

Transportation Safety Board
of Canada



Bureau de la sécurité des transports
du Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A12C0154



PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF

GOGAL AIR SERVICES LIMITED
CESSNA 208B, C-GAGP
SNOW LAKE (MANITOBA)
LE 18 NOVEMBRE 2012

Canada

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

Rapport d'enquête aéronautique A12C0154

Perte de maîtrise et collision avec le relief

Gogal Air Services Limited

Cessna 208B, C-GAGP

Snow Lake (Manitoba)

le 18 novembre 2012

Résumé

L'avion Cessna 208B de Gogal Air Services Limited (immatriculé C-GAGP, numéro de série 208B1213) décolle de la piste 21, à Snow Lake, à destination de Winnipeg (Manitoba), avec le pilote et 7 passagers à son bord. À environ 9 h 56, heure normale du Centre, peu de temps après le décollage, l'aéronef descend et entre en collision avec le relief dans une zone boisée à environ 0,9 mille marin au-delà de l'extrémité de départ de la piste. Le pilote est mortellement blessé et les 7 passagers subissent des blessures graves. L'aéronef est détruit par les forces de l'impact et un petit incendie se déclare près du moteur. La radiobalise de repérage d'urgence s'active. Les premiers intervenants arrivent sur les lieux, et les passagers blessés sont transportés à des hôpitaux du secteur. Il y a rupture des réservoirs carburant de l'avion, et une partie du carburant embarqué se répand sur le sol.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0	<i>Renseignements de base</i>	5
1.1	Déroulement du vol.....	5
1.2	Victimes	6
1.3	Dommmages à l'aéronef.....	7
1.4	Autres dommages.....	7
1.5	Renseignements sur le personnel	7
1.6	Renseignements sur l'aéronef	8
1.6.1	Généralités.....	8
1.6.2	Masse et centrage.....	8
1.6.3	Performance de l'aéronef.....	9
1.6.4	Technique de décollage court	10
1.6.5	Mesures de protection contre la glace	10
1.6.6	Système d'avertissement de décrochage	11
1.7	Renseignements météorologiques.....	12
1.8	Aides à la navigation	13
1.9	Communications	13
1.10	Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11	Enregistreurs de bord.....	14
1.11.1	Généralités.....	14
1.11.2	Système d'acquisition de données aérologiques.....	14
1.11.3	Information tirée des systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton	14
1.12	Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	16
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	17
1.14	Incendie	17
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	17
1.15.1	Sauvetage.....	17
1.15.2	Structure de l'aéronef.....	18
1.16	Essais et recherches.....	19
1.17	Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	19
1.17.1	Gogal Air Services Limited	19
1.17.2	Supervision par Transports Canada	20
1.18	Renseignements supplémentaires	22
1.18.1	Recommandation antérieure du Bureau de la sécurité des transports : systèmes légers d'enregistrement des données de vol	22
1.18.2	Étude de sécurité 90-SP002 du Bureau de la sécurité des transports	25
1.19	Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	25
2.0	<i>Analyse</i>	26

2.1	Généralités	26
2.2	Carburant	26
2.3	Masse et centrage	26
2.4	Conditions météorologiques et givrage.....	26
2.5	Supervision et contrôle opérationnels	27
2.6	Qualifications.....	28
2.7	Procédures de vol.....	28
2.8	Questions relatives à la survie des occupants.....	29
3.0	<i>Faits établis</i>	30
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	30
3.2	Faits établis quant aux risques	30
3.3	Autres faits établis.....	30
	<i>Annexes</i>	32
	Annexe A – Liste des rapports du Laboratoire du Bureau de la sécurité des transports	32
	Annexe B – Prévisions de zone graphique : nuages et conditions météorologiques, 12Z, le 18 novembre 2012.....	33
	Annexe C – Prévisions de zone graphique : givrage et turbulence, 12Z, le 18 novembre 2012.....	34
	Annexe D – Prévisions de zone graphique : nuages et conditions météorologiques, 18Z, le 17 novembre 2012.....	35
	Annexe E – Prévisions de zone graphique : givrage et turbulence, 18Z, le 17 novembre 2012.....	36
	Annexe F – Comparaison de la vitesse-sol observée au cours du vol ayant mené à l'accident à la vitesse-sol enregistrée dans le cadre des quatre vols précédents	37
	Annexe G – Comparaison des angles de tangage	38
	Annexe H – Trajectoire du vol ayant mené à l'accident.....	39

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

Gogal Air Services Ltd. (Gogal) était engagée par une société minière locale pour le transport d'employés entre Snow Lake et Winnipeg (Manitoba) (figure 1), afin de faciliter les changements d'équipe, lesquels se faisaient habituellement selon un cycle de 10 jours. La société minière a demandé à Gogal de transporter 13 employés de Snow Lake à Winnipeg le matin du 18 novembre 2012, ce vol représentant une distance de 310 milles marins (nm).

Gogal prévoyait utiliser ses 2 aéronefs à voilure fixe, à savoir un Piper PA 31 Navajo (Navajo) et un Cessna 208B Caravan (Caravan).

Le Caravan était arrivé à Snow Lake, en provenance de Winnipeg, le 17 novembre 2012 à 16 h¹. L'aéronef a été ravitaillé, et les couvertures des ailes et de la queue ainsi que la bâche du moteur ont été installées.

Les passagers devaient se rendre à l'aérodrome de Snow Lake pour un départ à 8 h 15; le matin du 18 novembre, le temps était brumeux, et la compagnie a informé les passagers que le vol serait retardé de quelques heures, jusqu'à ce que les conditions météorologiques s'améliorent. Les passagers se sont présentés à l'aérodrome vers 9 h 30.

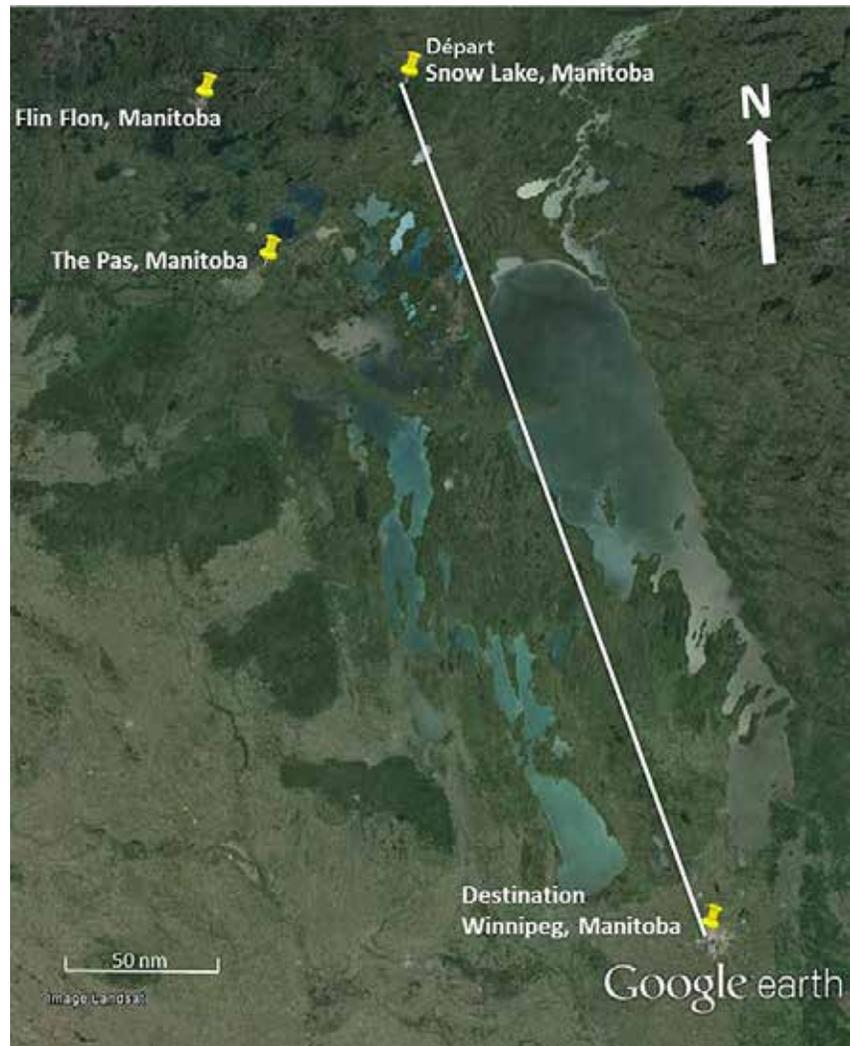


Figure 1. Itinéraire de vol prévu (image d'arrière-plan : Google Earth)

Au cours du vol à destination de Snow Lake effectué la veille par le Caravan, du givre s'était accumulé sur les bords d'attaque des ailes (photo 1) et sur le stabilisateur horizontal. Lors de la

¹ Toutes les heures indiquées sont à l'heure normale du Centre (temps universel coordonné moins 6 heures), sauf indication contraire.

vérification avant le vol en cause, le pilote a frappé les bords d'attaque des ailes avec un manche à balai pour tenter d'en retirer la glace, mais ne l'a pas fait sur le stabilisateur horizontal de l'aéronef. Avant le vol, il restait donc de la glace sur les bords d'attaque des ailes et de la queue. Aucun fluide dégivrante ou antigivrante n'a été appliqué sur les ailes ou sur le stabilisateur horizontal, et aucune inspection tactile de la surface de la queue ou de la partie supérieure des ailes n'a été effectuée.



Photo 1. Glace sur le bord d'attaque d'une aile, avant le vol ayant mené à l'accident

Après l'embarquement des passagers et le chargement des bagages, les 2 aéronefs ont décollé. Le Caravan a décollé le premier, soit à 9 h 55.

Le son du moteur du Caravan semblait normal tout au long du vol. L'aéronef est monté à environ 225 pieds au-dessus du sol (agl), puis a piqué du nez. La queue de l'aéronef a commencé à vibrer et à osciller, les ailes ont été secouées, et l'aéronef a piqué du nez de nouveau, cette fois de manière plus prononcée, avant de percuter les arbres. Un avertisseur a retenti avant l'impact.

La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) de 406 mégahertz (MHz) de l'aéronef s'est activée, et l'alerte générée a été captée par le Centre conjoint de coordination de sauvetage. Les premiers intervenants sont arrivés sur les lieux, et les passagers blessés ont été transportés à des hôpitaux du secteur pour recevoir des soins médicaux.

Le Navajo a décollé dans les 5 minutes suivant le départ du Caravan; toutefois, son pilote ignorait que l'autre aéronef s'était écrasé. Il n'y a pas eu de communications radio entre les 2 aéronefs avant ou durant l'événement.

1.2 Victimes

Tableau 1. Victimes

	Équipage	Passagers	Autres	Total
--	----------	-----------	--------	-------

Tués	1	-	-	1
Blessés graves	-	7	-	7
Blessés légers/indemnes	-	-	-	-
Total	1	7	-	8

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a subi des dommages considérables et, après son évaluation, a été déclaré détruit.

1.4 Autres dommages

Les dommages au paysage et à l'environnement se limitaient à une petite zone autour de l'épave. Le carburant déversé au cours de l'événement s'est évaporé.

1.5 Renseignements sur le personnel

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel canadienne et d'un certificat médical valide, et possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote ne détenait pas d'annotation de vol aux instruments. Le pilote totalisait quelque 2865 heures de vol, dont 1020 heures de vol à bord du Cessna 208B Caravan. Un examen des dossiers de formation a révélé que la formation du pilote était conforme aux exigences en la matière qui figurent dans le manuel d'exploitation de la compagnie approuvé par Transports Canada (TC). Cette formation comprenait notamment des exigences relatives à la période de service et de vol ainsi que des exigences relatives aux instruments et à l'équipement de l'aéronef, à la météo, à la contamination des surfaces, à la sécurité des passagers et à la sécurité dans la cabine ainsi qu'aux procédures d'urgence. Le pilote avait réussi une formation sur la contamination des surfaces critiques des aéronefs, la formation technique récurrente sur les Cessna 208, ainsi qu'une vérification compétence pilote le 10 mai 2012. Dans l'examen relatif à la formation sur la contamination des surfaces critiques des avions, le pilote a répondu correctement, indiquant qu'il ne fallait pas tenter de décoller avant d'avoir obtenu la confirmation que les surfaces de l'aéronef étaient exemptes de contamination. Rien n'indiquait que le pilote avait reçu la formation sur la prise de décisions du pilote, et cette formation n'était pas exigée aux termes du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) ou du manuel d'exploitation de la compagnie.

Le pilote n'avait pas dépassé la limite de sa période de service et de vol, et rien n'indiquait que la fatigue avait eu une incidence sur le rendement du pilote.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

Le Cessna 208B est un aéronef à aile haute et à train d'atterrissage fixe équipé d'un turbopropulseur PT6A-114A fabriqué par Pratt & Whitney Canada. L'aéronef en cause avait été fabriqué en 2006 et était doté d'un conteneur de fret ainsi que d'un système d'augmentation de la charge utile de modèle APE II, conformément au certificat de type supplémentaire (STC) SA00392SA. Le système fait passer de 8750 à 9062 livres la masse brute autorisée au décollage de l'aéronef. L'aéronef était également pourvu d'un système d'instruments électroniques de vol Chelton et d'un système d'acquisition de données aérologiques. Les 2 systèmes emmagasinaient des données relatives au vol ayant mené à l'événement.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et maintenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. L'aéronef a fait l'objet d'une inspection aux 100 heures le 14 novembre 2012 lorsqu'il totalisait 1484,8 heures de vol, soit environ 2,2 heures de vol avant l'événement.

1.6.2 Masse et centrage

Les calculs de masse et centrage de l'aéronef effectués durant l'enquête ne concordaient pas avec les données figurant dans le manifeste de vol préparé avant le vol en cause. Le manifeste de vol avait été préparé et laissé au bureau de l'exploitant à Snow Lake avant le départ du pilote pour l'aérodrome. Selon le manifeste de vol, la charge utile comprenait le carburant, le pilote, 7 passagers et leurs bagages. La charge de carburant initialement inscrite dans le manifeste de vol était de 2000 livres; toutefois, on a plutôt inscrit, par la suite, 1800 livres. Le carburant utilisable du Caravan totalise 2224 livres. L'aéronef a été ravitaillé à partir d'un réservoir de carburant de la compagnie à l'aérodrome de Snow Lake, le soir précédant le jour de l'événement. Il incombait au pilote en cause dans l'accident de ravitailler l'avion. Le pilote tenait apparemment un registre de ravitaillement sur un téléphone cellulaire personnel. Il n'a pas été possible de récupérer l'information consignée dans le téléphone cellulaire du pilote, et l'ampleur des dommages à l'aéronef a empêché la mesure, après l'événement, de la charge de carburant. Le réservoir de carburant est pourvu d'un compteur qui peut être remis à zéro et qui enregistre en litres le carburant distribué. À la suite de l'événement, la lecture au compteur était de 955 litres, ou environ 1814 livres de carburateur Jet A. Selon l'information récupérée du système d'instruments électroniques de vol Chelton de l'aéronef, la charge de carburant était de 366 livres au moment de la mise sous tension initiale de l'unité, le jour de l'événement. Le pilote peut soit entrer une charge de carburant particulière, soit appuyer sur le bouton FULL FUEL, ce qui ramène le système à une quantité de carburant prédéterminée. Trois secondes après la mise sous tension du système, la charge de carburant est passée à 2220 livres, ce qui indique que la valeur de 2220 livres avait été entrée manuellement, ou que le pilote avait appuyé sur le bouton FULL FUEL.

Le poids entré pour chacun des membres de l'équipage et des passagers était de 200 livres; selon le RAC et le manuel d'exploitation de la compagnie, le poids standard des passagers de sexe masculin durant l'hiver est de 206 livres. Le poids entré pour les bagages était de 100 livres; les bagages ont été pesés après l'événement, ce qui a permis d'établir que leur poids réel était de 215 livres. Il n'avait pas été tenu compte de la trousse de survie ou des couvertures d'hiver, dont le poids total était de 65 livres. La masse brute totale au décollage inscrite au manifeste de

vol était de 9003 livres. La masse brute totale au décollage calculée après l'événement en tenant compte d'une charge de carburant de 2220 livres était de 9655 livres, ce qui est supérieur d'environ 600 livres à la masse autorisée au décollage.

Pour déterminer le centre de gravité de l'aéronef, la position admissible de l'indice², lorsque la masse brute maximale est de 9062 livres, se trouve entre -0,2 pouces en limite arrière et -5,2 pouces en limite avant. Une position calculée de -7,1 de l'indice a été inscrite dans le manifeste de vol; cette valeur se trouve à l'extérieur des paramètres de vol admissibles. Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a effectué le calcul de la position de l'indice du centre de gravité de l'aéronef. La charge de carburant de l'aéronef ne modifie pas l'indice, car le carburant est stocké dans les réservoirs d'aile à l'endroit correspondant au point médian de la plage du centre de gravité. Le poids et l'emplacement des bagages et des passagers peuvent avoir une incidence sur la position de l'indice. On a utilisé différents emplacements pour tenter de déterminer si une disposition particulière du chargement pouvait entraîner une position hors de la plage de l'indice. Tous les calculs ont démontré que le centre de gravité se situait probablement à l'intérieur des limites étendues du centre de gravité; toutefois, compte tenu de la masse de l'aéronef, ce centre de gravité ne se trouvait pas à l'intérieur de la plage approuvée de l'enveloppe de masse et de centre de gravité au décollage.

Le manuel de vol de l'aéronef stipule ce qui suit [en anglais seulement] :

The pilot must utilize the loading flexibility to ensure the airplane does not exceed its maximum weight limits and is loaded within the center of gravity range before takeoff. Weight is important because it is a basis for many flight and structural characteristics. As weight increases, takeoff speed must be greater since stall speeds are increased, the rate of acceleration decreases, and the required takeoff distance increases³.

Selon la section Normal Procedures du manuel de vol de l'aéronef, les volets doivent être réglés à 20° lors du décollage, l'avion doit décoller à une vitesse de 70 à 75 nœuds et la vitesse de montée doit être de 85 à 95 nœuds. Les volets sont rentrés à 10° une fois atteinte une vitesse de 85 nœuds, et à 0° une fois atteinte une vitesse de 95 nœuds. Le manuel comporte également une procédure de décollage avec fluide antigivrant sur les ailes, selon laquelle les volets doivent être réglés à 0°, le décollage doit se faire à 83 nœuds et la montée doit se faire à 104 nœuds. Selon la procédure de l'exploitant, le décollage devait se faire avec les volets réglés à 20°.

1.6.3 Performance de l'aéronef

Au moyen de données stockées dans le système d'instruments électroniques de vol de l'aéronef, les enquêteurs ont déterminé que la course au décollage a été d'environ 2250 pieds et que le décollage avait eu lieu à environ 75 nœuds. Les renseignements sur la performance figurant dans le manuel d'utilisation à l'intention des pilotes de l'aéronef et le manuel de vol de l'aéronef

² L'aéronef était pourvu d'un calculateur de centre de gravité SEE GEE fabriqué par CAVU International configuré pour l'aéronef en question. Il s'agit d'un indice circulaire procurant une plage de valeurs comprises entre les limites avant et arrière du centre de gravité. Cet indice tient compte de différentes masses pour permettre de déterminer aisément le centre de gravité de l'aéronef.

³ *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Cessna Model 208B (675 SHP)* (révision 23, s.d.), Section 6: Weight and Balance, page 6-3.

approuvé par la Federal Aviation Administration (FAA), et ensuite modifiés en fonction du système APE II, indiquaient que la distance de décollage, ou course au décollage, selon la température prédominante, l'élévation du sol et une masse brute de 9062 livres, aurait dû être d'environ 1500 pieds sur une piste bétonnée, plane et sèche si on emploie la technique de décollage court. La vitesse de décollage normale du Caravan est de 70 à 75 nœuds, et la vitesse de montée initiale est de 85 à 95 nœuds. En ce qui a trait à la technique de décollage court, le manuel de vol suggère de sortir les volets à 20°, de lever le nez lorsque la situation l'indique et d'effectuer une montée initiale avec la queue en position basse, puis de niveler l'assiette de l'aéronef en vue d'accélérer jusqu'à une vitesse de montée sécuritaire.

Il n'a pas été possible de quantifier avec précision les changements de performance découlant de la charge de l'aéronef au moment de l'événement. Des données d'essais sur le Caravan fournies par le fabricant de l'aéronef révèlent que la course au décollage sur une surface gravelée dure devrait être plus longue d'environ 11 % que sur une piste de décollage bétonnée et sèche. La course au décollage supplémentaire observée dans le cadre du vol ayant mené à l'accident était fort probablement attribuable à la surface gravelée de la piste, à son état, à la masse brute de l'aéronef et au vent ambiant. L'aérodrome de Snow Lake et d'autres aérodromes à partir desquels la compagnie mène ses activités comportent des pistes à surface gravelée.

La présence de glace aurait réduit la marge entre la vitesse de décrochage et la vitesse de décollage.

1.6.4 Technique de décollage court

La compagnie utilise la technique de décollage court suivante :

- procéder à un décollage sur la lancée avec application graduelle de la puissance,
- utiliser la gouverne de profondeur pour alléger la charge sur la roue avant,
- lever le nez de la piste dès que la vitesse indiquée le permet,
- une fois la vitesse indiquée normale de départ atteinte, atteindre la vitesse de cabrage et effectuer la montée initiale.

Le pilote a utilisé cette procédure dans le cadre du vol en cause, et d'autres exploitants de C208 s'en servent aux aéroports dotés de pistes à surface gravelée, afin de minimiser les dommages à l'hélice. Le décollage sur la lancée mis en œuvre dans le cadre de la procédure constitue une variante de la technique de décollage court figurant dans le manuel de vol de l'aéronef. Un décollage sur la lancée prolonge la distance d'un décollage normal ou court figurant dans le manuel de vol de l'aéronef et est tributaire de la technique utilisée par le pilote.

1.6.5 Mesures de protection contre la glace

L'aéronef est conçu pour des vols en conditions de givrage connues, et le manuel de vol de l'aéronef (supplément S1, révision 10) expose les restrictions et les procédures liées aux vols en conditions de givrage. Le supplément prescrit une masse brute maximale de 8550 livres, avec un conteneur de fret, lorsque l'aéronef est exploité en conditions de givrage. Le décollage doit se faire avec les volets réglés à 20°, une vitesse indiquée minimale en conditions de givrage de

120 nœuds, volets sortis, et de 105 nœuds, volets réglés à 10°, exclusion faite du décollage et de l'atterrissage⁴.

Le manuel de vol de l'aéronef contient les avertissements suivants [en anglais seulement] :

PREFLIGHT INSPECTION (Continued)

EMPENNAGE

WARNING

It is essential in cold weather to remove even small accumulations of frost, ice, snow, or slush from the tail and control surfaces. To assure complete removal of contamination, conduct a visual and tactile inspection of all surfaces. Exercise caution to avoid distorting vortex generators on the horizontal stabilizer while deicing. Also, make sure the control surfaces contain no internal accumulations of ice or debris.

[...]

BEFORE TAKEOFF (Continued)

WARNING

- When ground icing conditions are present, a pre-takeoff visual and tactile check should be conducted by the pilot in command within 5 minutes of takeoff, preferably just prior to taxiing onto the active runway.
- Takeoff is prohibited with any frost, ice, snow, or slush adhering to the wings, horizontal stabilizer, vertical stabilizer, control surfaces, propeller blades, and engine inlets.
- Even small amounts of frost, ice, snow or slush on the wing may adversely change lift and drag. Failure to remove these contaminants will degrade airplane performance and may prevent a safe takeoff and climbout⁵.

1.6.6 Système d'avertissement de décrochage

Le système d'avertissement de décrochage de l'aéronef est conçu de façon à activer un avertisseur lorsque la vitesse est supérieure de 5 à 10 nœuds à la vitesse de décrochage, quelle que soit la configuration. La vitesse de décrochage publiée pour une aile exempte de contaminants et une configuration avec volets sortis et un angle d'inclinaison de 0° à 9062 livres avec le système APE II est de 63 nœuds (KIAS). Selon le manuel de vol de l'aéronef, une perte d'altitude durant une sortie de décrochage peut atteindre 300 pieds, dans le cas d'un

⁴ *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Cessna Model 208B (675 SHP), supplément S1 : Known Icing Equipment (révision 10, 20 février 2007).*

⁵ *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Cessna Model 208B (675 SHP) (révision 23, s.d.), section 4 : Normal Procedures, pages 4-11 et 4-21 [original en gras et en majuscules].*

décrochage avec ailes à l'horizontale, et davantage dans un virage; en cas de tremblements annonçant un décrochage ou d'oscillations intempestives en tangage, le manuel conseille de réduire l'assiette en tangage de l'aéronef tout en augmentant la puissance du moteur jusqu'au réglage de la puissance maximale continue. Le manuel de vol de l'aéronef recommande de sortir promptement les volets à 10° pour stabiliser l'aéronef et de porter la vitesse indiquée à 110 KIAS ou plus avant de rentrer les volets.

La section portant sur le taux de montée (Rate of Climb) du supplément S1 du manuel de vol stipule ce qui suit :

Ice accumulation on the airframe may cause a loss in rate-of-climb. Expect the service ceiling of the airplane to be significantly reduced. With some ice accumulations, climbing to exit icing conditions may not be an option. Even after cycling the de-ice boots, residual ice on the airframe can result in a decrease in climb performance and service ceiling compared to a clean airframe⁶.

La section portant sur les vitesses de décrochage (Stall Speeds) du supplément S1 du manuel de vol de l'aéronef stipule ce qui suit :

Ice accumulation on the airframe may result in a 20 KIAS increase in stall speed. Either buffet or aural stall warning should be treated as an imminent stall⁷.

1.7 Renseignements météorologiques

Le 17 novembre 2012 à 12 h, temps universel coordonné (UTC), la carte « nuages et temps » de la prévision de zone graphique (GFA) (annexe D) et la carte représentant les conditions de givrage et de turbulence ainsi que le niveau de congélation (GFA)(annexe E) prédisaient des bases nuageuses à 3000 agl, ainsi que des bases nuageuses, par endroits, de 1200 pieds agl, pour la trajectoire du vol allant de Winnipeg à Snow Lake. Des conditions de givrage mixte et modéré dans les nuages entre 3000 pieds et 6000 pieds agl étaient prévues, et dans le secteur sud du vol, la présence intermittente de glace transparente dans des zones isolées de bruine verglaçante était prévue.

Il n'y a pas d'observation météorologique régulière disponible pour l'aérodrome de Snow Lake. Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) diffusé pour Flin Flon (Manitoba), à 67 milles marins (nm) à l'ouest de Snow Lake, le 18 novembre 2012 à 10 h, s'énonçait comme suit : vent du 140° vrai (°V) à 5 nœuds, visibilité de 1,5 mille terrestre (sm) dans des conditions de bruine, visibilité verticale de 200 pieds, température de -4 °C, point de rosée de -4 °C; remarque : 8 octas de brouillard⁸. La section des remarques comprend l'état du ciel, pour les couches en altitude. Une visibilité verticale (VV) est indiquée en centaines de pieds lorsque le ciel est obscurci⁹.

⁶ *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Cessna Model 208B (675 SHP)*, supplément S1 (révision 10, 20 février 2007), section 5, page 47.

⁷ Ibid., page 47.

⁸ Un octa correspond à un huitième de la voûte céleste obscurcie d'une façon ou d'une autre, en général, par des nuages, du brouillard, etc.

⁹ Transports Canada, TP14371 : *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*, MET : Météorologie (4 avril 2014), section 3.15.3(o), page 155.

Le METAR du 18 novembre 2012 à 10 h pour The Pas (Manitoba), à 71 nm au sud-ouest de Snow Lake, indiquait ce qui suit : vent du 140 °V à 8 nœuds, visibilité de 1 sm dans des conditions de bruine, visibilité verticale de 300 pieds, température de 0 °C et point de rosée de 0 °C; remarque : 8 octas de brouillard.

La carte « nuages et temps » de la GFA pour le 18 novembre 2012 à 6 h, de 6 h à 12 h UTC (annexe B), indiquait que la zone était touchée par un système dépressionnaire centré au-dessus du centre de l'Alberta qui a entraîné la formation de nuages denses au-dessus du centre du Manitoba, avec des plafonds étendus de 300 à 500 pieds agl, une visibilité de 2 à 6 sm dans des conditions de neige, de neige légère et de bruine, des plafonds locaux de 100 à 300 pieds agl et une visibilité de 1 à 3 sm dans des conditions de neige, de bruine verglaçante légère, de flocons de neige et de bruine. La GFA (annexe C) prédisait des conditions locales et intermittentes de givrage mixte et modéré dans les nuages de 3000 pieds à 5000 pieds agl, et de la glace transparente à partir du sol jusqu'à 3000 pieds agl dans des conditions locales de bruine verglaçante. Le point de congélation se trouvait au sol.

1.8 *Aides à la navigation*

Sans objet.

1.9 *Communications*

Aucune information n'indiquait que le pilote aurait envoyé des messages radio avant ou durant l'événement.

1.10 *Renseignements sur l'aérodrome*

L'aérodrome de Snow Lake est un aérodrome enregistré dont la ville de Snow Lake est propriétaire et exploitant. Il se trouve à environ 9 nm au sud de Snow Lake. Outre des travaux de maintenance, aucun service commercial n'y est effectué. Gogal entrepose dans un petit hangar le matériel dont elle se sert pour la maintenance et la réparation de ses avions, et elle fournit ses propres installations de ravitaillement. L'aérodrome possède une seule piste, soit la piste 03/21, qui présente une longueur de 3510 pieds et une largeur de 75 pieds et se trouve à une altitude de 993 pieds au-dessus du niveau moyen de la mer. La piste 21 présente une pente ascendante de 0,6 % sur les 1500 premiers pieds, et une pente descendante de 0,7 % sur les 2010 pieds restants. La piste, à surface gravelée, était exempte de neige et ferme au moment de l'événement.

L'espace aérien se trouvant dans le voisinage immédiat de Snow Lake n'est pas contrôlé. Selon le RAC, dans un espace aérien non contrôlé, les aéronefs qui volent à une altitude inférieure à 1000 pieds agl doivent rester à l'écart des nuages, et la visibilité en vol ne doit pas être inférieure à 2 milles, de jour¹⁰.

¹⁰ *Règlement de l'aviation canadien (RAC), sous-partie 602, division VI : Règles de vol à vue, article 602.115.*

1.11 *Enregistreurs de bord*

1.11.1 *Généralités*

L'aéronef n'était pas doté d'un enregistreur de données de vol (FDR) ou d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR), et n'était pas tenu de l'être aux termes de la réglementation en vigueur. L'aéronef comportait 2 systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton et un système d'acquisition de données aérologiques. Ces 2 systèmes pouvaient emmagasiner les données électroniques ayant trait au vol en cause. Les systèmes d'instruments de vol électroniques et le système d'acquisition de données aérologiques ont été envoyés au Laboratoire du BST en vue de l'extraction de l'information qu'ils contenaient.

1.11.2 *Système d'acquisition de données aérologiques*

Le système d'acquisition de données aérologiques est monté dans le compartiment moteur et enregistre la date et l'heure, la température inter-turbines, le couple, le régime (exprimé en tours par minute, ou tr/min) du générateur de gaz (Ng), le régime (exprimé en tr/min) de la turbine de puissance (Np), le débit de carburant, l'altitude, la vitesse indiquée, la tension sur la barre omnibus et le dépassement des paramètres du moteur.

Selon l'information récupérée, l'aéronef a décollé au réglage de puissance maximale recommandée de 1865 livres-pieds (lb-pi) pour le couple moteur, et à une vitesse d'hélice de 1900 tr/min. La vitesse du moteur, la température et le débit de carburant étaient normaux. Une fois l'avion en vol, le couple moteur et la vitesse de l'hélice ont été réduits à 1727 lb-pi et à 1847 tr/min respectivement, et ils sont demeurés à ces valeurs jusqu'à 3 secondes avant l'impact, moment où le moteur atteignait sa pleine puissance disponible, soit 2400 lb-pi de couple en mode d'accélération, avec un taux normal d'accélération. Le régime de l'hélice est passé à 1855 tr/min. Aucune anomalie moteur ni aucun problème de performance n'ont été signalés.

1.11.3 *Information tirée des systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton*

Les unités d'affichage des 2 systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton indiquent la date et l'heure, la latitude et la longitude, l'altitude au-dessus du niveau moyen de la mer, l'angle de tangage et d'inclinaison, le cap et la trajectoire, la vitesse indiquée, la vitesse vraie, la vitesse-sol, la vitesse verticale, la vitesse du vent, la direction du vent, la température extérieure ambiante, l'altitude densité, le débit de carburant et la valeur indiquée par le totalisateur de carburant. Ces paramètres sont enregistrés à des intervalles allant de 1 à 3 secondes, selon le paramètre considéré. Aucune information relative aux commandes de vol ou à l'entrée des commandes n'est consignée.

L'information récupérée indiquait que l'estampille temporelle n'était pas la même sur les 2 fichiers journal des unités d'affichage; ainsi, il n'a pas été possible d'établir de corrélation temporelle directe entre les 2 fichiers. Un alignement et une comparaison des 2 ensembles de données ont permis de déterminer qu'il n'existait que de légères différences entre les données des 2 fichiers. Compte tenu des irrégularités observées dans les vitesses enregistrées de l'aéronef, l'utilisation de ces vitesses aux fins d'analyse posait problème. Il a été établi que la latitude et la longitude de l'aéronef étaient exactes; ces données ont donc été utilisées dans le calcul de la distance parcourue et des vitesses de l'aéronef. Dans l'annexe G, la vitesse-sol

calculée enregistrée au cours du vol en cause est comparée à la vitesse-sol calculée observée au cours des 4 vols précédents. Les vitesses calculées ne présentaient pas les anomalies découlant des irrégularités que l'on retrouvait dans les vitesses enregistrées. Les 2 unités d'affichage ont enregistré l'angle de tangage de l'aéronef. L'annexe F présente une comparaison des angles de tangage enregistrés au cours du vol en cause et des angles de tangage enregistrés au cours des 4 vols précédents. La vitesse corrigée a été utilisée au cours de l'examen de l'information tirée des systèmes d'instruments de vol électroniques, car les erreurs dans la vitesse indiquée en nœuds ou les écarts momentanés par rapport à cette dernière n'ont pas été enregistrés.

Les données enregistrées indiquaient qu'après le décollage, l'aéronef a commencé à monter à une vitesse corrigée se situant entre 85 et 90 nœuds, et il a atteint une vitesse maximale de 90 nœuds. L'angle de tangage est demeuré à environ 9° tandis que l'angle de trajectoire de vol se situait entre 2° et 4°. Entre 9 h 55 min 28 s et 9 h 55 min 32 s, l'angle de tangage a diminué à environ 8°. À 9 h 55 min 32 s, l'angle de tangage a commencé à augmenter de nouveau, la vitesse corrigée demeurant à une valeur entre 85 et 90 nœuds. À partir de 9 h 55 min 39 s, la vitesse corrigée calculée et l'angle de la trajectoire de vol ont commencé à diminuer; l'angle de tangage était d'environ 11°. La diminution de l'angle de trajectoire de vol indiquait que l'angle d'attaque augmentait, cet angle se situant à environ 10°. De 9 h 55 min 44 s à 9 h 55 min 50 s, l'angle de tangage a commencé à fluctuer entre 11° et 13°. À 9 h 55 min 50 s, l'angle de tangage a commencé à augmenter alors que l'angle de trajectoire de vol commençait à diminuer, ce qui signifiait que l'angle d'attaque augmentait¹¹. À 9 h 55 min 54 s, l'angle de tangage a atteint un maximum de 17° et l'angle de trajectoire de vol se situait entre 1° et 2°. Après 9 h 55 min 54 s, l'angle de tangage et l'angle de trajectoire de vol ont chuté rapidement, ce qui indiquait une augmentation de l'angle d'attaque, qui passait alors de 10° à 30°. Le comportement des données porte à croire que l'aéronef se trouvait en situation de décrochage 5 secondes avant la fin des données. Un schéma de la trajectoire de vol calculée figure à l'annexe H.

Les valeurs de vitesse et de distance au décollage de l'aéronef en cause ont été comparées aux paramètres fournis dans les données relatives aux performances de décollage. La documentation du système APE II comprenait les données relatives aux performances de décollage. Les conclusions d'un examen portant sur les paramètres moteurs de l'aéronef enregistrés au cours du décollage du vol en cause concordent avec les exigences figurant dans les données relatives aux performances de décollage, ce qui signifie que les résultats de la comparaison des données relatives aux performances enregistrées durant le vol en cause et des données relatives aux performances de décollage sont valides. Les données relatives aux performances figurant dans le manuel de vol de l'aéronef tiennent compte d'une température de 0 °C, d'une altitude barométrique de 800 pieds et d'une masse de 9062 livres. La comparaison des distances de décollage et des vitesses de décollage figure au tableau 2.

¹¹ « L'angle d'attaque désigne l'angle entre l'air entrant ou le vent relatif et une ligne de référence sur l'avion ou une aile. [...] On confond parfois l'angle d'attaque avec l'angle de tangage ou l'angle de la trajectoire de vol. L'angle de tangage (assiette) est l'angle entre l'axe longitudinal (sens vers lequel pointe l'avion) et l'horizon. Cet angle est affiché sur l'indicateur d'assiette, ou horizon artificiel. L'angle de la trajectoire de vol désigne l'angle entre le vecteur de trajectoire de vol et l'horizon, également connu sous le nom d'angle de montée (ou de descente). » [traduction] Source : Boeing [en ligne], magazine *Aero*, n° 12, « What is angle of attack? », accessible au http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/_aero_12/attack_whatisaoa.html (dernière consultation le 9 mai 2014).

Tableau 2. Comparaison des distances de décollage et des vitesses de décollage

Paramètre	Événement	STC - Volets réglés à 0°	STC - Volets réglés à 20°
Course au décollage (en pieds)	2215	2190	1495
Vitesse corrigée au décollage (en nœuds)	78	83	70-75

STC = certificat de type supplémentaire

Le fabricant de l'aéronef, Cessna, a fourni des données pour la montée, mais a ajouté que l'aéronef comportait un STC qui en modifiait les performances, ce qui pourrait rendre son analyse non pertinente.

La vitesse-sol de l'aéronef calculée par les systèmes Chelton, dont fait état l'annexe F, indique qu'à environ 20 secondes avant la fin des données, il existe 7 points de données de 1 seconde, ce qui indique une hausse soudaine de la vitesse-sol d'environ 10 nœuds. La hausse soudaine est suivie par des oscillations des angles de tangage de l'aéronef se poursuivant jusqu'à la fin des données, comme en témoignent les angles de tangage calculés de l'aéronef (annexe G). Aucun changement des paramètres moteur n'a été relevé à ce moment. Une hausse soudaine de la vitesse-sol peut résulter d'un changement dans la vitesse du vent ou dans la direction du vent en altitude, ou encore de la rentrée des volets de l'aéronef, ou d'anomalies au niveau du système de positionnement mondial (GPS). Environ 10 secondes après la hausse soudaine de la vitesse-sol, on constate une augmentation de l'angle de tangage de l'aéronef, plusieurs oscillations subséquentes en tangage ainsi qu'une diminution de la vitesse et de l'altitude, ce qui concorde avec un décrochage.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef a percuté le sol sur un cap de 210°, à environ 0,9 nm après la fin de la piste 21 et à environ 70 mètres à droite du prolongement de l'axe de la piste. Durant sa descente, l'aéronef a frappé des arbres d'une hauteur d'environ 30 pieds dans une légère assiette de piqué. Les ailes ont été endommagées lorsqu'elles ont frappé les arbres, et la portion extérieure du stabilisateur horizontal droit et de la gouverne de profondeur a été arrachée et est demeurée accrochée dans les arbres. L'aéronef a percuté le sol sur une pente ascendante douce, ce qui a causé son arrêt soudain. La roue avant et le conteneur de fret ventral de l'aéronef ont été arrachés, les éléments du train principal se sont écartés, et le nez et la structure du plancher se sont déformés. Tous ces facteurs ont contribué à réduire les charges d'impact auxquelles ont été soumis les occupants de l'appareil. L'aéronef a fait un mouvement de lacet vers la droite et a glissé sur une distance d'environ 30 pieds avant de s'immobiliser. L'angle de descente et la glissade sur une courte distance sur le sol indiquent que l'aéronef subissait un décrochage à faible vitesse indiquée avant de frapper les arbres.

L'hélice et le réducteur ont été arrachés du moteur; à la suite de l'écrasement, un petit incendie s'est déclaré dans la partie avant du moteur. Du carburant s'est échappé des 2 réservoirs de voilure, mais ne s'est pas enflammé. L'épave a été examinée et la continuité des commandes de vol a été établie. Les volets se trouvaient en position sortie (0°). L'endommagement de l'hélice

indique que le moteur développait une puissance substantielle au moment de l'impact. Aucune défektivité ou anomalie pré-existante n'a été trouvée dans l'aéronef ou le moteur.

Environ 3 heures après l'événement, on a trouvé du givre sur le bord d'attaque du stabilisateur vertical. La plupart des bords d'attaque des ailes et des stabilisateurs horizontaux étaient trop gravement endommagés pour que l'on puisse déterminer s'il y avait de la glace.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'enquête, rien ne donne à croire que des facteurs physiologiques aient pu nuire au rendement du pilote.

1.14 Incendie

La batterie de l'aéronef est montée sur la cloison pare-feu du moteur et est pourvue d'un dispositif à charnière inclinable pour en faciliter la dépose et la pose. Au moment de l'impact, la batterie a basculé vers l'avant et a été projetée hors de l'aéronef, ce qui a éliminé la source d'alimentation électrique. L'hélice et une partie du réducteur se sont séparées du moteur au moment de l'impact. L'huile moteur présente dans le réducteur s'est déversée et s'est enflammée au contact des composants chauds du moteur et du système d'échappement. L'incendie s'est éteint de lui-même après plusieurs minutes en raison de l'épuisement de sa source (l'huile moteur). L'incendie n'a pas eu d'incidence négative sur la possibilité de survie des occupants après l'événement.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Sauvetage

L'aéronef était pourvu d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) de 406 mégahertz (MHz), qui s'est activée au moment de l'impact. Le Centre conjoint de coordination de sauvetage a envoyé un avion de recherches CC-130 Hercules de Winnipeg. En raison des conditions météorologiques qui sévissaient à Snow Lake, les techniciens de recherche et sauvetage qui se trouvaient à bord ont été dans l'impossibilité de sauter en parachute pour accéder au site.

Plusieurs des passagers ont été en mesure de communiquer avec les premiers intervenants par téléphone cellulaire. L'arrivée des intervenants sur le site a été retardée d'environ 3 heures, puisqu'on ne connaissait pas avec certitude l'emplacement exact du site et que la progression des véhicules s'est révélée difficile en raison du relief rocailleux et boisé.

Le pilote et le passager occupant le siège avant droit portaient des harnais 5 points. Ils ont tous deux subi des blessures en percutant leur volant de commande et leur tableau de bord respectifs. Le passager occupant le siège avant droit a été blessé en frappant le volant de commande droit, le tableau de bord et l'écran anti-éblouissement, et est demeuré inconscient pendant plusieurs minutes. Les passagers avaient subi des blessures de divers degrés de gravité, en raison des forces de l'impact; 5 d'entre eux ont pu sortir de l'épave en empruntant la porte de sortie arrière. L'un des passagers occupant les sièges arrière était coincé dans son siège et ne pouvait bouger. Les 2 personnes sont demeurées dans l'avion jusqu'à l'arrivée des services

d'urgence. Les survivants ont été amenés à l'hôpital de Snow Lake pour y recevoir des soins médicaux et ont par la suite été évacués par avion.

1.15.2 Structure de l'aéronef

De par sa conception, le Cessna 208 Caravan atténue les charges d'écrasement auxquelles sont soumis les occupants grâce à l'absorption des charges d'impact par le circuit du train d'atterrissage, à la cession limitée de la structure se trouvant sous le plancher de l'aéronef, à des systèmes de retenue des occupants et à des sièges absorbeurs d'énergie pour les membres de l'équipage, pourvus d'un socle à course verticale. On a examiné ces facteurs afin de déterminer l'incidence qu'ils ont eue sur les chances de survie des occupants. Bien que l'impact soit survenu à une vitesse indiquée relativement basse, le contact initial avec le sol en pente ascendante aurait causé une force de décélération plus élevée et un facteur de charge g^{12} plus élevé pour les occupants.

L'examen de la structure se trouvant sous le plancher de l'aéronef a révélé une déformation et une cession du plancher sous les sièges des membres de l'équipage. L'avant de l'aéronef et le tableau de bord s'étaient pliés et comprimés vers l'arrière. Ces 2 aspects se sont combinés pour réduire le jeu entre la tête des occupants des sièges avant et le tableau. Les systèmes de retenue 5 points du pilote et du copilote ont été examinés, et aucun défaut ni aucune défectuosité n'ont été trouvés dans les sangles des ceintures, le harnais rétractable ou les boucles des ceintures. Les sièges des membres de l'équipage sont conçus pour réduire les charges d'impact vertical auxquelles sont soumis leurs occupants, au moyen d'une série de tubes en C rétractables, de tubes d'écrasement et de la déformation des plateaux des sièges. L'examen des 2 sièges a permis de déterminer que leurs mécanismes rétractables avaient été déformés jusqu'à leur capacité maximale d'écrasement, ce qui indique que les forces d'impact excédaient les tolérances de fabrication des sièges. Les sièges sont demeurés fixés à leurs rails. Le siège du copilote était positionné à la limite de sa butée arrière; le siège du pilote était positionné à 9 pouces à l'avant de la butée arrière. L'enquête a permis de conclure que les forces de l'impact excédaient les tolérances de résistance à l'impact de l'aéronef. La déformation ou la compression de la structure se trouvant sous le plancher ainsi que le fléchissement ou le mouvement du tableau de bord, de même que l'écrasement et le positionnement vers l'avant du siège du pilote, ont réduit l'espace vital du pilote à un point tel qu'il lui était impossible de survivre à l'accident. Le passager occupant le siège avant a perdu connaissance, mais a probablement survécu en raison du positionnement de ce siège contre la butée arrière.

Les passagers qui prenaient place dans la cabine ont subi des blessures présentant différents degrés de gravité. L'espace vital de la cabine est demeuré intact, et tous les sièges ont subi une déformation plus ou moins grande en raison des charges d'écrasement. Une vidéo tournée au moment où l'aéronef circulait sur la piste avant son décollage montre que plusieurs des occupants ne portaient pas leurs ceintures abdominales ou leurs harnais d'épaule. Un des voyageurs non retenus prenait place sur la banquette située à l'arrière de l'aéronef, et un autre passager était en position couchée, son dossier rabaissé au maximum et ses pieds sur le haut du dossier du siège se trouvant directement devant lui. Lors de l'impact, les passagers non retenus ont été projetés vers l'avant, percutant les sièges et les éléments de la structure de l'aéronef se trouvant devant eux, ce qui a aggravé leurs blessures et celles des autres passagers.

¹² Il s'agit de la force d'accélération gravitationnelle.

L'article 703.39 du RAC et le manuel d'exploitation de la compagnie (chapitre 3, annexe B) précisent que tous les passagers doivent assister à un exposé à leur intention avant le départ. Cet exposé a pour but de les aviser de la nécessité d'être assis et de porter l'équipement de retenue au moment du départ. L'exposé n'avait pas été donné aux passagers.

1.16 *Essais et recherches*

Sans objet.

1.17 *Renseignements sur les organismes et sur la gestion*

1.17.1 *Gogal Air Services Limited*

Gogal est autorisée à mener des opérations non régulières de transport aérien intérieur selon les règles de vol à vue aux termes des sous-parties 702 et 703 du RAC, entre des lieux au Canada et à l'étranger. Le gestionnaire des opérations était également le pilote en chef et la personne responsable de la maintenance (PRM). Le pilote en cause dans l'accident pilotait le seul Cessna 208B de la compagnie et coordonnait ses manœuvres et sa maintenance.

Selon le manuel d'exploitation de la compagnie (chapitre 1.3), le gestionnaire des opérations est responsable de la sécurité des opérations de vol. De manière plus précise, les responsabilités rattachées à ce poste comprennent la commande des opérations et les normes opérationnelles de tous les avions exploités¹³. Le chapitre 2 du manuel d'exploitation de la compagnie précise que tout vol doit faire l'objet d'une approbation préalable au départ par le gestionnaire des opérations ou le pilote en chef. Le gestionnaire des opérations délègue au commandant de bord le contrôle opérationnel des vols, mais demeure responsable de l'exploitation des vols dans leur ensemble¹⁴. La section 2.1.2 du manuel d'exploitation de la compagnie stipule ce qui suit :

A flight release will be given when the pilot-in-command has determined that:

- (a) The flight may be conducted in accordance with the Air Operator Certificate, Operations Specifications, issued to the company, and with all Canadian Aviation Regulations and Standards;
- (b) The validity of all required licences, permits, certificates, has been verified;
- (c) All required aircraft maintenance work has been completed (aircraft is airworthy) and sufficient flying time remains on the aircraft before any scheduled maintenance; and
- (d) An Operational Flight Plan/Flight Plan/Flight Itinerary has been completed as appropriate¹⁵.

Toujours selon le manuel d'exploitation de la compagnie, le poids calculé pour chaque passager de sexe masculin durant l'hiver est de 206 livres, et la masse de l'aéronef au décollage et à

¹³ Gogal Air Services Limited, *manuel d'exploitation de Gogal Air Services Limited* (modification 7-29 : octobre 2003), chapitre 1.3.

¹⁴ Ibid., chapitre 2.

¹⁵ Ibid., chapitre 2.12.

l'atterrissage doit être conforme aux limites précisées dans les manuels de vol de l'avion pertinents. Le poids de l'essence aviation (AVGAS) et de l'huile ont été précisés, mais aucun poids standard pour le carburéacteur Jet A n'a été fourni. Dans le cadre de l'enquête, on s'est servi des poids standard tirés du *Supplément de vol – Canada*.

L'information fournie indiquait que le vol en cause se déroulait selon un itinéraire de vol précis. L'itinéraire de vol et le manifeste de vol avaient été fournis au président de la compagnie et au gestionnaire des opérations, qui les avaient approuvés. Le gestionnaire des opérations était le pilote de l'aéronef Piper PA-31-350 de la compagnie, qui effectuait l'autre vol à destination de Winnipeg le matin de l'accident.

1.17.2 *Supervision par Transports Canada*

Selon l'article 720.01 des *Normes de service aérien commercial*, un service aérien régulier est un service public de transport aérien de passagers assuré entre 2 points conformément à un horaire affiché, à un prix par place. Si un exploitant aérien demande que son certificat d'exploitation aérienne contienne un point desservi sur une base régulière, Transports Canada évalue la capacité du demandeur à respecter les Normes de service aérien commercial pour ce genre d'opération, conformément à l'alinéa 703.07(1)e) du RAC. Le service entre Winnipeg et Snow Lake n'était pas structuré comme un service régulier, mais plutôt comme un service d'affrètement. Les opérations de vol de la compagnie consistant à transporter le personnel affecté aux opérations minières locales étaient récurrentes, mais ne présentaient pas les autres caractéristiques d'un service aérien régulier au sens donné à ce terme à la sous-partie 720 des *Normes de service aérien commercial*. En conséquence, aucune disposition réglementaire n'exigeait que soit présentée une demande de certificat d'exploitation aérienne régulière.

Les opérations régulières comportent des risques supplémentaires pour leurs exploitants, comparativement aux opérations non régulières, en ceci que le public s'attend à ce que le vol ait lieu. Toutefois, Gogal n'offrait pas une opération aérienne régulière aux termes de la réglementation en vigueur de TC. En conséquence, même si le vol avait lieu de manière récurrente, le degré de supervision de ces activités par Transports Canada n'a pas été le même que celui auquel sont soumis les exploitants de services réguliers.

La politique de Transports Canada consiste à rendre visite à chaque exploitant menant ses activités aux termes des sous-parties 702 et 703 du RAC tous les 5 ans au minimum, en vue de la tenue d'une inspection de validation de programme. On élabore ensuite une matrice des risques à partir de laquelle est attribuée, à chaque exploitant, une cote correspondant à son risque relatif. Selon le facteur de risque en cause, des inspections de validation de programme plus fréquentes sont prévues.

Transports Canada n'a pas rendu visite à Gogal au cours de l'année précédant l'événement; les visites précédentes avaient eu lieu en mars 2010 et avant cela, en juin 2009.

Un sommaire des conclusions tirées à la suite de la visite de mars 2010 comprenait 1 conclusion en matière de non-conformité aux *Normes de service aérien commercial* et 1 conclusion en matière de non-conformité au manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie :

- Contrôle opérationnel - 703.105(1) : Contenu du manuel d'exploitation de la compagnie (Le manuel d'exploitation de la compagnie, qui peut être publié en parties distinctes portant sur des éléments particuliers de l'exploitation, doit comprendre les instructions

et les renseignements permettant au personnel concerné d'exercer ses fonctions en toute sécurité et doit contenir les renseignements qu'exigent les *Normes de service aérien commercial*.) Des exemples de non-conformité comprenaient ce qui suit : « les périodes de vol/service et de repos nécessitent la mise à jour des Normes de service aérien commercial et du formulaire électronique utilisé »; et « documentation incomplète pour la formation sur la maintenance courante et la préparation au sol des giravions »¹⁶.

- Système qualité (Programme d'évaluation) – 706.07(1) : Programme d'assurance de la qualité (Pour faire en sorte que son système de contrôle de la maintenance et les calendriers de maintenance qui en font partie continuent d'être efficaces et conformes au présent règlement, l'exploitant aérien doit établir et maintenir un programme d'assurance de la qualité qui, à la fois : a) relève exclusivement du responsable du système de contrôle de la maintenance nommé en vertu de l'alinéa 706.03(1)a); b) est conforme aux exigences de l'article 726.07 de la norme 726 — Exigences de maintenance des aéronefs pour les exploitants aériens des Normes de service aérien commercial.) Des exemples de non-conformité¹⁷ comprenaient ce qui suit :
 - Pour plusieurs secteurs ayant fait l'objet de vérifications, les preuves de conformité n'étaient pas documentées ou n'ont pas pu être étayées. Il n'a pas été possible de déterminer si la fréquence d'échantillonnage était proportionnelle aux activités de la compagnie.
 - Les documents présentés pour la planification des travaux de maintenance ne faisaient ni la mention, ni le suivi des exigences ayant trait aux activités d'inspection relatives à la durée de vie : détecteur de limaille - 12 mois; lubrification des paliers - 3 ans; inspection - 12 ans; révision limitée et inspection de la corrosion portant sur le crochet délesteur de fret.
 - Selon les feuilles de vérification des audits internes, aucun aéronef n'a fait l'objet d'un échantillonnage au cours des cycles des audits de 2009 et de 2010, en raison de leur non-disponibilité.

Selon les exemples de non-conformité déterminés, une modification nécessaire au manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie n'a pas été présentée à Transports Canada, et cette conclusion n'a pas fait l'objet d'une réouverture administrative en vue de la prise des mesures nécessaires au cours du cycle d'audits de 2010. Les feuilles de vérification préalable aux audits de 2010 faisaient état d'un changement nécessaire à la procédure de modification.

Transports Canada a soumis Gogal à une inspection de validation de programme à la suite de l'accident, durant la période allant du 3 au 7 décembre 2012. L'inspection avait pour objet de déterminer si Gogal disposait d'un programme d'assurance qualité (AQ) efficace et d'un système de contrôle opérationnel. L'inspection de validation de programme a été menée en vue de déterminer le degré de conformité au RAC ainsi qu'aux manuels et documents de la compagnie. Cette inspection a permis de déterminer que Gogal ne satisfaisait pas à toutes les exigences réglementaires. Les points sur lesquels il y avait non-conformité sont les suivants :

- Trois pilotes de la compagnie n'avaient pas reçu la formation préparatoire de la compagnie mentionnée à l'alinéa 703.99(1)c) du RAC.

¹⁶ Transports Canada, Système de gestion des dossiers, des documents et de l'information (SGDDI).

¹⁷ *Idem*.

- Gogal n'a pas conservé une copie du plus récent examen écrit de chaque pilote pour chaque aéronef pour lequel le pilote avait une qualification, conformément à l'article 703.99(3) du RAC.
- Gogal n'a pas avisé le ministère des Transports dans les 10 jours ouvrables qu'elle avait cessé d'exploiter un avion Maule ML4 et un avion de Havilland DHC-2, comme l'exigeait le certificat d'exploitation de Gogal.
- Le manuel d'exploitation de Gogal ne contenait pas une description de son système de contrôle opérationnel de type D.
- Le système de signalisation des défauts dont faisait état le manuel d'exploitation de la compagnie ne correspondait pas à celui dont il était question dans le manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie.
- Le manuel d'exploitation de la compagnie faisait référence à des périodes de validité de 24 mois pour les vérifications compétence pilote, bien que la période de validité soit de 12 mois.
- Le système d'audit interne de la compagnie avait exigé plusieurs modifications au manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie ayant trait aux dossiers de maintenance des aéronefs, et ces modifications n'avaient pas été apportées.
- L'organisme de maintenance agréé de la compagnie n'avait pas fait une modification nécessaire à la liste de l'équipement des aéronefs.
- Le pilote en chef de Gogal n'avait pas entré les défauts connus dans le registre de l'aéronef C-GBAO comme l'exigeait le RAC, et a ensuite piloté l'aéronef avant la correction des défauts.
- Plusieurs activités de maintenance obligatoires ayant trait à l'aéronef C-GBAO n'avaient pas été menées au moment opportun.

Gogal a présenté un plan de mesures correctives le 29 janvier 2013 pour résoudre ces problèmes, lesquels l'ont été. Une inspection de suivi a été effectuée du 10 au 14 juin 2013 et il a été établi que les mesures correctives avaient été mises en œuvre comme il se devait.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Recommandation antérieure du Bureau de la sécurité des transports : systèmes légers d'enregistrement des données de vol

En juin 2012, il y avait 6957 aéronefs immatriculés exploités à titre commercial inscrits au Registre d'immatriculation des aéronefs civils canadiens, dont 5453 (78,4 %) de moins de 5700 kg. La plupart des aéronefs de moins de 5700 kg exploités à titre commercial le sont aux termes des sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) ou 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du RAC. Ils comptent pour 88 % de tous les accidents, 87 % de toutes les pertes de vie et 82 % de toutes les blessures graves mettant en cause des aéronefs exploités à titre commercial et immatriculés au Canada au cours des 10 dernières années. Si on ajoute les accidents mettant en cause les services aériens de navette exploités aux termes de la sous-partie 704 du RAC à ces chiffres, le pourcentage des accidents passe à 91 %, et celui des pertes de vie, à 93 %. Un grand nombre des aéronefs exploités par ces compagnies ne sont pas tenus d'être équipés d'un certain type d'enregistreur de bord.

Ces plus petits exploitants font face à de dures conditions, comme une topographie difficile, et desservent habituellement des aéroports plus petits et éloignés offrant moins d'infrastructure. Ces compagnies exploitent souvent des aéronefs plus petits et plus anciens dotés de systèmes de navigation et d'avertissement moins sophistiqués, qui entraînent une augmentation de la charge de travail de l'équipage. Les équipages de conduite qui travaillent pour ces exploitants sont souvent en train de gravir les échelons dans l'industrie et ont peut-être moins de formation et d'expérience, et ils n'ont pas souvent accès à des mentors capables de leur transmettre leur expérience.

En revanche, de 2001 à 2012, les grands transporteurs canadiens exploités aux termes de la sous-partie 705 du RAC n'ont enregistré qu'un seul accident mortel¹⁸. Ces grands transporteurs commerciaux sont obligés d'avoir des systèmes de gestion de la sécurité (SGS), des enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) et des enregistreurs de données de vol (FDR). Un grand nombre de ces exploitants téléchargent régulièrement leurs données de vol pour effectuer la surveillance des données de vol dans le cadre de l'exploitation normale. Les transporteurs aériens qui ont des programmes de surveillance des données de vol ont eu recours à de telles données pour déceler des problèmes comme les approches non stabilisées et les approches précipitées; le dépassement des vitesses maximales volets sortis; les angles d'inclinaison excessifs après le décollage; les événements d'échauffement excessif du moteur; le dépassement des seuils de vitesse recommandés; les avertissements des dispositifs avertisseurs de proximité du sol (GPWS) et du système d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS); le début des conditions de décrochage; les cadences de rotation excessives; les sorties de la trajectoire de descente et l'accélération verticale¹⁹.

La surveillance des données de vol a été mise en œuvre dans de nombreux pays; elle est largement reconnue comme un outil d'amélioration de la sécurité rentable. Aux États-Unis et en Europe, grâce à l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de nombreux transporteurs ont un tel programme depuis des années. Certains exploitants d'hélicoptères effectuent déjà la surveillance des données de vol, et la FAA a formulé une recommandation à cet égard.

À l'échelle mondiale, la surveillance des données de vol s'est avérée avantageuse pour la sécurité, puisqu'elle donne aux exploitants les outils qui leur permettent d'examiner attentivement les différents vols et au bout du compte l'exploitation de leurs parcs aériens au fil des ans. Cet examen de données objectives, surtout comme composante intégrante du système de gestion de la sécurité d'une compagnie, s'est révélé avantageux pour déterminer et combler de façon proactive les lacunes en matière de sécurité et prévenir les accidents.

Il existe actuellement sur le marché plusieurs systèmes légers d'enregistrement des données de vol autonomes qui permettent d'enregistrer une combinaison de données paramétriques de l'aéronef, les sons dans le poste de pilotage, des images aériennes et les messages de liaison de données. Le document ED-155, intitulé « Minimal Operational Performance Specification for Lightweight Recording Systems » et publié par l'Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile (EUROCAE), définit les spécifications minimales auxquelles

¹⁸ Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A11H0002.

¹⁹ Flight Safety Foundation, « Wealth of Guidance and Experience Encourage Wider Adoption of FOQA », *Flight Safety Digest*, juin-juillet 2004.

doivent satisfaire les aéronefs pour transporter des systèmes légers d'enregistrement des données de vol. Malgré l'existence de normes de rendement et de TSO, rien n'exige que les aéronefs non régis par l'article 605.33 du RAC soient équipés d'un type quelconque d'enregistreur de bord et Transports Canada n'a pas l'intention d'élargir la portée de ces exigences aux plus petits aéronefs.

La mise au point de systèmes légers d'enregistrement des données de vol offre la possibilité d'élargir les approches de surveillance des données de vol aux plus petites exploitations. Grâce à cette technologie et à la surveillance des données de vol, ces exploitations seront en mesure de surveiller, notamment, la conformité aux procédures d'utilisation normalisées, la prise de décisions des pilotes et le respect des limites opérationnelles. L'examen de cette information permettra aux exploitants de déceler les problèmes dans leurs exploitations et de prendre des mesures correctives avant qu'un accident se produise. Bref, il existe maintenant une toute nouvelle avenue prometteuse pour améliorer le contrôle opérationnel et la sécurité au-delà des exploitations relevant de la sous-partie 705 du RAC. Au Canada, certaines compagnies ont déjà décidé d'équiper leurs aéronefs de systèmes légers d'enregistrement des données de vol.

Le Bureau reconnaît qu'il faudra régler certains enjeux pour faciliter l'utilisation réelle des enregistrements provenant de ces systèmes, notamment des questions relatives à l'intégration de cet équipement dans un aéronef, à la gestion des ressources humaines et aux enjeux d'ordre juridique, comme la restriction concernant l'utilisation d'enregistrements des conversations et des données vidéo dans le poste de pilotage. Néanmoins, compte tenu de ce que cette technologie, combinée à la surveillance des données de vol, offre comme possibilités d'améliorer considérablement la sécurité, le Bureau croit qu'aucun effort ne doit être épargné pour surmonter ces obstacles.

Compte tenu des statistiques combinées sur les accidents pour les exploitations relevant des sous-parties 702, 703 et 704 du RAC, il existe des arguments convaincants pour que l'industrie et l'organisme de réglementation déterminent les dangers et gèrent de façon proactive les risques inhérents à ces exploitations. Afin d'assurer une gestion efficace du risque, il faut savoir pourquoi les incidents se produisent et quelles pourraient être les lacunes de sécurité qui y ont contribué. En outre, une surveillance systématique des activités normales peut aider ces exploitants à améliorer leur efficacité opérationnelle et à déceler les lacunes de sécurité avant qu'elles ne causent un accident. Si un accident venait à se produire, les données de systèmes légers d'enregistrement des données de vol fourniraient durant l'enquête des renseignements utiles permettant de mieux déterminer les lacunes de sécurité.

En conséquence, le Bureau a recommandé que :

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

Recommandation A13-01 du BST

1.18.2 Étude de sécurité 90-SP002 du Bureau de la sécurité des transports

L'étude de sécurité aérienne avait pour objectif d'examiner les facteurs ayant contribué à des accidents qui mettaient en cause le début ou la poursuite de vols selon les règles de vol à vue malgré des conditions météorologiques défavorables. La conclusion de l'étude indiquait, en partie, que les vols effectués selon les règles de vol à vue qui se poursuivent dans des conditions météorologiques de vol aux instruments augmentent le risque de collision avec le relief et de perte de maîtrise, et sont à l'origine d'un certain nombre de décès chaque année. Les causes et les facteurs contributifs de ces accidents relèvent de thèmes récurrents, dont l'inadéquation des qualifications ou des compétences du pilote aux conditions présentes, ainsi que des lacunes au chapitre de la formation du pilote et des privilèges que lui confère sa licence. Dans certains cas, les pratiques courantes de l'industrie ainsi que les limites inhérentes à l'équipement des aéronefs et des installations transmettant les exposés météo ont accentué les circonstances ayant mené aux accidents.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

De l'information a été récupérée des systèmes d'instruments de vol électroniques embarqués Chelton et convertie en points de données temps-emplacement. Les points de données ont été organisés et comparés aux vents en altitude prévus afin de déterminer la vitesse-sol, et la trajectoire de vol obtenue a été affichée au moyen de Google Earth (annexe H).

2.0 Analyse

2.1 Généralités

Le moteur et l'hélice de l'aéronef fonctionnaient comme prévu, et on n'a relevé dans l'avion aucun défaut préalable à l'impact. L'analyse mettra l'accent sur la charge et la performance de l'aéronef, les conditions météorologiques, les conditions de givrage et les problèmes de contrôle opérationnel.

2.2 Carburant

Les renseignements sur le ravitaillement de l'aéronef en vue du vol en cause et des vols précédents étaient enregistrés sur un téléphone cellulaire. Il n'a pas été possible de récupérer ces renseignements, et l'ampleur des dommages à l'aéronef a empêché la mesure de la charge de carburant à bord après l'événement. Pour déterminer cette quantité, il a ainsi fallu se fonder sur les renseignements dont on disposait. Le manifeste préparé pour le vol en question faisait état d'une charge de carburant de 2000 livres, donnée remplacée par la suite par une charge de carburant de 1800 livres. Après l'événement, le compteur à remise à zéro du réservoir de carburateur Jet A indiquait 955 litres, ou environ 1814 livres. Selon l'information extraite des systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton de l'aéronef, la charge de carburant initiale était de 366 livres. Elle est passée à 2220 livres, ce qui indique que la quantité de 2220 avait été entrée manuellement ou que le pilote avait sélectionné le bouton FULL FUEL. La charge de carburant de 2220 livres est la plus probable, car elle concorde avec la quantité de carburant indiquée par le compteur de la pompe, ainsi qu'avec la quantité calculée de carburant restant à la fin du vol précédent et la valeur affichée par les systèmes d'instruments de vol électroniques Chelton.

2.3 Masse et centrage

Le poids des passagers se combine à celui des bagages et du carburant pour produire une masse brute, au moment du départ de Snow Lake, d'environ 9655 livres, avec une charge de carburant de 2220 livres. Cette valeur est supérieure d'environ 600 livres à la masse brute maximale autorisée de l'avion de 9062 livres, qui tient compte du système d'augmentation de charge utile (APE) II STC de l'aéronef.

2.4 Conditions météorologiques et givrage

La veille de l'accident, les conditions météorologiques présentes ont entraîné l'accumulation de givre dans les nuages. Du givre s'était accumulé sur les bords d'attaque des ailes et de la queue de l'aéronef, durant le vol à partir de Snow Lake qu'avait effectué l'appareil le jour précédant celui de l'accident. La glace s'était probablement accumulée en raison des conditions de givrage qui sévissaient durant le vol du jour précédent. Même si le pilote avait tenté de retirer la glace avant le vol ayant mené à l'événement, il restait une importante quantité de glace sur l'aéronef. La masse brute au décollage de l'aéronef excédait d'environ 1100 livres la masse brute autorisée dans des conditions de givrage, soit 8550 livres.

La glace présente sur les bords d'attaque des ailes et de la queue de l'aéronef aurait réduit la portance disponible, ajouté du poids et augmenté la traînée aérodynamique, réduisant ainsi sa performance au décollage et à la montée, augmentant sa vitesse de décrochage et mettant en péril la protection assurée par son système d'avertissement de décrochage, qui s'active à un angle d'attaque prédéterminé en fonction d'une aile exempte de contaminants.

La présence de givre sur les bords d'attaque indique que l'avion n'avait vraisemblablement pas traversé les zones où était prévue la présence intermittente de glace transparente, dans le secteur sud du vol, le 17 novembre 2012.

2.5 *Supervision et contrôle opérationnels*

Le vol en cause se déroulait selon un itinéraire précis. Ce dernier et le manifeste de vol avaient été fournis au président de la compagnie et au gestionnaire des opérations, comme l'exige le manuel d'exploitation de la compagnie. Toutefois, au moment du décollage, la masse de l'aéronef excédait considérablement la masse autorisée, et les surfaces critiques de l'appareil étaient recouvertes de glace, ce qui indique que les procédures de contrôle opérationnel de la compagnie n'ont pas permis de garantir un vol conforme au *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) et au manuel d'exploitation de la compagnie.

La compagnie a autorisé le départ de vols d'une distance de plus de 300 milles marins (nm) le jour précédant celui de l'accident et le jour de l'accident même, sur une trajectoire de vol où étaient prévus du givrage et des nuages. Bien que le certificat d'exploitation de Gogal autorise les vols selon les règles de vol à vue seulement, la présence de givre sur les bords d'attaque de l'aéronef avant le vol en cause indique que l'appareil a vraisemblablement voyagé dans des conditions nuageuses au cours du vol précédent, et la glace accumulée n'avait pas été retirée le matin avant le vol en cause. Le départ du vol en cause a été autorisé à un moment où les plafonds étaient inférieurs à ceux présents lors du vol d'arrivée, le jour précédent; ainsi, il est tout aussi probable qu'une portion du vol en cause a également été menée dans des conditions météorologiques de vol aux instruments. La compagnie n'ayant pas été autorisée à exploiter des vols dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, les vols ont ainsi été exposés à des risques accrus.

Les opérations aériennes de la compagnie en ce qui concerne le transport du personnel de la mine locale présentaient certaines caractéristiques d'une exploitation en mode d'affrètement, qui suppose des vols répétitifs. Les exploitants de vols d'affrètement répétitifs s'exposent à des risques supplémentaires : par exemple, le public s'attend à ce que les vols se fassent dans diverses conditions météorologiques pour lesquelles l'exploitant n'est pas certifié, ce qui n'est pas le cas pour les opérations non régulières. Toutefois, ces exploitants ne sont pas considérés comme des exploitants de vols réguliers aux termes de la réglementation en vigueur de Transports Canada (TC). En conséquence, même si ces exploitants de vols affrétés fournissent un service présentant plusieurs caractéristiques d'un service régulier, TC ne leur consacre pas le même degré de supervision.

TC a mené des inspections de validation de programme auprès de Gogal sur le fondement de sa matrice des risques. TC avait visité Gogal au cours des années précédant l'événement. Durant les visites, des inspections de validation de programme ont été effectuées, des conclusions ont été tirées et des mesures correctives ont été prises. Toutefois, la manière dont Gogal a mené ses activités aériennes le jour de l'accident, ainsi que le jour précédent, indique qu'elle a pris des

risques hors de la portée de la certification que lui avait attribuée TC. Par exemple, l'aéronef était arrivé à Snow Lake au cours du vol précédent avec une accumulation de glace sur ses ailes, ce qui indique que l'appareil avait été exploité dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, pour lesquelles l'exploitant n'était pas certifié.

2.6 *Qualifications*

Le pilote possédait la licence et les qualifications nécessaires au vol selon les règles de vol à vue en vertu de la réglementation en vigueur, mais n'était pas titulaire d'une annotation aux instruments. La présence de glace sur les bords d'attaque de l'aéronef après le vol d'arrivée du jour précédent indique qu'une partie du vol a probablement été menée dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, pour lesquelles le pilote n'était pas qualifié, ce qui a accru le risque de perte de maîtrise et de collision avec le relief durant ce vol.

2.7 *Procédures de vol*

L'enquête a permis de déterminer que les volets étaient sortis lorsque l'aéronef a percuté le sol. Toutefois, l'enquête n'a pas permis d'établir la position exacte des volets au moment du décollage. Les 2 positions les plus probables des volets au moment du décollage sont celles mentionnées dans le manuel de vol de l'aéronef : 0° ou 20°. La distance de décollage de l'aéronef en cause dans l'accident concordait dans une grande mesure avec une configuration de décollage avec les volets en position 0°. Cette configuration semble conforme à la constatation faite sur le lieu de l'accident, où le levier de commande des volets était à la position 0°. Cependant, elle contredit l'information concernant les procédures de l'exploitant, qui indique que la procédure standard consiste à régler les volets à 20° lors du décollage. La surface gravellée de la piste, la pente ascendante de cette dernière et la masse de l'aéronef, qui était supérieure à la masse permise, auraient pu contribuer à justifier la distance de décollage plus longue avec les volets réglés à 0°. La vitesse de décollage, à savoir une vitesse corrigée de 78 nœuds, indiquée par les systèmes d'instruments de vol électroniques, est inférieure à la vitesse de 83 nœuds avec les volets réglés à 0° recommandée dans le manuel de vol de l'aéronef lorsqu'il y a du fluide de dégivrage sur les ailes, et supérieure à la vitesse de décollage de 70 à 75 nœuds avec les volets réglés à 20°.

L'augmentation soudaine de la vitesse-sol de l'aéronef calculée par les systèmes Chelton, constatée vers la fin du vol, a peut-être été causée par un changement de la vitesse et de la direction du vent en altitude, par une rentrée des volets en cours de vol, ou par des anomalies du système de positionnement mondial (GPS). Si le pilote a décollé avec les volets configurés à 0°, l'augmentation soudaine de la vitesse-sol de l'aéronef a probablement été causée par un changement de la vitesse et de la direction du vent en altitude, ce qui aurait temporairement réduit la vitesse indiquée. L'aéronef n'a jamais atteint la vitesse corrigée cible lors de la montée de 104 nœuds avec une configuration de volets à 0°. Si le pilote a décollé avec les volets réglés à 20°, les volets ont alors été rentrés à 0° à un certain moment après le départ. La procédure normale consiste à régler les volets à 10° lorsque l'on atteint une vitesse de 85 nœuds, et à ne pas les rentrer entièrement avant d'avoir atteint une vitesse de 95 nœuds. La vitesse corrigée maximale que l'aéronef a atteinte était de 90 nœuds, ce qui indiquerait que les volets auraient dû se trouver à la position 10°. Dans un tel scénario, le réglage des volets à 0° indiquerait que les volets avaient été entièrement sortis, soit de manière prématurée, soit par inadvertance au moment où l'aéronef atteignait la vitesse de 85 nœuds. Dans l'un ou l'autre des cas, le

changement soudain de la vitesse et de la direction du vent en altitude, ou la position des volets, aurait réduit la portance disponible, probablement au point de causer un décrochage de l'aile. La performance de l'aéronef a été réduite, et sa vitesse de décrochage a augmenté, en raison d'une masse supérieure à la masse autorisée, ainsi que de la contamination par la glace des bords d'attaque de ses ailes et de sa queue. L'aéronef a probablement fait l'objet d'un décrochage sans avertissement au pilote.

En cas d'approche de décrochage ou d'oscillations intempestives en tangage, le manuel de vol de l'aéronef recommande de réduire l'assiette en tangage tout en augmentant la puissance du moteur jusqu'à la puissance maximale continue et en sortant les volets à 10° afin de contribuer à stabiliser l'aéronef. Selon l'information récupérée des systèmes d'instruments de vol électroniques, après la hausse soudaine de la vitesse-sol de l'aéronef, l'angle de tangage a commencé à osciller. Cet angle n'a pas diminué, mais a plutôt augmenté jusqu'à une valeur maximale de 17°; par la suite, l'angle de tangage et l'angle de trajectoire de vol ont chuté rapidement, ce qui indique une condition de décrochage. L'augmentation de l'assiette en tangage, le réglage des volets à la position 0° et la constance de la puissance du moteur indiquent que les procédures de sortie avant décrochage exposées dans le manuel de vol de l'aéronef n'ont pas été bien observées. Bien que la puissance du moteur ait été augmentée avant l'impact, elle a été exercée trop tard et à une altitude trop basse pour permettre une manœuvre de sortie efficace.

2.8 *Questions relatives à la survie des occupants*

Il n'y a pas eu d'exposé à l'intention des passagers avant le décollage. De tels exposés sont nécessaires afin que tous les passagers soient assis et attachés comme il se doit. Les sièges de certains passagers étaient en position partiellement inclinée, et certains passagers ne portaient pas leur ceinture abdominale ou leur harnais d'épaule, comme cela est requis pour que les systèmes de retenue de passagers fonctionnent de la manière prévue lors de leur conception. Au moment de l'impact, les sièges et la cabine de l'aéronef se sont déformés de la manière prévue lors de leur conception, ce qui a partiellement atténué les forces de l'impact. Toutefois, les passagers qui n'étaient pas bien assis et attachés risquaient davantage de subir des blessures et de blesser les autres occupants.

3.0 *Faits établis*

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

1. Au moment où l'aéronef a quitté Snow Lake, sa masse était supérieure à la masse autorisée; en outre, de la glace s'était accumulée sur les bords d'attaque des ailes et de la queue au cours du vol précédent. Ainsi, la performance au décollage et à la montée de l'aéronef était réduite, sa vitesse de décrochage était accrue et la protection assurée par son système d'avertissement de décrochage était mise en péril.
2. La non-conformité aux exigences en matière de contrôle opérationnel de la compagnie a fait en sorte que le vol n'était pas exploité conformément au *Règlement de l'aviation canadien* et au manuel d'exploitation de la compagnie.
3. Ainsi, peu de temps après le départ, l'aéronef a fait l'objet d'un décrochage à une altitude à laquelle une sortie était impossible.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si des compagnies exploitent des vols dans des conditions météorologiques de vol aux instruments alors qu'elles ne sont pas autorisées à le faire, il en résulte un risque d'accident accru.
2. Si Transports Canada n'accorde pas aux exploitants de vols affrétés répétitifs le degré de supervision qu'il procure aux exploitants de services réguliers, les activités des exploitants risquent de n'être pas évaluées adéquatement.
3. S'il n'y a pas d'exposés à l'intention des passagers avant le décollage et que des passagers ne sont pas bien assis et attachés, ils risquent davantage de subir des blessures et de blesser les autres passagers en cas d'accident.
4. Si on effectue des vols sans s'assurer au préalable que la cellule des aéronefs est exempte de glace, il existe un risque de diminution de la performance, de perte de maîtrise et de collision avec le relief.

3.3 *Autres faits établis*

1. Au moment de l'impact, les sièges et la cabine de l'aéronef se sont déformés de la manière prévue lors de leur conception, et cette déformation a partiellement atténué les forces de l'impact.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet incident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 16 avril 2014. Il est paru officiellement le 15 mai 2014.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst-tsb.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 problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques

pour les Canadiens. 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

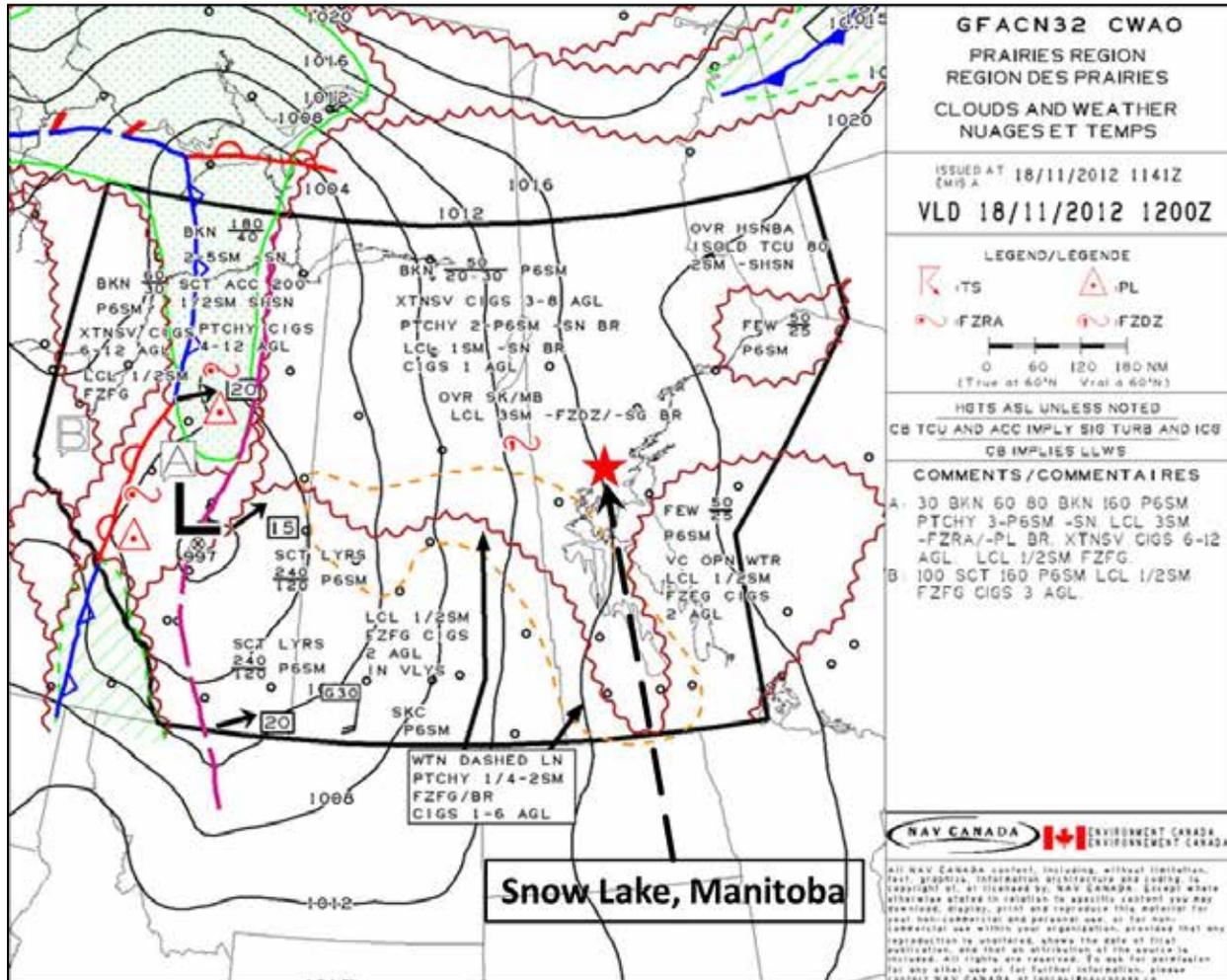
Annexe A – Liste des rapports du Laboratoire du Bureau de la sécurité des transports

Les rapports du Laboratoire du Bureau de la sécurité des transports suivants ont été finalisés :

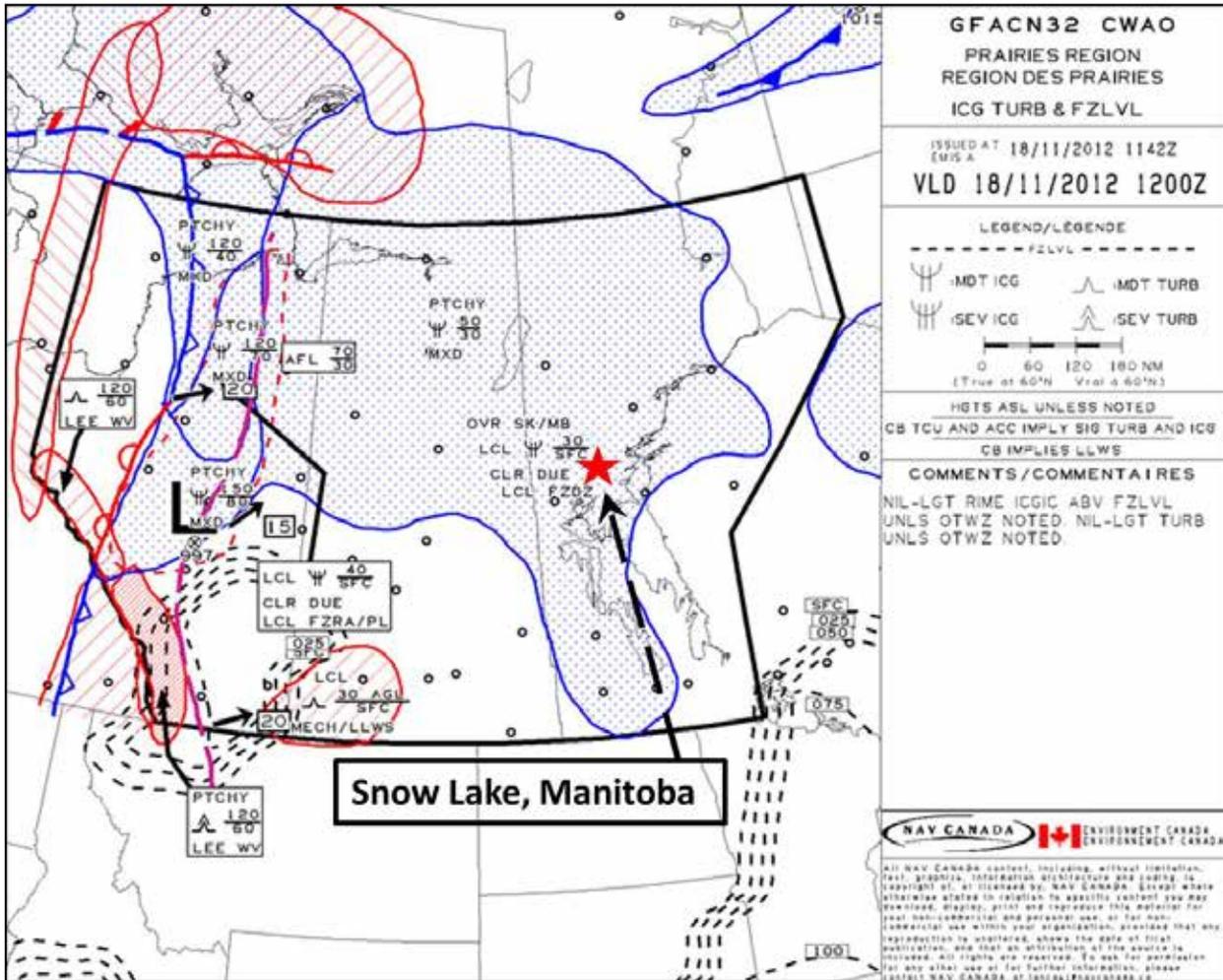
- LP021/2013– Aircraft Performance Analysis [Analyse des performances de l'aéronef]
- LP243/2012 – Instruments and Lamp Analysis [Analyse des instruments et des voyants]

Ces rapports peuvent être fournis sur demande par le Bureau de la sécurité des transports du Canada.

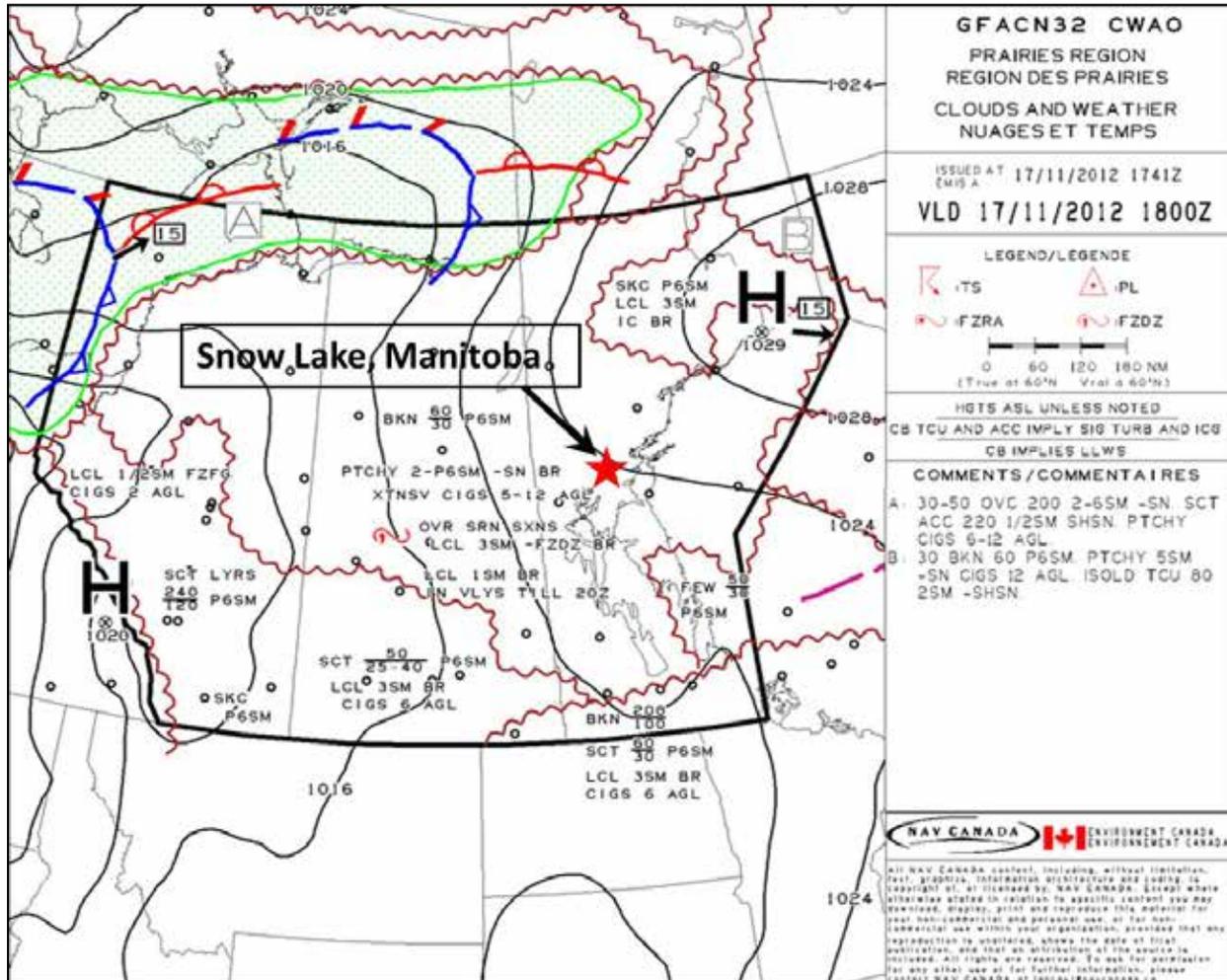
Annexe B – Prévisions de zone graphique : nuages et conditions météorologiques, 12Z, le 18 novembre 2012



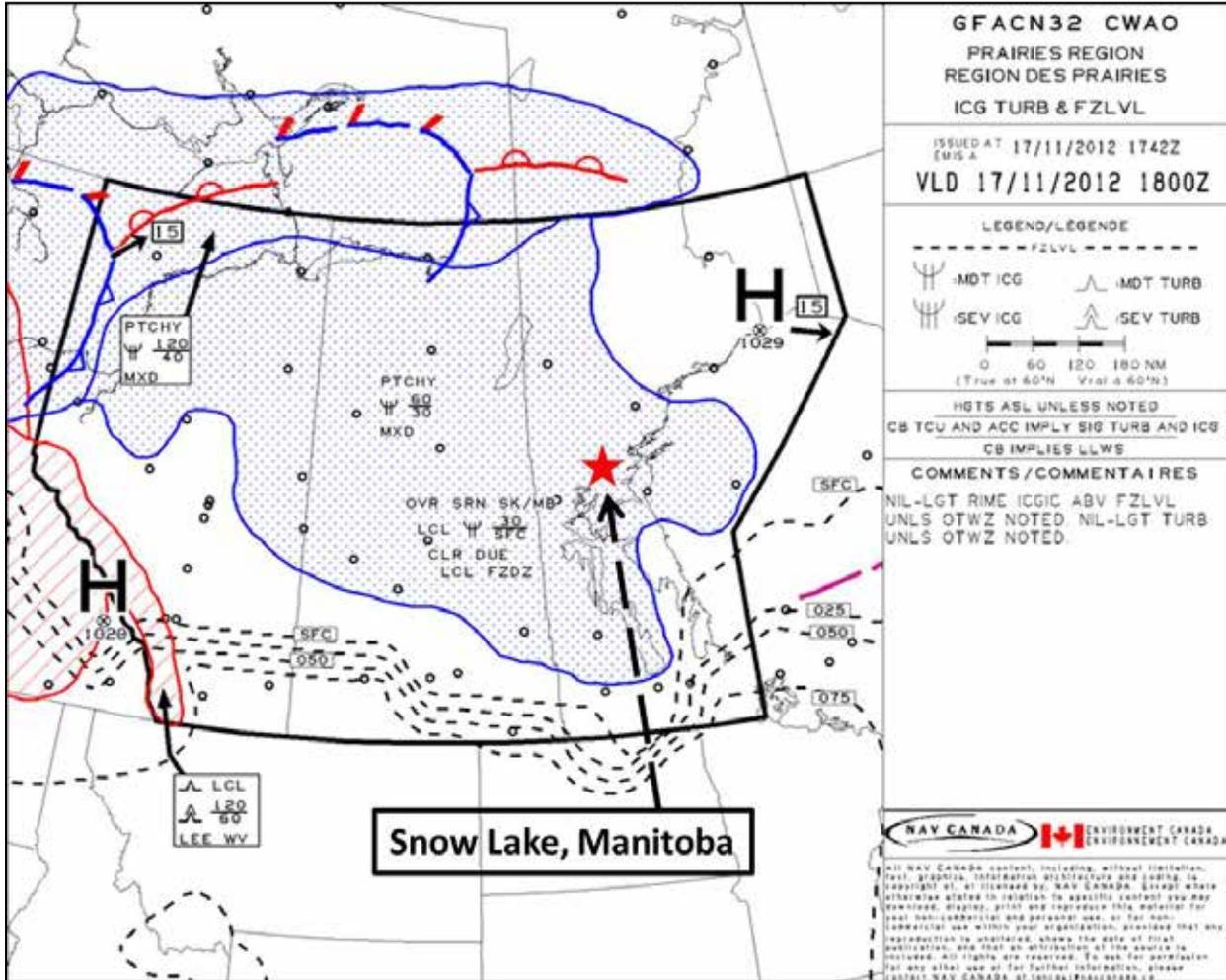
Annexe C – Prévisions de zone graphique : givrage et turbulence, 12Z, le 18 novembre 2012



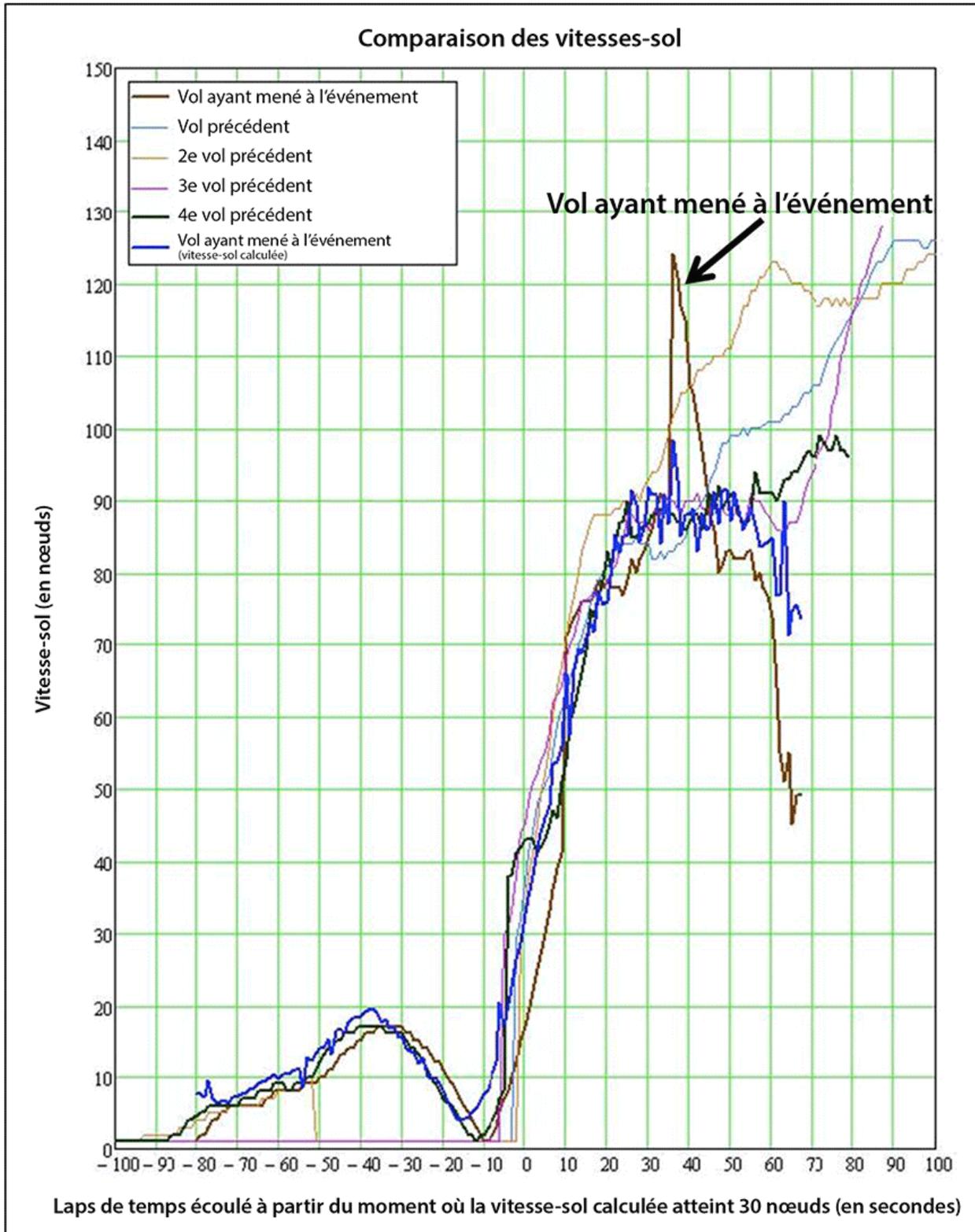
Annexe D – Prévisions de zone graphique : nuages et conditions météorologiques, 18Z, le 17 novembre 2012



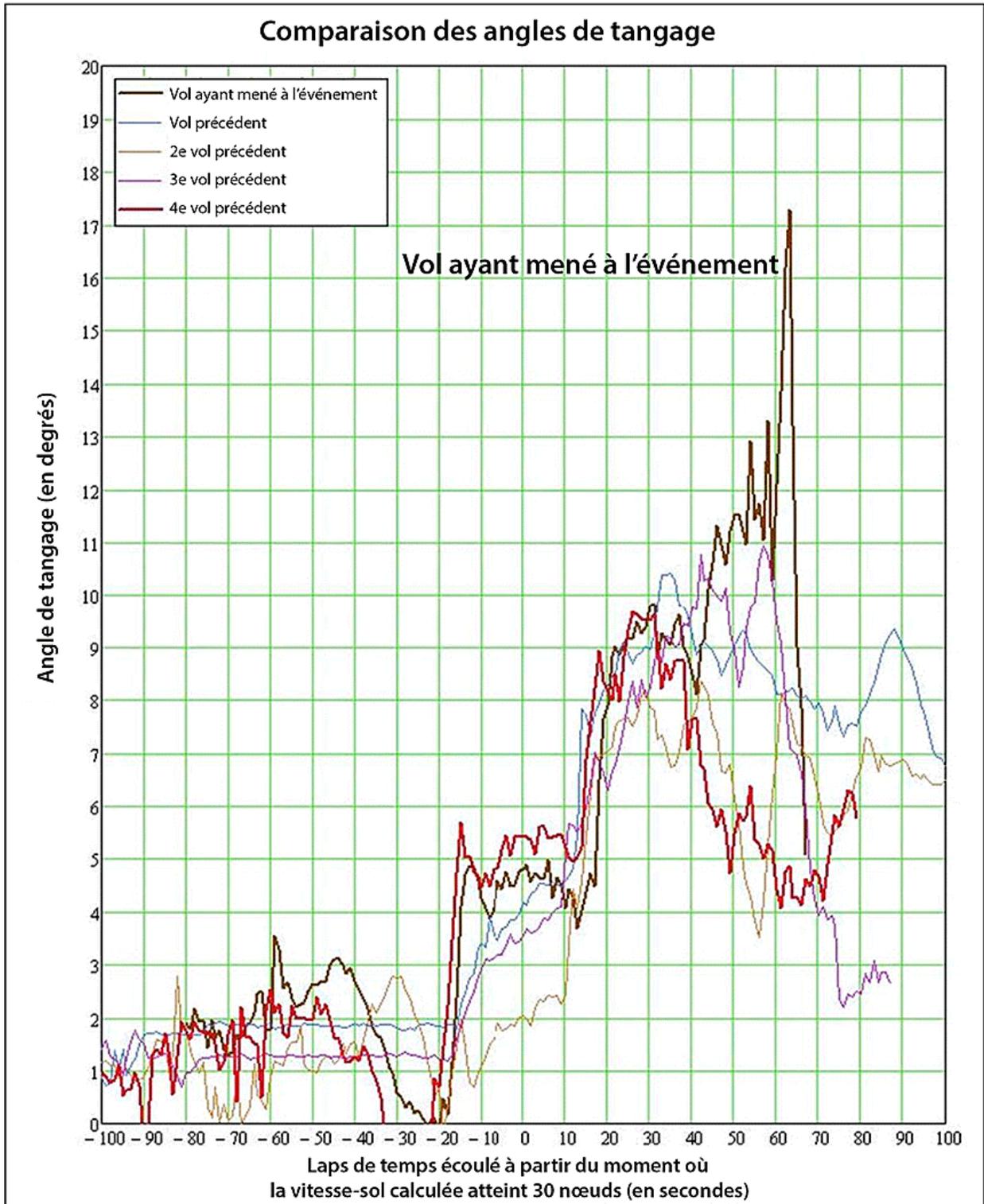
Annexe E – Prévisions de zone graphique : givrage et turbulence, 18Z, le 17 novembre 2012



Annexe F – Comparaison de la vitesse-sol observée au cours du vol ayant mené à l'accident à la vitesse-sol enregistrée dans le cadre des quatre vols précédents



Annexe G – Comparaison des angles de tangage



Annexe H – Trajectoire du vol ayant mené à l'accident

