permis de déterminer, dans le cadre de l'enquête, si la pilote avait acquis des connaissances théoriques au sujet des particularités du vol de nuit durant sa formation au vol de nuit.

La norme 421.42(1) stipule que le demandeur ayant une licence de pilote privé doit démontrer « qu'il possède le niveau de compétence précisé dans le Guide de l'instructeur de vol (TP 975) ». Le TP 975 énonce ce qui suit dans l'exercice 25 – Vol de nuit :

Vol aux instruments

Il faut savoir un peu voler aux instruments pour obtenir la qualification de vol de nuit parce que, dans certaines situations de nuit, seuls les instruments permettent de déterminer l'assiette de l'avion. Pour obtenir une licence de pilote privé, il faut maintenant effectuer cinq heures de vol aux instruments en double commande, sur lequel on peut compter à moins que la licence ait été obtenue des années auparavant. De nombreux instructeurs aiment dispenser au moins une partie de cette instruction au vol aux instruments la nuit, bien qu'elle ne compte pas dans les cinq heures de vol de nuit en double commande exigées pour obtenir la qualification. De plus, si l'équipement est disponible, il est recommandé que les élèves étudient davantage les aides à la radionavigation que le minimum exigé pour obtenir la licence de pilote privé, par exemple, apprendre à se servir du VOR [radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence], de l'ADF [radiogoniomètre automatique] ou du GPS pour déterminer sa position et pour se rendre à une station ou à un point de cheminement.

Recommandation pour la qualification de vol de nuit

Aucun test en vol n'est requis pour obtenir la qualification de vol de nuit. Cependant, l'instructeur doit savoir quand son élève a la compétence voulue pour exercer les privilèges de cette qualification. Il ne s'agit pas simplement d'accumuler le nombre d'heures nécessaires en double commande et en solo pour l'obtenir. L'élève devrait pouvoir exécuter les exercices décrits dans Vol de nuit au niveau

exigé dans la publication « Normes de test en vol — Licence de pilote privé et de pilote professionnel — Avions (TP 2655F) »²³.

1.18.1.3 Annotation de qualification de vol de nuit

Une fois la formation complétée, le demandeur a 12 mois après la date de son vol de qualification pour envoyer sa demande d'annotation de qualification de vol de nuit à TC. La pilote dans l'événement à l'étude avait accumulé les heures nécessaires pour obtenir une annotation de vol de nuit le 27 août 2019; l'instructeur de vol avait signé le formulaire de demande le 1^{er} septembre 2019, et la pilote l'avait signé le 3 septembre 2019. Au moment de l'événement à l'étude, la demande d'annotation de qualification de vol de nuit n'avait pas été présentée à une personne autorisée de TC aux fins de signature.

Néanmoins, le vol à l'étude correspondait à la définition d'un vol d'entraînement énoncée à l'article 400.01 du RAC : « vol d'instruction en double commande ou un vol d'exercice en solo effectué sous la direction et la surveillance d'un instructeur de vol²⁴ ».

1.18.2 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 décision 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. C'est particulièrement important pour les vols VFR de nuit, lorsqu'on considère le risque de se retrouver dans des conditions météorologiques défavorables.

Durant la formation des pilotes, les instructeurs jouent un rôle essentiel dans l'apprentissage de la prise de décision. Les pilotes ayant peu d'expérience ne sont pas toujours en mesure de reconnaître clairement les dangers potentiels et les options à leur disposition. Ils s'en remettent souvent au jugement et à l'expérience de leur instructeur pour les guider et leur enseigner à évaluer les différentes situations et les dangers connexes. Il est donc important que l'instructeur mette l'accent sur la façon de reconnaître les dangers avant qu'ils ne surviennent et montre au stagiaire comment évaluer les risques connexes et déterminer les limites acceptables.

Les vols de navigation exigent d'un pilote la mise en pratique de plusieurs sujets théoriques étudiés pendant la formation, tels que la planification de vol, la météorologie, les facteurs humains, la réglementation et la gestion de plusieurs tâches simultanément.

²³ Transports Canada, TP 975, *Guide de l'instructeur de vol* (révisé en septembre 2004), Exercice 25 – Vol de nuit, p. 184.

²⁴ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 401.01(1).

Selon une trousse éducative de TC²⁵, la prise de décisions des pilotes est différente selon le temps dont ils disposent pour agir :

- avant le vol, la prise de décision est dite « sans souci du temps »;
- durant le vol, la prise de décision 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.

Une fois que l'aéronef est en vol, l'instructeur ne peut pas corriger les décisions prises par un pilote dites « quand le temps presse ». De plus, les pilotes peu expérimentés « sont moins à même de reconnaître et d'interpréter correctement une situation et sont plus souvent forcés à adopter un comportement fondé sur la connaissance²⁶ » plutôt que sur l'expérience. Leurs connaissances étant généralement plus limitées, « ils sont plus susceptibles de commettre des erreurs à cause de ce manque de connaissances²⁷ ».

Dans l'événement à l'étude, la pilote avait peu d'expérience de vol de nuit et de vols aux instruments, et peu de connaissances des risques associés aux vols de nuit.

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 conditions²⁸ » ou [traduction] « une tendance profondément enracinée à poursuivre un plan d'action initial même quand un changement justifie l'adoption d'un nouveau plan²⁹ ». 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 le plan³⁰. La tendance à s'en tenir au plan peut être un facteur de poursuite du vol dans des conditions météorologiques défavorables.

²⁵ Transports Canada, TP 13897, *Prise de décisions du pilote* (février 2002), Module 2 : Le processus de prise de décisions, p. 3.

²⁶ Transports Canada, TP 13897, *Prise de décisions du pilote* (février 2002), Module 2 : Le processus de prise de décisions, p. 5.

²⁷ Transports Canada, TP 13897, *Prise de décisions du pilote* (février 2002), Module 2 : Le processus de prise de décisions, p. 5.

²⁸ Skybrary, « Continuation Bias », à l'adresse http://www.skybrary.aero/index.php/Continuation_Bias (dernière consultation le 22 juillet 2019).

²⁹ 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.

³⁰ 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).

1.18.3 Conditions météorologiques défavorables la nuit

La nuit, il est plus difficile de détecter visuellement et d'éviter les nuages, le relief et les obstacles. Contrairement au vol VFR de jour, les phénomènes météorologiques sont difficilement observables la nuit en raison de la faible luminosité. Il est possible qu'un pilote qui décolle dans des conditions météorologiques qui permettent d'effectuer légalement un vol VFR de nuit ne puisse pas observer une détérioration des conditions météorologiques et prendre les mesures nécessaires avant de faire face involontairement à des IMC. Les conséquences d'un vol effectué à un moment où la visibilité est mauvaise peuvent être encore plus graves pendant un vol de nuit puisque la faible luminosité ne permet pas au pilote de voir et d'éviter assez tôt des phénomènes météorologiques qui s'aggravent.

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

Pendant le jour, il est très rare de traverser un nuage accidentellement. Toutefois, cela pourrait facilement vous arriver par nuit noire et temps couvert. N'oubliez jamais qu'il y a peut-être des nuages dans le secteur. De nuit, vous pouvez déceler un nuage ou soupçonner sa présence si vous constatez la disparition inattendue des lumières au sol ou si vous remarquez la présence d'un halo rouge ou vert autour des feux de position de l'avion³¹.

Les pilotes peuvent prendre des mesures pour réduire au minimum la probabilité qu'ils entrent par inadvertance dans des IMC lorsque les conditions réelles ne sont pas visibles. À cet effet, le RAC fait mention que tout pilote doit, avant de commencer un vol, « bien connaître les renseignements météorologiques pertinents au vol prévu qui sont à sa disposition³² ».

Dans l'événement à l'étude, la pilote avait obtenu des renseignements météorologiques pour la route prévue au plan de vol sur Internet, qu'elle avait passés en revue avec un instructeur de vol. Les conditions météorologiques prévues satisfaisaient aux exigences réglementaires pour un vol VFR de nuit; toutefois, l'examen a soulevé certaines préoccupations au sujet des vents dominants à CYSC. Au terme d'une discussion, la pilote et l'instructeur ont déterminé que les conditions météorologiques permettaient d'effectuer le vol proposé à destination de CYSC et ont convenu que la pilote ne tenterait pas d'atterrir si les vents étaient trop forts. L'instructeur de vol en chef a été consulté, puis le vol a été autorisé.

Un examen après l'événement des METAR et des TAF disponibles au moment de la planification du vol a permis de déterminer qu'on prévoyait des plafonds au-dessus de l'altitude de croisière prévue de 3500 pieds ASL. Bien que les METAR et les TAF décrivaient des conditions favorables, la GFA disponible prévoyait, dans la zone du plan de vol, des plafonds de nuages fragmentés à 3000 pieds ASL, en dessous de l'altitude de croisière

³¹ Transports Canada, TP 1102, *Manuel de pilotage*, 4^e édition (révisée en 2004), exercice 25 – Vol de nuit, p. 204.

³² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 602.72.

prévue. Il n'a pas été possible de déterminer si une GFA avait été examinée au moment de la planification de vol.

Plus tard (après l'événement), cette prévision de la GFA a été jugée exacte, puisque le METAR émis peu avant que l'aéronef à l'étude quitte CYMX indiquait un plafond à 2100 pieds AGL, soit environ 2900 pieds ASL, à CYSC.

1.18.4 Désorientation spatiale

Le vol de nuit comporte un certain nombre de dangers. D'abord et avant tout, la performance visuelle est considérablement réduite dans des conditions d'éclairage nocturne. Même dans des conditions VFR de nuit idéales et avec une pleine lune, l'acuité visuelle³³ du pilote est en toute probabilité de l'ordre de 20/200³⁴. Ainsi, une personne peut voir à 20 pieds ce qu'elle verrait normalement à 200 pieds dans des conditions lumineuses de jour.

Une performance visuelle ainsi réduite peut donner lieu à des illusions sensorielles convaincantes qui peuvent entraîner une désorientation spatiale, que l'on définit comme étant [traduction] « une impression trompeuse de sa propre position et du mouvement de l'aéronef par rapport à la surface de la Terre³⁵ ». Autrement dit, il y a désorientation spatiale lorsque le cerveau interprète mal les repères de l'environnement; la personne a alors de la difficulté, par exemple, à résoudre mentalement pourquoi l'aéronef ne semble pas réagir comme le cerveau pense qu'il devrait le faire. Si cette dernière n'est pas rapidement détectée et contrôlée par le pilote, celui-ci perdra rapidement la maîtrise de l'aéronef.

La capacité d'un humain à discerner l'orientation de son corps (p. ex. : couché, debout, penché) s'effectue lorsqu'il est maintenu au sol. Le milieu en 3 dimensions dans lequel se déroule un vol est étranger au corps humain; il en résulte des conflits entre ses sens et des illusions qui rendent difficile, voire impossible, le maintien de l'orientation spatiale.

Pour s'orienter dans l'espace, l'humain décode l'information reçue de 3 systèmes sensoriels :

- le système visuel;
- le système vestibulaire (information provenant de l'oreille interne);
- le système proprioceptif (information provenant des muscles, des articulations et des os).

Le système visuel fournit 80 % de l'information servant à déterminer notre orientation spatiale. En cas de perte d'information visuelle, il ne reste que 20 % de l'information, qui est

³³ L'acuité visuelle fait référence à la netteté de la vision.

³⁴ Département des Transports des États-Unis, Federal Aviation Administration, Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (Oklahoma, 2016), p. 17-21.

³⁵ Australian Transport Safety Bureau, ATSB Transport Safety Investigation Report – Aviation Research and Analysis Report B2007/0063: An overview of spatial disorientation as a factor in aviation accidents and incidents (Canberra [Australie], 2007), p. vii.

reçue des systèmes vestibulaire et proprioceptif. Ces 2 derniers systèmes fournissent de l'information moins précise et plus susceptible d'être erronée, car ils sont prédisposés aux illusions et aux erreurs d'interprétation.

Étant donné que les repères visuels jouent un rôle important dans l'équilibre et l'orientation de l'être humain, la désorientation spatiale tend à se produire dans des conditions de visibilité réduite; les pilotes peuvent devenir rapidement désorientés dans l'espace lorsqu'ils perdent de vue la surface. À cet effet, un rapport publié par l'Australian Transport Safety Bureau (ATSB)³⁶ indiquait ce qui suit [traduction] :

L'importance des signaux visuels sur l'équilibre et l'orientation de l'être humain peut être démontrée par le peu de temps qu'il faut pour qu'une personne devienne désorientée dans l'espace une fois que les signaux visuels sont perdus :

« La désorientation est très rare lorsque le pilote a des repères visuels bien définis; mais lorsqu'il tente de voler lorsque la vue du sol ou de l'horizon est dégradée par les nuages, le brouillard, la neige, la pluie, la fumée, la poussière ou l'obscurité, il devient rapidement désorienté à moins qu'il ne transfère son attention aux instruments de l'aéronef. La capacité de conserver la maîtrise d'un aéronef sans repères visuels adéquats est d'assez courte durée, généralement environ 60 secondes, même lorsque l'aéronef est en vol rectiligne en palier au moment où l'on perd la vision, et elle est de plus courte durée encore dans un virage. Dans de telles circonstances, la perte de maîtrise se produit parce que les récepteurs non visuels fournissent des informations inadéquates ou erronées sur la position, l'attitude et le mouvement de l'aéronef. »

(Benson, A.J. *Spatial Disorientation – General Aspects*, 1988)³⁷

Dans des mauvaises conditions de visibilité (par exemple, en entrant intentionnellement ou par inadvertance dans des IMC), lorsqu'un pilote est incapable de maintenir un repère à la surface, ces illusions peuvent entraîner une désorientation spatiale, ce qui peut conduire à une manipulation inadéquate des commandes de vol et une perte de maîtrise. Ces illusions peuvent être si fortes, surtout pour les pilotes ayant peu d'expérience de vol et en vol aux instruments, que même un balayage visuel conscient des instruments de vol pourrait ne pas suffire à inciter le pilote à solliciter les commandes de vol pour effectuer les corrections adéquates.

Une perte de maîtrise de l'aéronef ou un impact sans perte de contrôle peut survenir lorsqu'on ne reconnaît pas immédiatement la désorientation spatiale. Plusieurs études publiées et rapports d'enquête aéronautique du BST³⁸ ont abordé le phénomène de la désorientation spatiale et ses conséquences.

³⁶ Bureau of Air Safety Investigation (ancien nom de l'Australian Transport Safety Bureau), SAB/RP/95/01, *Dark Night Take-off Accidents in Australia* (avril 1995), p. 8.

³⁷ Bureau of Air Safety Investigation (ancien nom de l'Australian Transport Safety Bureau), SAB/RP/95/01, *Dark Night Take-off Accidents in Australia* (avril 1995), p. 8.

³⁸ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A94H0001, A97P0207, A09O0171, A10P0244, A10Q0132, A11H0001, A11P0106, A11Q0168, A11W0152, A12P0070, A12P0079, A13C0014, A13C0073,

Peu de temps après avoir perdu de vue l'aéronef en cause, la pilote de l'autre aéronef de Cargair a affirmé avoir vécu une désorientation spatiale après être entrée dans des IMC, ce qui a entraîné une perte de maîtrise de l'aéronef. Cependant, elle a pu reprendre la maîtrise de l'aéronef à temps pour éviter une collision avec le sol et a pu retourner à CYMX.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Sans objet.

2.0 ANALYSE

2.1 Introduction

La pilote détenait une licence de pilote privé et était titulaire d'un certificat médical de catégorie 3 valide. Au moment de l'accident, la pilote avait satisfait aux exigences pour pouvoir soumettre une demande d'annotation de qualification de vol de nuit; toutefois, sa licence n'avait pas encore été annotée. L'instructeur de vol a approuvé le vol en solo selon les règles de vol à vue (VFR) partant de l'aéroport international de Montréal (Mirabel) (CYMX). Rien ne suggérait que la fatigue ait pu nuire au rendement de la pilote.

L'examen de l'épave et des dossiers techniques de l'aéronef n'a révélé aucun problème mécanique, ni avant l'accident ni au moment de l'accident, qui est susceptible d'avoir joué un rôle dans l'événement à l'étude. Les marques sur les arbres, les dommages causés à l'hélice et les données d'analyse des instruments indiquent que le moteur produisait de la puissance au moment de l'impact.

L'analyse portera donc sur la planification du vol et la supervision par l'instructeur de vol, la prise de décisions en vol, y compris la poursuite du vol VFR dans les conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), le peu d'expérience de la pilote en ce qui concerne les vols VFR de nuit, la désorientation spatiale et la réglementation des vols de nuit.

2.2 Planification du vols et supervision par l'instructeur de vol

La pilote dans l'événement à l'étude avait obtenu les renseignements météorologiques pour la route prévue au plan de vol sur Internet. La pilote et l'instructeur ont discuté du vol-voyage à destination de l'aéroport de Sherbrooke (CYSC) et des conditions météorologiques qui prévalaient ce soir-là. Ils ont estimé que le plafond et la visibilité prévus pour cette route étaient acceptables pour le vol VFR de nuit; toutefois, certaines préoccupations ont été soulevées au sujet des vents dominants à l'arrivée prévue de l'aéronef à CYSC. Ils ont convenu que si les vents étaient trop forts, la pilote ne tenterait pas l'atterrissage. L'instructeur de vol en chef a été consulté avant que le vol ne soit autorisé. Bien que des préoccupations aient été exprimées au sujet des vents, lorsque le plan du vol de nuit a été examiné par l'instructeur de vol, le plafond et la visibilité détaillés dans les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) et les prévisions d'aérodrome (TAF) ont été jugés acceptables, et le vol d'entraînement a été autorisé.

Les plafonds nuageux signalés dans les METAR et les TAF étaient généralement propices à un vol VFR. Toutefois, les deux prévisions de zone graphique (GFA) pertinentes pour cette période indiquaient que, dans les environs du front froid et derrière celui-ci, on pouvait s'attendre à des plafonds de nuages fragmentés à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL), ce qui était en deçà de l'altitude de vol prévue de 3500 pieds ASL. Par ailleurs, des plafonds locaux ou fragmentés à 1500 pieds au-dessus du sol (AGL) étaient prévus. Cette information était à la disposition de l'instructeur de vol et de la pilote lors de l'examen des

conditions météorologiques. L'enquête n'a pas permis de déterminer si une GFA avait été examinée avant le vol.

Si l'examen météorologique avant le vol n'inclut pas tous les renseignements disponibles ou n'évalue pas l'effet des conditions météorologiques sur la capacité de maintenir un repère visuel à la surface durant le vol, en particulier pour un vol de nuit prévu, il y a un risque accru d'entrer dans des conditions météorologiques défavorables ou des IMC.

2.3 **Prise de décisions en vol**

Les pilotes en vol VFR peuvent entrer par inadvertance dans des IMC, particulièrement la nuit, lorsqu'il est plus difficile d'observer une détérioration des conditions météorologiques et de prendre les mesures nécessaires pour les éviter. La planification pré-vol réduit le risque d'erreurs de décision en vol, car elle peut aider à préparer le pilote pour les situations qui peuvent survenir pendant le vol. Sans cette planification, le pilote pourrait devoir prendre des décisions tout en étant soumis à un stress considérable et, par conséquent, le risque d'une prise de décisions inadéquate ou incorrecte est accru.

Avant le décollage, les pilotes devraient élaborer un plan détaillant la marche à suivre si les conditions météorologiques en route sont différentes de ce à quoi qu'ils attendaient ou si elles se détériorent. Ce plan devrait prévoir l'obligation de se dérouter ou de revenir en arrière avant d'entrer dans des IMC.

La tendance à maintenir son plan initial est un biais cognitif inconscient qui consiste à continuer avec le plan d'action initial en dépit des conditions changeantes. Une fois qu'un plan est élaboré et qu'on s'est engagé à le suivre, il peut devenir de plus en plus difficile pour la personne concernée, en particulier pendant les périodes où la charge de travail est élevée, de reconnaître les stimuli ou les conditions qui suggèrent la nécessité de modifier le plan.

2.3.1 **Poursuite d'un vol selon les règles de vol à vue dans des conditions météorologiques de vol aux instruments**

Une fois que l'aéronef à l'étude s'est stabilisé à une altitude de croisière de 3500 pieds ASL, selon ce qui avait été consigné dans le plan de vol, il est resté à cette altitude pendant environ 23 minutes. À environ 32 milles marins (NM) au nord-ouest de CYSC, la pilote dans l'événement à l'étude et la pilote de l'autre aéronef de Cargair ont perdu les repères visuels à la surface, et les deux aéronefs sont descendus à 3000 pieds ASL pour poursuivre le vol en direction de CYSC. Cette descente visant à retrouver les repères visuels, puis à éviter les nuages, était la première indication que les conditions météorologiques à venir pourraient se détériorer.

Après être entrée dans des IMC pour la première fois, la pilote a vraisemblablement été affectée par un biais cognitif inconscient et par sa proximité de CYSC, ce qui l'a menée à poursuivre le vol VFR dans des conditions météorologiques défavorables.

À ce moment, dans les environs de CYSC, les couches nuageuses variaient considérablement, comme en témoignent les 4 messages d'observation météorologique spéciale d'aérodrome (SPECI) émis entre 21 h et 22 h. À 21 h 12, des couches de nuages épars aussi basses que 2100 pieds au-dessus du sol (AGL) (environ 2900 pieds ASL) ont été enregistrées à CYSC.

Peu de temps après la mise en palier à 3000 pieds ASL, à environ 19 NM au nord-ouest de CYSC, la pilote de l'autre aéronef de Cargair a signalé avoir perdu de vue l'aéronef à l'étude avant de se retrouver elle-même dans des IMC pour une deuxième fois et de perdre les repères visuels au sol. Étant donné que les bases des nuages dans la région étaient inférieures à l'altitude de l'aéronef à l'étude et que le contact visuel avec l'aéronef avait été perdu, on a déterminé que lorsque l'aéronef à l'étude s'est rapproché de CYSC, la pilote est entrée par inadvertance dans des IMC pour une deuxième fois, ce qui a entraîné une perte des repères visuels à la surface.

2.4 **Expérience limitée en vol de nuit selon les règles de vol à vue**

Le vol de nuit nécessite que le pilote développe des habiletés supplémentaires pour évoluer dans un environnement différent de celui qu'est le vol de jour. Une référence plus régulière aux instruments de vol est nécessaire pour pallier la diminution de l'acuité visuelle, la source principale d'information pour maintenir l'orientation spatiale. Cette habileté s'acquiert en premier lieu par la formation, puis est maintenue par la pratique.

Bien que la réglementation oblige les pilotes à effectuer un minimum d'heures en vol de nuit et aux instruments avant de faire une demande d'ajout de la qualification de vol de nuit à leur licence de pilote, les pilotes ne sont pas obligés pendant cette formation de suivre une formation théorique sur les particularités du vol de nuit comme la désorientation spatiale, les illusions d'optique et sensorielle, la vision nocturne, les facteurs humains et la prise de décisions par le pilote. L'exposition du pilote à ces sujets revient à l'instructeur qui donne la formation. Aucune information recueillie n'a permis de déterminer, dans le cadre de l'enquête, si la pilote avait acquis des connaissances théoriques au sujet des particularités du vol de nuit durant sa formation au vol de nuit.

2.5 **Désorientation spatiale**

Lorsque les conditions météorologiques se détériorent, les risques connexes doivent être gérés de façon appropriée en même temps que la charge de travail des pilotes augmente. Par ailleurs, les pilotes doivent pouvoir reconnaître les conditions qui ne sont plus propices à la poursuite d'un vol et prendre des mesures décisives. La tâche devient encore plus ardue pour un pilote ayant peu d'expérience.

Un vol VFR qui se poursuit dans des IMC de façon inattendue nécessite une transition rapide vers le vol aux instruments pour garder la maîtrise de l'aéronef. Lorsque le pilote devient conscient de la situation, le niveau de stress tend à s'élever très rapidement. La capacité de garder la maîtrise d'un aéronef sans repères visuels adéquats est généralement d'environ 60 secondes lorsque l'aéronef est en vol rectiligne en palier au moment où les repères visuels sont perdus. Pendant un virage, ce délai est encore plus court. Un pilote ayant peu de

connaissances et de pratique du vol aux instruments risque d'effectuer des manœuvres et de manipuler les commandes de manière inappropriée ainsi que de subir une désorientation spatiale.

Dans les moments qui ont précédé l'événement, la pilote a vraisemblablement tenté de faire demi-tour pour poursuivre le vol VFR après être entrée une deuxième fois dans des IMC. Dans le cas d'un pilote sans qualification de vol aux instruments qui se fie uniquement aux repères visuels au sol, que ce soit de jour ou de nuit, même avec des compétences de base pour le pilotage aux instruments selon l'assiette de l'aéronef, la perte imprévue de tout repère visuel est une situation critique, et une perte de maîtrise de l'aéronef peut se produire rapidement. La pilote de l'autre aéronef de Cargair a affirmé avoir vécu une désorientation spatiale après être entrée dans des IMC, ce qui a entraîné une perte de maîtrise de l'aéronef. Cependant, elle a pu reprendre la maîtrise de l'aéronef à temps pour éviter une collision avec le sol et a pu retourner à CYMX.

Compte tenu de la corrélation établie entre la perte des repères visuels et une perte de maîtrise de l'aéronef, il est fort probable que la pilote, qui avait peu d'expérience de vol en se fiant uniquement aux instruments, a perdu la maîtrise de l'aéronef en raison d'une désorientation spatiale.

2.6 Réglementation des vols de nuit

Un vol de jour ne présente pas les mêmes caractéristiques qu'un vol de nuit. Pendant un vol de nuit, il peut être difficile, et même impossible, d'observer une détérioration des conditions météorologiques en raison de la noirceur. Si la visibilité est bonne, les zones avec un bon éclairage au sol peuvent compenser pour les zones qui en offrent moins. Si la visibilité diminue au point où le pilote ne peut pas voir au-delà d'une zone avec peu d'éclairage au sol, le risque de perdre les repères à la surface augmente. Par conséquent, au moment de planifier un vol VFR de nuit, il est préférable que la trajectoire de vol soit déterminée en considérant les zones offrant le plus d'éclairage au sol possible, et non pas nécessairement en fonction de la trajectoire la plus directe.

Les pilotes qui effectuent un vol VFR doivent maintenir les repères visuels à la surface, que le vol soit effectué le jour ou la nuit. Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) stipule que, dans un espace aérien contrôlé ou non contrôlé, tous les vols en VFR de nuit doivent être effectués « avec des repères visuels à la surface ». Cependant, la signification de l'expression « repères visuels à la surface » laisse place à l'interprétation, car le concept n'est pas défini dans la réglementation.

En 2016, le BST a émis la recommandation A16-08 sur le manque de clarté dans la définition de « vol avec repères visuels à la surface », dans les faits. Transports Canada est en train de rédiger 2 avis de proposition de modification qui mèneront à la mise à jour des exigences relatives au vol VFR de nuit. Toutefois, jusqu'à ce que les détails des modifications réglementaires proposées soient entièrement connus, le BST n'est pas en mesure d'évaluer si ces mesures élimineront les risques liés aux vols VFR de nuit.

Si le RAC ne définit pas clairement ce qu'on entend par des « repères visuels à la surface », il y a un risque que des vols de nuit soient effectués avec des repères visuels inadéquats, ce qui augmente les risques liés au vol VFR de nuit, notamment les impacts sans perte de contrôle et les accidents avec perte de maîtrise.

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. Lorsque le plan du vol de nuit a été examiné par l'instructeur de vol, le plafond et la visibilité détaillés dans les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome et les prévisions d'aérodrome ont été jugés acceptables, et le vol d'entraînement a été autorisé.
2. Après être entrée dans des conditions météorologiques de vol aux instruments pour la première fois, la pilote a vraisemblablement été affectée par un biais cognitif inconscient et par sa proximité de l'aéroport de Sherbrooke (Québec), ce qui l'a menée à poursuivre le vol selon les règles de vol à vue dans des conditions météorologiques défavorables.
3. Lorsque l'aéronef à l'étude s'est rapproché de l'aéroport de Sherbrooke, la pilote est entrée par inadvertance dans des conditions météorologiques de vol aux instruments pour une deuxième fois, ce qui a entraîné une perte des repères visuels à la surface.
4. Compte tenu de la corrélation établie entre la perte des repères visuels et une perte de maîtrise de l'aéronef, il est fort probable que la pilote, qui avait peu d'expérience de vol en se fiant uniquement aux instruments, a perdu la maîtrise de l'aéronef en raison d'une désorientation spatiale.

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 l'examen météorologique avant le vol n'inclut pas tous les renseignements disponibles ou n'évalue pas l'effet des conditions météorologiques sur la capacité de maintenir un repère visuel à la surface durant le vol, en particulier pour un vol de nuit prévu, il y a un risque accru d'entrer dans des conditions météorologiques défavorables ou de vol aux instruments.
2. Si le *Règlement de l'aviation canadien* ne définit pas clairement ce qu'on entend par des « repères visuels à la surface », il y a un risque que des vols de nuit soient effectués avec des repères visuels inadéquats, ce qui augmente les risques liés au vol selon les règles de vol à vue de nuit, notamment les impacts sans perte de contrôle et les accidents avec perte de maîtrise.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Cargair Itée

Les mesures suivantes visant à atténuer les risques ont été instaurées par Cargair Itée après cet événement :

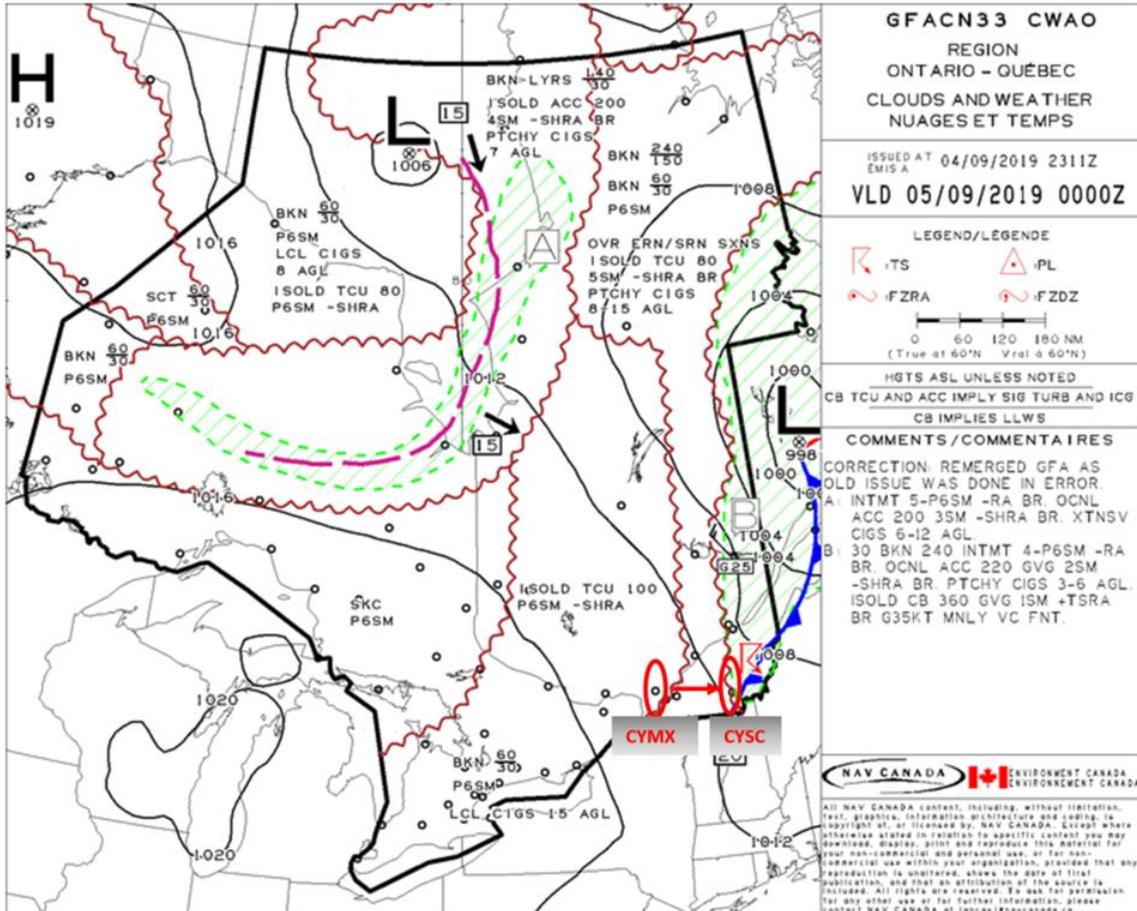
- La liste des aéroports autorisés pour les vols de nuit en double et en solo a été révisée.
- Des restrictions concernant les vols de nuit en solo ont été mises en place pour la formation des pilotes avec et sans licence à Cargair.

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 10 mars 2021. Le rapport a été officiellement publié le 23 mars 2021.

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.

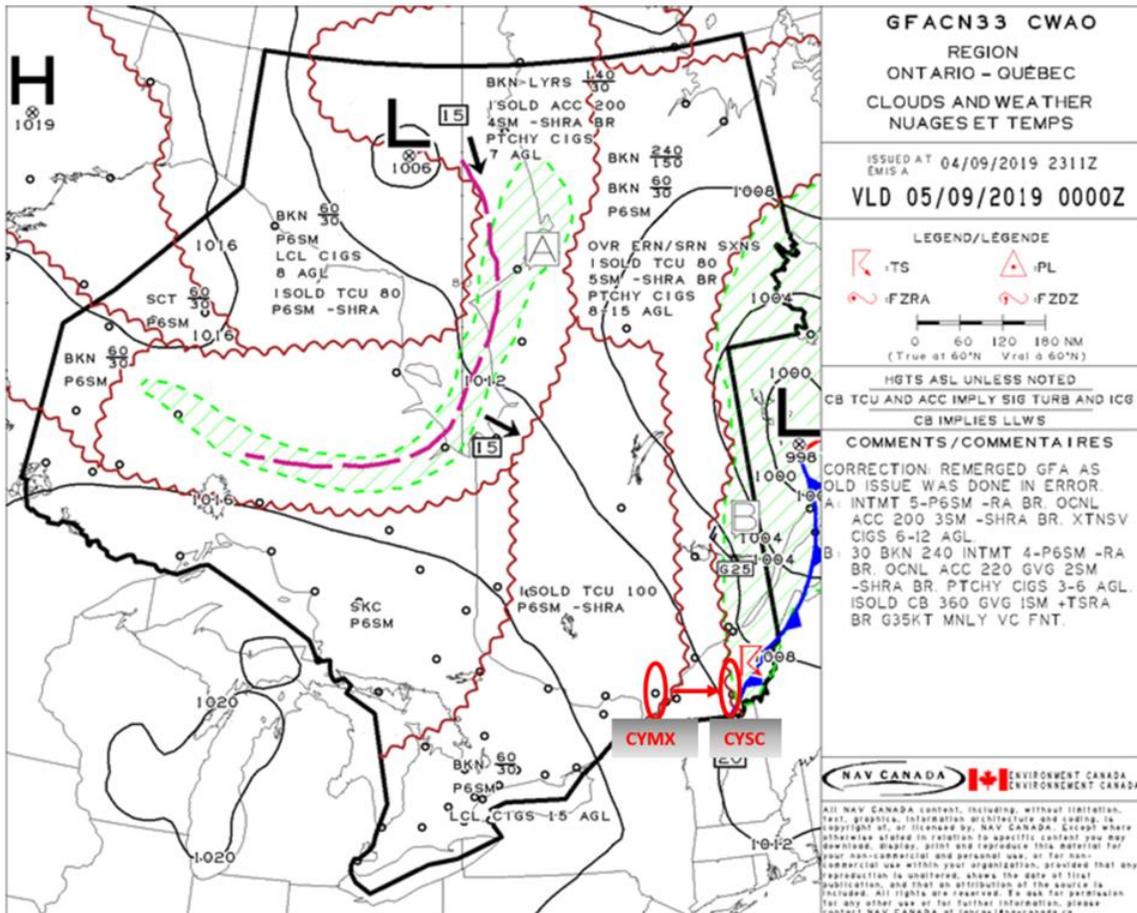
ANNEXES

**Annexe A – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique (GFA)
– GFACN33 émise à 13 h 31 (heure avancée de l’Est)**



Source : NAV CANADA, avec annotations du BST

Annexe B – Carte Nuages et temps de la prévision de zone graphique (GFA) – GFACN33 émise à 19 h 11 (heure avancée de l’Est)



Source : NAV CANADA, avec annotations du BST