



RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A13C0105



PERTE DE MAÎTRISE – IMPACT AVEC UN PLAN D’EAU

DE HAVILLAND DHC-3 OTTER, C-FSGD
EXPLOITÉ PAR TRANSWEST AIR LIMITED PARTNERSHIP
7 NM S DU LAC IVANHOE (TERRITOIRES DU NORD-OUEST)
LE 22 AOÛT 2013

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.

Rapport d'enquête aéronautique A13C0105

Perte de maîtrise – Impact avec un plan d'eau

de Havilland DHC-3 Otter, C-FSGD
exploité par Transwest Air Limited Partnership
7 nm S du lac Ivanhoe (Territoires du Nord-Ouest)
Le 22 août 2013

Résumé

L'aéronef DHC-3 Otter turbopropulsé muni de flotteurs (immatriculé C-FSGD, numéro de série 316), exploité par Transwest Air Limited Partnership, quitte le lac Scott (Territoires du Nord-Ouest) vers 18 h 50, heure normale du Centre, pour effectuer un vol de 33 milles marins (nm), de jour et selon les règles de vol à vue, à destination du lac Ivanhoe (Territoires du Nord-Ouest). L'aéronef n'arrive pas à destination et est déclaré en retard vers 21 h. L'exploitant informe le centre conjoint de coordination de sauvetage de Trenton. Aucun signal de la radiobalise de localisation d'urgence n'est reçu. Un avion de recherche et sauvetage C-130 Hercules est dépêché, et l'épave de l'aéronef est repérée le 23 août 2013 dans un lac sans nom situé à 10 nm au nord de la dernière position signalée. Le pilote, seul occupant à bord, a subi des blessures mortelles.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	1
1.1 Déroulement du vol	1
1.2 Victimes	2
1.3 Dommages à l'aéronef	3
1.4 Autres dommages	3
1.5 Renseignements sur le pilote	3
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	5
1.7 Renseignements météorologiques.....	6
1.8 Aides à la navigation.....	6
1.9 Communications.....	6
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	7
1.11 Enregistreurs de bord	7
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	8
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	10
1.14 Incendie.....	10
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	10
1.16 Essais et recherches	10
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	11
1.18 Renseignements supplémentaires.....	13
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	16
2.0 Analyse.....	17
2.1 Généralités.....	17
2.2 Scénarios possibles qui n'ont pas été retenus.....	17
2.3 Processus de prise de décisions.....	18
2.4 Impact avec des arbres.....	18
3.0 Faits établis.....	21
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	21
3.2 Faits établis quant aux risques.....	21
3.3 Autres faits établis.....	21
4.0 Mesures de sécurité.....	22
4.1 Mesures de sécurité prises	22
Annexes.....	24
Annexe A – Directive de sécurité SD13-10	24
Annexe B – Directive de sécurité SD13-10 modifiée.....	25

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

Vers 6 h 45¹ le jour de l'événement, C-FSGD quitte l'hydrobase de Transwest Air Limited Partnership (Transwest Air) à Stony Rapids (Saskatchewan). L'itinéraire pour la journée prévoit environ 15 vols et comprend une série de liaisons vers différents camps secondaires d'un camp de pêche du lac Scott (Territoires du Nord-Ouest).

L'aéronef quitte Stony Rapids pour la dernière fois à 16 h 37, à destination du lac Desmarais (Territoires du Nord-Ouest) et du lac Sandy (Territoires du Nord-Ouest), pour y cueillir des touristes et des guides en vue de les ramener au lac Scott.

Durant l'approche pour amerrir au lac Scott, l'aéronef fait un virage à basse altitude vers la droite pour contourner l'extrémité sud d'une île et ainsi se positionner pour l'approche finale vers le camp de pêche. Alors que l'aéronef est incliné vers la droite, le saumon de l'aile droite heurte un bouquet d'arbres sur la pointe de l'île. Un bruit violent se fait entendre, et l'aéronef dévie vers la droite. Le pilote garde la maîtrise de l'avion et se pose sur le lac plusieurs secondes plus tard. Après s'être approché du quai au camp de pêche, le pilote tente à 2 reprises d'accoster, puis ordonne brusquement au passager qui occupe le siège de droite de lui céder la place. Le pilote quitte alors le siège de gauche et prend place à droite pour accoster, l'aile droite surplombant le quai. Des dommages au bord d'attaque de l'aile droite et au saumon d'aile en fibre de verre étaient évidents; on les a signalés au pilote, mais ce dernier ne tient aucun compte de la remarque (Photo 1). Aussitôt le déchargement de l'aéronef terminé, le pilote demande qu'on largue les amarres et l'aéronef s'éloigne du quai.

L'aéronef, avec le pilote seul à bord, s'envole à destination du lac Ivanhoe (Territoires du Nord-Ouest) à 18 h 50. Le décollage semble se dérouler normalement, et des témoins voient l'aéronef prendre de l'altitude en direction nord. L'aéronef était censé être de retour au lac Scott vers 20 h 30. Peu avant l'heure prévue de l'arrivée de l'avion, le gérant du camp de pêche communique avec le personnel de suivi des vols de Transwest Air à Stony Rapids pour demander un compte rendu de position. L'aéronef était muni d'un dispositif de repérage qui transmet automatiquement

Photo 1. Dommages à l'aile droite résultant d'un impact avec des arbres (source : passager)

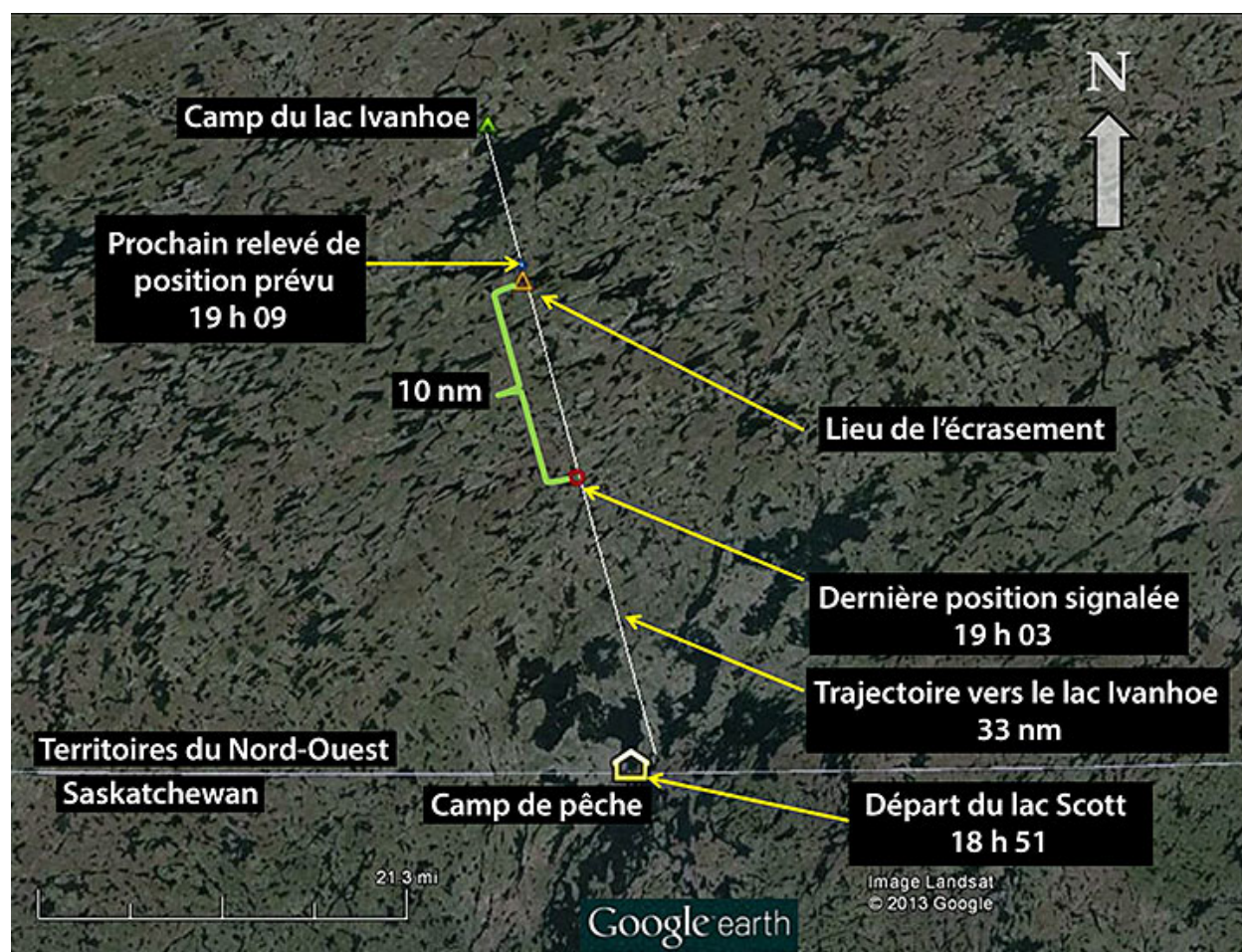


¹ Les heures sont exprimées en heure normale du Centre (temps universel coordonné moins 6 heures).

l'information de position à intervalles programmés. Après plusieurs appels, il est devenu évident que le système de suivi du vol n'avait reçu aucun compte rendu de position après la transmission de 19 h 3. Lorsque l'aéronef a accusé un retard de 30 minutes, on a informé Transwest Air de la situation, et l'entreprise a mis en œuvre les mesures d'urgence en cas de retard d'un aéronef que prévoit son *manuel de mesures d'urgence* (ERM). Ces mesures comprennent un appel au centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) de Trenton; cet appel a été fait à 22 h 15.

La radiobalise de localisation d'urgence (ELT) de l'aéronef n'a émis aucun signal. Le C-130 Hercules dépêché par le JRCC a entrepris un circuit de recherches aériennes en direction du lac Ivanhoe à partir de la dernière position signalée. On a découvert l'épave le 23 août 2013 à 5 h 26 sur une trajectoire entre le lac Scott et le lac Ivanhoe, à 10 milles marins (nm) au nord du dernier compte rendu de position indiqué dans les données transmises à 19 h 3 (Figure 1).

Figure 1. Représentation graphique de la trajectoire de vol de l'aéronef en cause (source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.2 Victimes

Le pilote était le seul occupant à bord; il a subi des blessures mortelles.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été détruit au moment de l'impact avec la surface de l'eau.

1.4 Autres dommages

L'aéronef avait à son bord une quantité inconnue de carburéacteur Jet A qui s'est déversée dans le lac. Les dommages causés à la cellule et au moteur ont entraîné la fuite d'une certaine quantité de liquide hydraulique et d'huile moteur dans le lac.

1.5 Renseignements sur le pilote

1.5.1 Commandant de bord

Le pilote était titulaire d'une licence canadienne de pilote professionnel et possédait les certificats pour piloter des avions terrestres et hydravions monomoteurs et multimoteurs. Le pilote était également titulaire d'un certificat médical valide de catégorie 1. Il avait accumulé environ 1600 heures de vol au total, dont 248 à bord du DHC-3 Otter turbopropulsé, et était qualifié pour agir comme commandant de bord (CdB) du C-FSGD le jour de l'événement.

La formation donnée aux pilotes de Transwest Air aborde notamment la prise de décision du pilote (PDM) et la gestion des ressources en équipe (CRM). Elle comprend également un examen qui porte sur le *manuel d'exploitation* de l'entreprise.

Le pilote avait récemment fait la transition du DHC-2 Beaver au DHC-3 Otter turbopropulsé. Il est physiquement exigeant de piloter le Otter et de le maîtriser sur l'eau par forts vents et courants. L'aéronef peut transporter une plus grande charge que le Beaver, et les pilotes sont parfois seuls pour le décharger. Au cours de l'année précédente, le pilote avait desservi le même camp de pêche à bord d'un Beaver et connaissait donc la région. On disait de lui qu'il était un pilote compétent, prudent et peu enclin à prendre inutilement des risques.

Le pilote était retourné au travail le 21 août après 5 jours de congé et avait dormi environ 6,5 heures au cours de chacune des 2 nuits précédant l'accident. La veille de l'accident, le pilote avait passé la soirée avec plusieurs collègues aux quartiers de l'équipage de Transwest à Stony Rapids. Le pilote avait partagé un repas avec un collègue, également pilote, avant d'aller au lit vers 23 h 30. Le lendemain matin, les 2 pilotes avaient des crampes d'estomac et se sentaient mal.

La politique de Transwest stipule que si un pilote ne se sent pas apte au vol parce qu'il est malade, il doit communiquer avec le chef de la base, le chef pilote ou le directeur des opérations aériennes et se retirer du service de vol. Le pilote serait néanmoins rémunéré pour une journée de maladie. Rien n'indique que le pilote en cause ait tenté de se déclarer malade ce jour-là.

Le jour de l'accident, le pilote a connu des problèmes opérationnels durant toute la journée. Le vent rendait l'aéronef difficile à manœuvrer aux divers quais et points de déchargement. Durant un des vols, un gouvernail marin a été endommagé. La pièce a été réparée à Stony Rapids avant un vol à destination du lac Pinkham (Territoires du Nord-Ouest). À l'arrivée au lac Pinkham, le pilote a tenté à environ 8 reprises de manœuvrer l'aéronef au point de déchargement. Plus tard ce jour-là, en tentant de décoller du lac Desmarais, l'aéronef s'est échoué près de la plage, et le

Le pilote a dû appliquer passablement de puissance à plusieurs reprises pour dégager l'aéronef des barres de sable.

De passage à Stony Rapids pour des travaux de maintenance, le pilote s'est plaint de troubles gastriques et a refusé des invitations à casser la croûte, se contentant de manger quelques craquelins. Quoique normalement de bonne humeur et détendu, le pilote, le jour de l'accident, paraissait de plus en plus agité, renfermé et irascible.

1.5.2 Temps de service en vol

Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) précise des limites de temps de vol² que doivent observer les équipages de conduite. Le pilote était revenu au travail le 21 août après un congé de 5 jours. Un examen des heures de vol accumulées du pilote a montré que le total était en deçà des limites permises. Le RAC limite également le temps de service de vol³ à 14 heures consécutives par période de 24 heures⁴. Si, durant ces 14 heures consécutives, le temps de service de vol comprend une période de repos d'au moins 4 heures, la durée maximale du temps de service de vol peut être prolongée de la moitié de la durée de la période de repos.

La veille de l'accident, le pilote avait été en service pendant 14,6 heures, au cours desquelles il avait accumulé environ 6,5 heures de vol. De 12 h 6 à 16 h 36, le pilote a eu 1 période de repos. Par conséquent, la période de temps de service de vol permise aurait été de 16 heures. Ce soir-là, le pilote est allé au lit vers 23 h 30. Le lendemain matin, le pilote a repris son service de vol et a décollé à 6 h 47. Tout au plus, le pilote a eu 6,5 heures de sommeil.

² *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), DORS/96-433, 700.15 *Limites de temps de vol*.

³ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), DORS/96-433, 700.16 *Limites de temps de service de vol et périodes de repos*.

⁴ Les temps de service de vol sont en cours de révision. Se reporter à l'Avis de proposition de modification (APM) du Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne publié le 15 septembre 2014.

Tableau 1. Horaire du pilote

Départ	Heure	Arrivée	Heure
Stony Rapids (base)	6 h 47	Camp du lac Scott	7 h 17
Camp du lac Scott	8 h 06	Lac Desmarais	8 h 30
Lac Desmarais	8 h 57	Lac Sandy	9 h 09
Lac Sandy	9 h 35	Camp du lac Scott	10 h 05
Camp du lac Scott	10 h 33	Lac Ivanhoe	10 h 57
Lac Ivanhoe	11 h 12	Lac Gardiner	11 h 24
Lac Gardiner	11 h 49	Stony Rapids (base)	12 h 37
Stony Rapids (base)	13 h 30	Lac Pinkham	14 h 06
Lac Pinkham	14 h 50	Stony Rapids (base)	15 h 26
Stony Rapids (base)	16 h 37	Lac Desmarais	17 h 19
Lac Desmarais	17 h 31	Lac Sandy	17 h 37
Lac Sandy	18 h 01	Camp du lac Scott	18 h 37
Camp du lac Scott	18 h 51	Lieu de l'accident	19 h 08

Au moment de l'accident, le pilote avait été en service pendant près de 12 heures et effectuait le 13^e de 15 vols prévus ce jour-là. Durant cette période, le pilote avait accumulé environ 7 heures de vol. Sauf pour 2 brèves périodes à Stony Rapids durant la journée, son service aérien avait été continu et ne comprenait aucune période de repos (Tableau 1). Durant l'après-midi, le personnel du camp avait suggéré au personnel de l'exploitation de Transwest Air que le pilote passe la nuit au camp du lac Scott. Après un vol le lendemain matin pour déposer des clients, l'aéronef pourrait retourner à Stony Rapids. Cette offre avait été approuvée, mais le pilote l'a refusée, tenant à rentrer à Stony Rapids ce soir-là après le vol au lac Ivanhoe. Le dernier segment prévu pour regagner l'hydrobase à Stony Rapids devait se dérouler selon les règles de vol à vue (VFR) de jour, avant le crépuscule civil, à 21 h 19. L'enquête n'a pu déterminer pourquoi le pilote tenait à rentrer à Stony Rapids.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

L'aéronef avait été construit en 1959. En 1997, le moteur en étoile d'origine avait été remplacé par un turbopropulseur Pratt & Whitney PT6-135A conformément au certificat de type supplémentaire (STC) SA89-32. Le couple de décollage et le couple nominal maximal et continu du moteur PT6-135A est de 59,1 livres au pouce carré (lb/po²) (2080 pieds-livres). Les bords d'attaque et les saumons d'aile avaient été modifiés en 2002 par l'installation d'un ensemble de décollage et atterrissage courts (ADAC) conformément au STC SA94-114. À la même occasion, la masse brute de l'aéronef avait augmenté de 400 lb pour atteindre 8367 lb en raison de l'intégration du STC SA95-32.

L'ensemble ADAC a modifié l'aile par l'ajout de profils rapportés de bord d'attaque pour couvrir la voilure des bords d'attaque d'origine. Les saumons d'aile d'origine avaient été remplacés par des saumons cambrés en fibre de verre.

L'incorporation des ailerons dans le système de volets sur toute l'envergure de l'aile est l'une des caractéristiques du Otter. Lorsque l'on actionne les volets, les ailerons s'abaissent et se déplacent vers l'arrière à l'extérieur du saumon d'aile. Le système de volets est muni de tubes de va-et-vient reliés à des leviers coudés et à des bielles activées par un vérin hydraulique situé dans le fuselage. L'extension du vérin hydraulique entraîne la rétraction des tubes et le déploiement des volets.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. D'après le certificat d'exploitation aérienne de Transwest Air, l'exploitation de C-FSGD était permise uniquement de jour selon les règles VFR.

1.6.2 Masse et centrage

L'aéronef ne transportait aucune charge durant le vol à destination du lac Ivanhoe. À partir des données de formulaires de contrôle du chargement pour une configuration semblable le jour précédent, les enquêteurs du BST ont calculé que le centre de gravité était probablement près de la limite avant de l'hydravion, tout en étant en deçà de celle-ci.

1.7 Renseignements météorologiques

Il n'y a pas d'observation météorologique régulière disponible pour le lac Ivanhoe. L'observation météorologique la plus proche avait été enregistrée par un système automatisé d'observations météorologiques (AWOS) à Stony Rapids, à 72 nm au sud-est du lieu de l'accident. Les conditions météorologiques à 20 h pour Stony Rapids étaient les suivantes : vents soufflant à 8 nœuds du 270° vrai (V); visibilité de 9 milles terrestres (sm), ciel dégagé et température de 19 °C. Plus tôt dans la journée, le vent avait soufflé du sud-ouest avec des rafales atteignant 23 nœuds. Une légère turbulence mécanique était prévue dans le secteur au nord du lac Ivanhoe. Au lac Scott et à Stony Rapids, le crépuscule civil a pris fin à 21 h 25 et à 21 h 19, respectivement.

1.8 Aides à la navigation

Le vol en cause s'est déroulé selon les règles VFR dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC). Il est probable que le pilote se servait d'un système de localisation GPS portatif monté sur un support pour faciliter la navigation vers le camp secondaire du lac Ivanhoe.

1.9 Communications

Les dossiers n'indiquent aucune communication avec l'aéronef après son départ du lac Scott.

La plupart des aéronefs de Transwest Air qui desservent le camp de pêche sont munis d'un récepteur de radiodiffusion de modulation de fréquence (MF) pour permettre la communication avec le camp. Toutefois, étant donné l'affectation temporaire de C-FSGD pour effectuer ces vols, l'aéronef n'était pas muni d'un tel récepteur, et le personnel du camp n'a pu communiquer avec l'hydravion après son départ du quai.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'avion n'était pas muni d'un enregistreur de données de vol (FDR) ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR), et n'était pas tenu d'en avoir, selon la réglementation en vigueur.

Compte tenu des statistiques combinées sur les accidents d'aéronefs exploités aux termes des sous-parties 702, 703 et 704 du RAC (Tableau 2), le BST a déjà fait valoir qu'il existe des arguments convaincants pour que le secteur de l'aviation et l'organisme de réglementation déterminent les dangers et gèrent de façon proactive les risques inhérents à ces activités.

Tableau 2. Accidents d'aéronefs canadiens et blessures, selon la catégorie de service aérien commercial, entre le 1^{er} janvier 2004 et le 31 décembre 2013

Catégorie de service aérien commercial	Accidents	Blessures mortelles
702 – Opérations de travail aérien	245	51
703 - Exploitation d'un taxi aérien	485	176
704 - Exploitation d'un service aérien de navette	47	29
Total	777	256

Afin d'assurer une gestion du risque efficace, 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 les exploitants de ces catégories de service 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 enregistrements de systèmes légers d'enregistrement des données de vol fourniraient durant l'enquête des renseignements utiles pour permettre de mieux déterminer les lacunes de sécurité. Compte tenu de ce qui précède, le BST a recommandé que :

Le ministère des Transports, en collaboration avec le secteur de l'aviation, élimine les obstacles et élabore des pratiques recommandées pour la mise en œuvre de la surveillance des données de vol et l'installation de systèmes légers d'enregistrement des données de vol par les exploitants commerciaux qui ne sont pas actuellement tenus de munir leurs aéronefs de ces systèmes.

Recommandation A13-01 du BST

Le 2 avril 2014, le BST a publié l'évaluation de la réponse à la recommandation A13-01 qui suit⁵ :

⁵ Bureau de la sécurité des transports (BST), Évaluation des réponses à la recommandation en matière de sécurité aérienne A13-01 : Enregistreur de bord léger obligatoire dans les aéronefs exploités à titre commercial non régis par l'article 605.33 du RAC [*Règlement de l'aviation canadien*] (14 mai 2013) qui se

Le Bureau [BST] prend note de l'engagement de Transports Canada de donner suite à la conception d'une circulaire d'information et d'étudier la possibilité d'ajouter les principes du SDV [suivi des données de vol] à ses initiatives ou amendements réglementaires à venir. Toutefois, TC ne dit rien sur la question d'éliminer les obstacles à l'installation de systèmes légers d'enregistrement des données de vol. En outre, TC n'a pas indiqué comment il entend collaborer avec le secteur de l'aviation par rapport à ces questions.

Étant donné les renseignements incomplets qu'il a reçus de TC, le Bureau est incapable d'évaluer la réponse de TC.

Pour aider l'entreprise à assurer le suivi des vols, les avions de Transwest Air sont munis d'un dispositif de suivi de vol qui fournit périodiquement des comptes rendus de position par satellite. Le personnel de suivi des vols de Transwest Air peut consulter ces renseignements au moyen d'un utilitaire Web. C'est l'exploitant de l'avion, au moment de l'abonnement à ce service, qui détermine la fréquence de transmission des comptes rendus. Dans l'événement en cause, le système enregistrait la position de l'avion toutes les 2 minutes et transmettait les données (3 comptes rendus de position) toutes les 6 minutes. La dernière transmission de données avait eu lieu à 19 h 3 et indiquait que l'avion volait à 1000 pieds au-dessus du niveau du sol (agl) et à une vitesse indiquée de croisière normale d'environ 110 nœuds. Les enquêteurs du BST ont estimé que l'accident est survenu moins de 1 minute avant la prochaine transmission de données, qui aurait dû avoir lieu à 19 h 9. En l'absence d'un signal ELT, on a donc fondé le circuit de recherches sur les meilleurs renseignements dont on disposait, soit les données du site Web de suivi du vol.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

On a examiné le site du premier impact avec des arbres, au lac Scott. Quatre arbres d'un bouquet, situé près du bord de l'eau, avaient été endommagés à environ 12 pieds du sol. Le diamètre du tronc de chacun de ces arbres mesurait environ 2 à 3 pouces. On a retrouvé des traces de peinture bleue et des morceaux de fibre de verre enchâssés dans un des troncs.

Sur les lieux de l'accident, on a retrouvé l'épave dans

Photo 2. Épave de l'avion (source : Transwest Air)



un lac peu profond et submergée dans environ 6 pieds d'eau (Photo 2). Le fond du lac était constitué d'une épaisse couche de vase et de limon. Des dépressions dans la vase indiquaient que l'aéronef avait heurté la surface de l'eau presque à la verticale, les flotteurs et l'aile gauche en premier. Tous les principaux composants ont été retrouvés à l'intérieur d'un périmètre à peine plus grand que l'envergure de l'avion. Les deux ailes étaient séparées du fuselage, mais toujours reliées ensemble par la structure traversante de fuselage (cerce de fuselage) du longeron arrière. Le fuselage était brisé en plusieurs grands morceaux.

Le moteur et le poste de pilotage se trouvaient à droite du fuselage et ensevelis dans la vase jusqu'à la première rangée de fenêtres de la cabine. L'hélice et le réducteur s'étaient séparés du moteur au niveau du flasque « B » et n'ont pas été retrouvés. La rallonge d'éjection du moteur était déformée et comprimée par force hydraulique de presque 90 degrés à droite. La cannelure de sortie de l'engrenage planétaire du premier étage du réducteur a failli à cause des forces de torsion. Plusieurs instruments et voyants lumineux du moteur ont été retrouvés.

L'ELT a été retrouvée; elle avait été endommagée par la force de l'impact. On a également retrouvé un dispositif GPS portatif et un dispositif de suivi de vol.

Tous les câbles des commandes de vol ont été examinés, et toutes les ruptures étaient dues à des défaillances en surcharge ou à des sectionnements faits durant la récupération de l'épave. Le côté gauche du stabilisateur horizontal était brisé à l'extérieur du carénage. Les volets, ailerons et gouvernails de profondeur étaient pliés ou brisés en deux. Les surfaces de rupture de la gouverne et du stabilisateur horizontal étaient attribuables à une surcharge. La masse d'équilibrage de l'aileron droit était coincée à l'intérieur de la cavité du volet avant, et on a noté des éraflures hors axe faites par la masse d'équilibrage sur les côtés de la cavité. La ferrure d'articulation de l'aileron extérieur de l'aile droite sur le volet avant était usée à cause d'un contact de charge latérale inégal avec l'articulation de l'aileron. La commande des volets était en position de volets rentrés (UP). Les tubes des vérins de volet ont cédé en surcharge à cause des forces de tension créées lorsque les ailes se sont détachées. Ces forces avaient déployé les volets partiellement et inégalement. Les ailerons et la partie avant des volets étaient comprimés l'un contre l'autre de telle sorte que les ailerons étaient placés de manière à produire un roulis vers la gauche. Le manche de commande était déformé et enfoncé. Les chaînes et câbles d'aileron étaient coincés à l'intérieur du manche de commande enfoncé, verrouillant ainsi les 2 volants de commande, qui étaient complètement tournés vers la gauche.

La nervure extérieure de l'aileron de l'aile droite affichait une bosselure dans le sens de la corde (Photo 3) ainsi que des traces de peinture bleue et des éraflures en forme d'arc sur la peinture à partir du point d'articulation (Photo 4). On a également noté des marques de peinture bleue du saumon d'aile sur la partie avant du volet attenant, la fixation de l'articulation et le revêtement d'extrados de l'aileron. L'aileron et les composants du volet de l'aile gauche ne présentaient aucune marque de peinture. L'épave a été rapportée sur la rive avant d'être transportée à Stony Rapids. Les enquêteurs du BST ont examiné l'épave sur les lieux de l'accident et à Stony Rapids, de même qu'à son site d'entreposage définitif à Prince Albert (Saskatchewan). Certains éléments ont été envoyés au Laboratoire du BST aux fins d'examen plus approfondis.

Photo 3. Marques de peinture sur la nervure de l'aileron

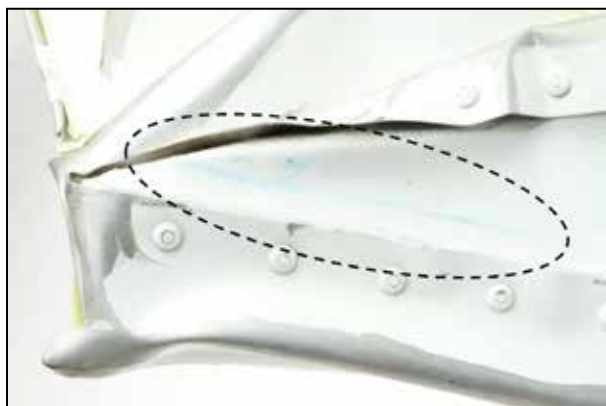


Photo 4. Éraflures sur la nervure de l'aileron



1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Les résultats de l'autopsie et des analyses toxicologiques ont révélé l'absence de drogues et d'alcool; de plus, ils n'ont cerné aucun facteur physiologique sous-jacent.

1.14 Incendie

Aucun incendie ne s'est déclaré en vol ni après l'impact.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La nature de l'écrasement était telle que les forces générées à l'impact avec la surface de l'eau n'offraient aucune chance de survie.

1.16 Essais et recherches

Un certain nombre d'essais ont été effectués au Laboratoire du BST. L'examen des anciennes surfaces de rupture du fuselage a révélé une petite zone de fatigue et une rupture en surcharge. Cette zone de fatigue était relativement petite et existait avant l'impact avec le plan d'eau. L'alignement n'était pas exact entre la rupture en surcharge et la fissure de fatigue.

Un examen au microscope du cadran de l'indicateur de couple du moteur a révélé plusieurs marques blanches; on a établi qu'il s'agissait de marques de peinture laissées par l'aiguille de l'instrument au moment de l'impact. L'alignement de l'aiguille et de ces marques a permis de déterminer que la pression était d'environ 40 lb/po². Les renseignements obtenus du fabricant du moteur indiquent qu'une pression de 40 lb/po² équivaut à un couple de 1409 pieds-livres, soit environ 68 % du couple de décollage, ou du couple maximal continu.

L'analyse des lampes incandescentes a révélé que le voyant d'alarme de l'avertisseur de décrochage était éteint au moment de l'impact.

Le fabricant du dispositif de suivi de vol a examiné l'appareil sous la supervision du BST. Outre les comptes rendus de position que transmettait périodiquement ce dispositif, celui-ci

enregistrait également la position, l'altitude, le cap et la vitesse sol à intervalles de 10 secondes. Ces données ont été conservées en mémoire non volatile; elles couvraient la totalité du vol et comprenaient 108 points de données. Les segments de montée et de croisière du vol se sont déroulés initialement sans incident. L'aéronef volait à une altitude d'environ 1000 pieds agl. Au point de données (DP) 93, son altitude a commencé à diminuer d'environ 250 pieds avant de remonter légèrement au DP 105. Du DP 107 au DP 108, l'aéronef a perdu 430 pieds en 10 secondes, soit un taux de descente de plus de 2500 pieds par minute (pi/min).

Le DP 108 était à environ 275 pieds au sud du lieu de l'écrasement, à environ 610 pieds agl. L'angle de descente direct et la distance du DP 108 au lieu de l'accident étaient de 66 degrés et de 670 pieds, respectivement. En tenant compte de l'écart entre les points de données précédents, on a calculé qu'une descente directe à partir du DP 108 jusqu'au lieu de l'écrasement aurait pris environ 4 secondes à un taux de descente d'environ 10 000 pi/min.

Toutefois, les données n'indiquaient pas si l'aéronef était descendu directement au lieu de l'écrasement ou s'il avait effectué quelque type de manœuvre durant la descente. L'écrasement étant survenu avant la saisie du prochain point de données, on a déduit que cette descente s'était faite en moins de 10 secondes. Par conséquent, même si la trajectoire exacte n'a pu être calculée, le taux de descente à partir du DP 108 jusqu'au lieu de l'écrasement, sur 10 secondes, aurait été de 3650 pi/min.

Les rapports du Laboratoire du BST suivants ont été finalisés et sont disponibles sur demande :

- LP 231/2013 – Examination of Wing Components –(Examen des éléments de la voilure)
- LP 171/2013 – Instrument, Annunciator and NVM Analysis (Analyse de l'instrument, du voyant et de la mémoire non volatile)

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Systèmes de gestion de la sécurité

Le BST a reconnu que, mis en œuvre correctement, un système de gestion de la sécurité (SGS) permet aux sociétés aériennes de déterminer elles-mêmes les dangers, de gérer les risques ainsi que d'élaborer des processus de sécurité efficaces et d'y adhérer.

L'aéronef en cause était exploité conformément à la sous-partie 703 du RAC; toutefois, Transwest Air est également reconnu comme exploitant selon la sous-partie 705 du RAC, de sorte que l'entreprise a un SGS en place. La sous-section 2.4.6, article 5 du *Manuel du programme de gestion de la sécurité* de Transwest exige que le personnel d'exploitation [traduction] « agisse de façon responsable en signalant tout danger, incident et accident au directeur, Systèmes de sécurité et de qualité, ou au chef de la sécurité (ou à son superviseur, le cas échéant) ».

Transwest Air applique une politique de déclaration non punitive. Des mesures disciplinaires peuvent être prises dans plusieurs circonstances, par exemple en cas de négligence volontaire ou d'infraction au RAC, de préméditation ou de consommation de produits illicites. Les mesures que peut prendre l'entreprise vont de l'avertissement verbal ou écrit à une amende ou à un congédiement.

L'information sur la sécurité qui découle du SGS est distribuée aux employés par divers moyens, entre autres les Directives de sécurité (SD), les babillards et les reliures de sommaires d'incident, ou leur est communiquée verbalement ou lors de réunions de sécurité. Les SD sont également accessibles sur le site Web de Transwest Air, dans la section pour les employés.

Le programme d'initiation des nouveaux employés de Transwest Air comprend une formation sur le SGS. Les employés reçoivent également une formation périodique annuelle. Un examen de plusieurs rapports d'incident révèle que, à l'exception de l'événement en cause, les employés signalent les dangers, incidents et accidents comme le prévoit le SGS.

1.17.2 Système de régulation des vols de Transwest Air

Selon la section 4.2.1 du *Manuel d'exploitation* (FOM), l'autorisation de vol pour les activités aériennes au départ des bases de Transwest Air, comme La Ronge et Stony Rapids, est déléguée au directeur de chaque base. Le directeur des opérations aériennes délègue au CdB le contrôle opérationnel de chaque vol; toutefois, le directeur demeure responsable de la conduite quotidienne des opérations aériennes. Ce système de contrôle opérationnel s'appelle la régulation des vols par le pilote⁶.

D'après la section 4.2.1 du FOM :

[traduction]

Une autorisation de vol sera réputée comme ayant été donnée une fois que le CdB a déterminé :

- a) que le vol peut être effectué conformément au certificat d'exploitation aérienne et aux spécifications d'exploitation de l'entreprise, au manuel d'exploitation de l'entreprise et aux normes du *Règlement de l'aviation canadien*;
- b) que toutes les licences et tous les permis et certificats sont valides;
- c) que l'aéronef est en état de navigabilité :
 - i. que tous les travaux d'entretien d'aéronef requis ont été faits;
 - ii. qu'une autorisation de remise en service technique a été délivrée;
 - iii. qu'il reste suffisamment de temps de vol pour effectuer le vol prévu avant les prochains travaux d'entretien requis.

Durant la journée, on peut modifier l'itinéraire à cause de changements dans les conditions ou les besoins des clients. Les révisions d'itinéraire sont communiquées aux équipages par divers moyens, comme le téléphone satellite et les radios VHF (très haute fréquence) ou MF (modulation de fréquence), ainsi que par l'intermédiaire du contrôle de la circulation aérienne ou de stations d'information de vol. La communication par courriel et par téléphone mobile est également possible à certains endroits.

L'extrait ci-dessous du FOM, section 4.2.1, fait référence à l'autorité du CdB en pareil cas :

⁶ Manuel d'exploitation (FOM) de Transwest Air, section 4 Operational Control, 4.2.1 Flight Authorization

[traduction]

Au cas où une nouvelle exigence pour un vol surviendrait pendant que le CdB mène ses activités ailleurs qu'à une base, celui-ci est autorisé à mettre l'aéronef en service, aux conditions suivantes :

- a) les exigences du nouveau vol doivent être revues avec le directeur, Opérations aériennes, ou son délégué, à moins que le CdB ait été délégué par le directeur, Opérations aériennes, pour évaluer les exigences;
- b) les conditions d'autorisation de vol sont satisfaites.

Le système de régulation des vols par le pilote délègue au CdB l'entière responsabilité de la surveillance des vols. Pour ce faire, le CdB doit communiquer les détails pertinents du vol au répartiteur/préposé au suivi des vols. Si le suivi des vols n'est pas offert au point de départ, on peut confier ces renseignements à une personne responsable. Le CdB a pour responsabilité de fournir les heures de départ et d'arrivée au personnel de suivi des vols par un moyen de communication quelconque. Le répartiteur ou le préposé au suivi des vols doit confirmer que chaque vol a atteint sa destination⁷. Le système de suivi du vol embarqué des aéronefs de Transwest Air permet au personnel de suivi des vols de vérifier de façon ponctuelle la position d'un aéronef particulier au moyen d'un utilitaire Web. Le personnel peut également faire une vérification, comme ce fut le cas dans l'accident en cause, à la suite du signalement d'un écart par rapport à l'information de vol fournie par le CdB, dans ce cas-ci par le gérant du camp.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Prise de décisions

Les pilotes qui doivent réguler eux-mêmes les vols en régions éloignées courent le risque de commettre des erreurs de « poursuite du plan⁸ » en raison de facteurs qui les mènent à adopter des comportements non sécuritaires (attrait de l'objectif) plutôt que sécuritaires (aversion d'une situation)⁹. Ces facteurs peuvent comprendre des pressions d'ordre organisationnel, situationnel, social et psychologique¹⁰. Tout pilote doit systématiquement prendre en considération toute l'information sur ces facteurs afin de demeurer conscient des aspects positifs et négatifs des décisions possibles. Les pilotes sont formés pour utiliser les techniques mnémiques (aide-mémoire) pour reconnaître les dangers, évaluer leur aptitude personnelle et gérer les risques connexes durant la planification prévol et la prise de décisions en vol. Par exemple, à Transwest Air, la formation sur les facteurs humains porte sur les mnémiques PAVE (*Pilot-in-command, Aircraft, Environment, External pressures* – Commandant de bord,

⁷ Manuel d'exploitation (FOM) de Transwest Air, section 4 Operational Control, 4.4 Flight Following and Communications

⁸ Des erreurs de « poursuite du plan » peuvent survenir lorsqu'un pilote maintient un plan d'action, malgré des renseignements indiquant que des modifications au plan s'imposent.

⁹ C. Bearman, S. Paletz et J. Orasanu. (2009). Situational pressures on aviation decision making: Goal seduction and situation aversion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(6), p. 556 – 560.

¹⁰ C. Bearman, S. Paletz, J. Orasanu et B. Brooks. (2009). Organizational pressures and mitigating strategies in small commercial aviation: Findings from Alaska. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(12), 1055 – 1058. (citation p. 1055 - 1056.)

aéronef, environnement et pressions externes) et IMSAFE (*Illness, Medication, Stress, Alcohol, Fatigue, Emotion* – Maladie, médicaments, stress, alcool, fatigue, émotion). La mnémonique PAVE est conçue pour aider les pilotes à prendre des décisions sécuritaires au moyen d'un examen systématique ou délibéré¹¹ de toute l'information pertinente, et à éviter d'utiliser des stratégies heuristiques de traitement de l'information qui pourraient mener à des décisions non sécuritaires et sujettes à l'erreur. La mnémonique IMSAFE est conçue pour permettre aux pilotes de déterminer leur aptitude physique et mentale au vol et leur fournir une évaluation globale de leur bien-être¹². Nonobstant l'utilisation systématique des techniques mnémoniques, les pilotes doivent respecter l'obligation réglementaire de rester au sol en cas de maladie, blessure incapacitante ou handicap¹³.

Ces mnémoniques sont conçues pour aider les pilotes à prendre des décisions sécuritaires grâce à des autoévaluations et à un examen systématique¹⁴ de toute l'information pertinente. Chez l'humain, la prise de décisions ne se fonde pas naturellement sur l'examen de tous les facteurs et de toutes les issues possibles, mais plutôt sur l'évaluation de ce qui a déjà fonctionné dans des situations semblables. Les pilotes peuvent également utiliser des mnémoniques pour éviter le recours à des stratégies heuristiques¹⁵ d'analyse de l'information qui sont sujettes à l'erreur.

L'examen systématique est minutieux et complet, mais exigeant sur le plan mental. L'examen heuristique comporte des raccourcis pour réduire la charge de travail mental. Il s'applique habituellement à de l'information incomplète et il est sujet à de nombreuses distorsions. En présence de facteurs qui nuisent à la performance, comme la fatigue, la maladie, le stress, les contraintes de temps et une lourde charge de travail, le fait de ne pas utiliser des mnémoniques accroît la probabilité que l'on prenne de mauvaises décisions heuristiques.

Le BST a enquêté sur plusieurs activités de taxi aérien menées par un seul pilote responsable de la régulation des vols et où la prise de décision du pilote était un facteur, et il a reconnu le besoin d'améliorer les stratégies d'atténuation des risques, comme la formation sur la prise de décisions, les mnémoniques et la gestion de la pression exercée par les clients¹⁶.

1.18.2 Fatigue

La consommation d'un repas difficile à digérer moins de 2 heures avant le sommeil et l'apparition possible de troubles gastriques et de crampes d'estomac durant le sommeil peuvent en perturber la qualité. Le nombre d'heures de sommeil normal permettant d'éviter le déficit de sommeil (fatigue) est de 1 heure de sommeil pour toutes les 2 heures de veille, calculé depuis le début de la dernière période de sommeil, puis en reculant d'au moins 2 ou 3 périodes. Les

¹¹ I. Blanchette et A. Richards. (2010). The influence of affect on higher level cognition: A review of research on interpretation, judgement, decision making and reasoning. *Cognition & Emotion*, 24(4), p. 561 – 595.

¹² Federal Aviation Administration (FAA), FAA-H-8083-2 *Risk Management Handbook* (2009).

¹³ *Règlement de l'aviation canadien (RAC)*, DORS/96-433, 404.06 *Interdiction concernant l'exercice des avantages*

¹⁴ I. Blanchette et A. Richards. (2010). The influence of affect on higher level cognition: A review of research on interpretation, judgement, decision making and reasoning. *Cognition & Emotion*, 24(4), p. 561 – 595.

¹⁵ S. Nolen-Hoeksma, B.L. Fredrickson, G.R. Loftus et W.A. Wagenaar. (2009). *Atkinson & Hilgard's Introduction to Psychology*, 15e édition (Wadsworth Cengage Learning, R.-U.)

¹⁶ Rapports d'enquête aéronautiques A08P0353, A10Q0111, A10Q0132, A11W0152 et A12C0005 du BST.

calculs appliqués à la journée de travail précédente du pilote et à 2 périodes de sommeil d'environ 6,5 heures chacune donnent un déficit de sommeil d'environ 2 heures au moment de l'événement en cause. Un tel déficit de sommeil ne serait pas nécessairement suffisant pour entraîner une baisse de performance en l'absence d'autres facteurs. Toutefois, des malaises comme des troubles gastriques et des crampes d'estomac peuvent certainement perturber le sommeil et dégrader sa fonction reconstituante, ce qui accroît le déficit de sommeil aigu. La fatigue réduit la capacité de résolution de problème et rend plus difficile la révision d'un plan en cours¹⁷; elle est associée à la colère¹⁸ et à la prise de décisions risquées¹⁹.

1.18.3 Stress

La réaction au stress se fait en 3 étapes : alarme, adaptation et épuisement. Après l'alarme initiale, on maintient la stabilité, malgré la présence continue de facteurs stressants, en dépensant de l'énergie d'adaptation. La diminution de cette ressource limitée mène éventuellement à l'épuisement et à la perte d'adaptabilité²⁰.

À mesure que diminuent leurs ressources adaptatives, les personnes stressées sont portées à passer de l'examen systématique à un examen heuristique de l'information qui est plus sujet à l'erreur^{21, 22}.

Les facteurs stressants nuisent de plusieurs façons différentes à la prise de décisions et à la gestion du risque. La maladie réduit la performance et la sécurité générales du pilote²³ et peut réduire sa capacité de s'adapter à d'autres facteurs stressants et de prendre de bonnes décisions.

1.18.4 Charge de travail

La prise de décisions sous contrainte de temps et d'une charge de travail élevée se caractérise par des raccourcis mentaux (c.-à-d. heuristiques) pour analyser l'information et par des niveaux réduits d'effort mental²⁴.

Les contraintes de temps accroissent la probabilité d'une prise de décision risquée²⁵. La prise continue de décisions sous contrainte de temps durant de longues périodes peut en fait

¹⁷ F. Wimmer, R. Hoffman, R. Bonato et A. Moffit. (1992). The effects of sleep deprivation on divergent thinking and attention processes. *Journal of Sleep Research*, 1, p. 223 - 230.

¹⁸ J.S. Samkoff, C.H. Jacques. (1991). A review of studies concerning effects of sleep deprivation and fatigue on residents' performance. *Academic Medicine*, 66, p. 687 - 693.

¹⁹ G.R.J. Hockey. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45, p. 73 - 93.

²⁰ H. Selye. (1973). The evolution of the stress concept. *American Scientist*, 61(6), p. 692 - 699.

²¹ I. Blanchette et A. Richards. (2010). The influence of affect on higher level cognition: A review of research on interpretation, judgement, decision making and reasoning. *Cognition & Emotion*, 24(4), p. 561 - 595.

²² G.R.J. Hockey. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45, p. 73 - 93.

²³ Federal Aviation Administration (FAA), FAA-H-8083-2 *Risk Management Handbook* (2009).

²⁴ A.J. Maule et G.R.J. Hockey. (1993). State, stress and time pressure, dans: O. Svenson et A.J. Maule (eds.), *Time pressure and stress in human judgement and decision making* (Plenum, New York), p. 83 - 102.

²⁵ A.D. Angie, S. Connelly, E.P. Waples et V. Klignyte. (2011). The influence of discrete emotions on judgement and decision-making: A meta-analytic review. *Cognition & Emotion*, 25(8), p. 1393 - 1422.

mener à une diminution de ressources cognitives^{26, 27}. Les personnes deviennent particulièrement tendues lorsqu'elles se rendent compte qu'elles n'ont pas suffisamment de temps pour respecter une échéance²⁸. De plus, la contrainte de temps amplifie la colère associée au retard, et cette colère a tendance à persister²⁹. La colère accroît la probabilité de prise de décisions heuristique et risquée^{30, 31, 32} en partie parce que cette colère entraîne des évaluations plus optimistes du risque et des choix à risque plus élevé³³.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Les données conservées dans le dispositif embarqué du système de compte rendu de position ont permis de reconstituer le vol en cause par intervalles de 10 secondes. On a ensuite transposé les données d'altitude, de cap, de vitesse sol et de position sur une carte Google Earth pour créer une représentation graphique de la trajectoire de vol.

²⁶ G.R.J. Hockey. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45, p. 73 – 93.

²⁷ A.J. Maule et G.R.J. Hockey. (1993). State, stress and time pressure, dans: O. Svenson et A.J. Maule (eds.), *Time pressure and stress in human judgement and decision making* (Plenum, New York), p. 83 – 102.

²⁸ D.M.T. Fessler, E.G. Pillsworth et T.J. Flamson. (2004). Angry men and disgusted women: An evolutionary approach to the influence of emotions on risk taking. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 95, p. 107 – 123.

²⁹ A.N. Stephens et J.A. Groeger. (2011). Anger-congruent behaviour transfers across driving situations. *Cognition & Emotion*, 25(8), p. 1423 – 1438.

³⁰ A.D. Angie, S. Connelly, E.P. Waples et V. Kligyte. (2011). The influence of discrete emotions on judgement and decision-making: A meta-analytic review. *Cognition & Emotion*, 25(8), p. 1393 – 1422.

³¹ D.M.T. Fessler, E.G. Pillsworth et T.J. Flamson. (2004). Angry men and disgusted women: An evolutionary approach to the influence of emotions on risk taking. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 95, p. 107 – 123.

³² K.P. Leith et R.F. Baumeister. (1996). Why do bad moods increase self-defeating behavior? Emotion, risk taking, and self-regulation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71(6), p. 1250 – 1267.

³³ J.S. Lerner et D. Keltner. (2001). Fear, anger, and risk. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81(1), p. 146 – 159.

2.0 Analyse

2.1 Généralités

Le pilote possédait les qualifications et l'expérience nécessaires pour effectuer le vol et il connaissait la région. L'aéronef était entretenu et équipé conformément à la réglementation en vigueur. L'examen de l'indicateur de couple et les dommages que présentait le moteur indiquent que celui-ci fonctionnait et produisait de la puissance au moment de l'impact avec le plan d'eau. L'aéronef se trouvait à l'intérieur des limites acceptables par rapport à son centre de gravité, et aucune anomalie non corrigée n'avait été signalée avant l'amerrissage au lac Scott (Territoires du Nord-Ouest). L'examen de l'épave n'a révélé aucune anomalie antérieure à l'impact avec les arbres au lac Scott.

Les données récupérées relatives à la trajectoire de vol indiquent un profil de vol relativement normal jusqu'à ce que des fluctuations d'altitude commencent à apparaître après le point de données (DP) 93 et reflètent un taux de descente de plus en plus rapide après le DP 107. Ces facteurs, combinés à la nature de l'impact avec la surface de l'eau, indiquent que le pilote avait perdu la maîtrise de l'aéronef.

Étant donné que la radiobalise de localisation d'urgence ne s'est pas activée, l'épave a été retrouvée au moyen de recherches le long de sa trajectoire de vol à partir de sa dernière position signalée. Même si le taux d'échantillonnage et l'intervalle de transmission configurés dans le système de suivi du vol n'ont fait qu'agrandir l'aire de recherche possible, on a trouvé le lieu de l'accident relativement rapidement parce que l'épave se trouvait sur la trajectoire de destination.

L'analyse portera sur divers scénarios possibles, le processus de prise de décisions du pilote et l'importance de l'impact avec les arbres au lac Scott.

2.2 Scénarios possibles qui n'ont pas été retenus

2.2.1 Incapacité

La possibilité d'une incapacité du pilote a été envisagée. Le vol était relativement court, et l'aéronef n'était en vol que depuis environ 17 minutes. Le Otter est un aéronef bruyant à pilotage manuel. Les prévisions météorologiques annonçaient une légère turbulence en route et le pilote devait déjà préparer sa descente et son approche au lac Ivanhoe (Territoires du Nord-Ouest). Il est probable que l'impact avec les arbres aurait été un facteur de frustration croissante et de stress. Il est donc peu probable que le pilote se soit endormi et ait perdu la maîtrise de l'aéronef. Les résultats de l'autopsie et des analyses toxicologiques excluent que la performance du pilote ait pu être réduite par des facteurs médicaux ou psychologiques préexistants; ainsi, l'on considère que l'incapacité est peu probable.

2.2.2 Amerrissage de précaution

La possibilité que le pilote ait tenté un amerrissage de précaution a aussi été envisagée. Le vérin de volet se trouvait en position UP (volets rentrés), ce qui indique que l'aéronef n'était pas

configuré pour un amerrissage. Le scénario de l'accident ne correspond pas à un écrasement sur l'eau par suite d'une tentative d'amerrissage ratée.

2.3 Processus de prise de décisions

Différents facteurs, comme la fatigue, la maladie, le stress, les contraintes de temps et une lourde charge de travail, peuvent nuire à la prise de décisions du pilote. Quand ces facteurs sont présents et que l'on n'a pas recours à des mnémoniques, il est plus probable que l'on prenne des décisions non sécuritaires. La perte de 2 heures de sommeil et la mauvaise qualité du sommeil causée par les troubles gastriques auraient contribué à un déficit de sommeil aigu et à de la fatigue. Le jour de l'accident, plus tôt dans la journée, le pilote ne se sentait pas bien.

Le pilote avait été en service pendant environ 12 heures et avait accumulé environ 7 heures de vol alors qu'il effectuait 13 des 15 vols prévus. Le pilote avait été en proie à plusieurs facteurs stressants au cours de la journée. Les conditions météorologiques étaient acceptables; toutefois, le vent en rafales avait compliqué les manœuvres de circulation de l'aéronef, alourdissant de ce fait la charge de travail et le stress du pilote. Le pilote paraissait de plus en plus renfermé et agité ce jour-là, tout en étant déterminé à ramener les hôtes et leurs guides au lac Scott et à terminer la journée à Stony Rapids (Saskatchewan).

Les retards occasionnés par les difficultés d'accostage au quai et l'échouage ont exacerbé peu à peu la contrainte de temps pour regagner Stony Rapids avant la fin du crépuscule civil. Le cumul de ces facteurs stressants était propice à la prise de décisions risquées, comme l'illustre l'approche inhabituelle en vue de l'amerrissage au lac Scott. La trajectoire d'approche choisie aurait probablement limité l'exposition au vent de travers durant la circulation de l'aéronef vers le quai. Toutefois, il est probable que l'impact avec les arbres a exacerbé le stress, la colère et la frustration du pilote, comme le montre sa façon peu typique d'ordonner à un passager de libérer le siège de droite durant la tentative d'accostage.

Durant la journée, le pilote a été confronté à bon nombre de situations pouvant causer un certain stress. Même si le stress engendré par ces situations n'était pas nécessairement impossible à gérer, les réactions du pilote à ces situations montrent qu'il avait de plus en plus de mal à se contrôler. Plusieurs facteurs étaient présents qui auraient réduit la capacité du pilote à gérer ces facteurs stressants, et donc à prendre des décisions sécuritaires. En particulier, la fatigue du pilote, combinée à ses malaises, à la colère, à la lourde charge de travail, aux contraintes de temps et à l'impact avec les arbres, a réduit les ressources à sa disposition pour lui permettre de collecter et d'analyser systématiquement l'information essentielle à la sécurité; il en est résulté sa décision de décoller avec un aéronef endommagé qui n'avait pas été inspecté.

2.4 Impact avec des arbres

Le pilote savait que l'aile avait heurté des arbres, et après un bref coup d'œil à l'aile, a peut-être décidé qu'il ne s'agissait que de dommages mineurs. Une inspection détaillée par une personne compétente, comme l'exige la politique de l'entreprise, aurait été nécessaire pour déterminer toute l'ampleur des dommages causés à l'aile, au saumon d'aile et aux points de fixation de l'aile. L'impact avec la surface de l'eau a occulté les dommages causés par l'impact avec les arbres, ce qui a compliqué la tâche de distinguer les dommages attribuables à chacun des 2 événements.

2.4.1 Conséquences de l'impact avec les arbres

Au départ du lac Scott, des témoins ont vu l'aéronef décoller et monter normalement. Les données du dispositif de suivi de vol indiquent que les segments de montée et de croisière du vol étaient initialement normaux. Il est donc peu probable que les effets aérodynamiques du bord d'attaque déformé de l'aile, résultat de l'impact avec les arbres, aient causé une perte de maîtrise.

Le battement de l'aileron causé par l'écoulement d'air perturbé par-dessus le bord d'attaque déformé de l'aile a été pris en considération. Les points d'articulation et bielles de commande ne présentaient aucun signe de relâchement préexistant. Le pilote exploitait l'aéronef à l'intérieur des paramètres de vitesse permis. Toutes les gouvernes ont été retrouvées au site de l'écrasement, plus ou moins dans la bonne orientation. Des dommages aux gouvernails de profondeur et le frottement hors axe du guignol de la masse d'équilibrage de l'aileron droit portent à croire que l'aéronef a probablement commencé à se désintégrer avant l'impact avec le plan d'eau. Toutefois, rien n'indiquait que les ailerons avaient été endommagés par un épisode de battement. La perte de maîtrise a probablement précédé les dommages subséquents aux surfaces des gouvernes.

L'énergie absorbée par l'aile lorsqu'elle a heurté les arbres au lac Scott a entraîné un mouvement de lacet (pivot latéral) vers la droite. La force ainsi appliquée au saumon d'aile aurait été multipliée à l'emplanture du longeron de l'aile arrière avec le fuselage. La petite fissure de fatigue dans le longeron arrière de la nervure courante du fuselage indique que des dommages ont été causés par l'impact de l'aile contre les arbres. La défaillance en surcharge des nervures courantes de fuselage n'était toutefois pas en alignement exact avec la fissure de fatigue, ce qui met en doute la défaillance en vol subséquente de l'emplanture du longeron de l'aile arrière.

Le saumon d'aile a été endommagé par l'impact avec des arbres au lac Scott. Durant le vol suivant, l'aéronef a volé pendant environ 17 minutes, ce qui indique que les facteurs qui ont mené à l'apparente perte de maîtrise ont mis un certain temps à se manifester. Les bords brisés du saumon d'aile en fibre de verre auraient été exposés au courant aérien. Le saumon d'aile a également été soumis à une hausse de la pression interne causée par l'infiltration d'air dynamique par les fissures dans la fibre de verre. Ces forces combinées ont probablement causé le bris du saumon d'aile. La bosselure dans le sens de la corde et les éraflures sur la nervure de l'aileron extérieur, de même que les marques de peinture bleue du saumon d'aile sur les composants de l'aileron adjacent indiquent que des parties du saumon d'aile se trouvaient coincées contre l'aileron durant le vol. Il se peut que des charges aérodynamiques aient déformé les parties arrière restantes du saumon d'aile sous ou par-dessus l'aileron. Les marques de peinture bleue sur l'extrados de l'aileron indiquent que des parties du saumon d'aile se sont retrouvées par-dessus l'aileron.

Lorsque l'aéronef a heurté des arbres au lac Scott, les volets étaient rentrés; lorsque les ailes se sont séparées du fuselage durant l'écrasement, les volets se sont retrouvés en position déployée. La seule circonstance où les marques de peinture bleue dans le sens de la corde et la bosselure dans la nervure de l'aileron auraient été alignées avec le saumon d'aile se serait produite durant le vol, avec les volets rentrés et les ailerons presque neutres.

Il est probable que des morceaux du saumon d'aile brisé, sous l'effet de charges aérodynamiques, ont gêné le fonctionnement de l'aileron droit. L'ampleur de ce problème n'a

pu être établie de façon concluante, mais elle aurait probablement été suffisante pour nuire à la capacité du pilote à maîtriser l'aéronef. L'usure de la ferrure d'articulation de l'aileron extérieur causée par le contact de charge latérale inégal avec l'articulation de l'aileron et le frottement hors axe de la masse d'équilibrage indiquent que l'aileron droit avait probablement commencé à se tordre et à osciller sur l'entière portée de son débattement avant l'impact avec le plan d'eau. On ne sait pas si cette torsion a été causée par les charges aérodynamiques qui sont survenues après la perte de maîtrise ou par les tentatives du pilote de dégager l'aileron.

3.0 *Faits établis*

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

1. Durant l'approche d'amerrissage du vol précédent, le bord d'attaque et le saumon d'aile de l'aile droite ont été endommagés par un impact avec plusieurs arbres.
2. Avant le décollage du vol en cause, aucun technicien compétent n'a évalué ni inspecté les dommages qu'avait subis l'aéronef.
3. L'accumulation de facteurs stressants non gérés a perturbé l'analyse de l'information essentielle à la sécurité par le pilote et a probablement contribué à la décision non sécuritaire de décoller avec un aéronef endommagé qui n'avait pas été inspecté.
4. Après s'être envolé avec l'aéronef endommagé, le pilote en a perdu la maîtrise, probablement à cause de morceaux du saumon d'aile brisé qui gênaient, sous l'effet de charges aérodynamiques, le fonctionnement de l'aileron droit.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

Sans objet.

3.3 *Autres faits établis*

1. La radiobalise de localisation d'urgence ne s'est pas activée en raison des dommages subis durant l'écrasement et parce qu'elle était submergée.
2. L'aéronef n'était pas muni d'un récepteur de radiodiffusion de modulation de fréquence, équipement qui se trouve normalement à bord des aéronefs qui desservent le camp de pêche. Le personnel du camp n'avait aucun moyen de communiquer avec le pilote après son départ du quai.

4.0 Mesures de sécurité

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Transwest Air

Le 30 septembre 2013, Transwest Air a publié la directive de sécurité SD13-10 (Annexe A), qu'elle a distribuée à tous ses employés. Cette directive réitère l'attente de l'entreprise relativement à la conformité à l'article 605.06 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

En octobre 2013, des réunions des pilotes ont eu lieu à chacune des bases de Transwest Air. Une partie de la discussion sur les facteurs humains a abordé les attentes de l'entreprise relativement à la responsabilité des pilotes de se retirer du service en vol s'ils ne se sentent pas aptes au vol. L'extrait suivant est tiré du procès-verbal de l'une de ces réunions :

[traduction]

- Rappel aux équipages de conduite que s'ils ne se sentent pas aptes au vol, ils doivent appeler le répartiteur ou (chef pilote ou directeur des opérations aériennes) et se retirer du service en vol.
- Les raisons qui font que l'on peut se sentir inapte au vol et incapable de se concentrer sur la sécurité et la tâche à effectuer peuvent comprendre, entre autres

- les difficultés personnelles – séparation, divorce, difficultés financières,
- la maladie – rhume/grippe, intoxication alimentaire, gueule de bois,
- la perturbation émotionnelle – maladie ou décès d'un proche,
- la fatigue/l'épuisement.

- Transwest Air offre des journées de maladie rémunérées. Une personne ne sera pas pénalisée financièrement parce qu'elle est malade ou inapte au vol. Soit on trouvera un autre pilote pour effectuer le vol, soit on annulera le vol. **La sécurité est notre priorité absolue.**

On a rappelé à tous que l'entreprise offre, parmi ses avantages sociaux, des prestations d'invalidité de courte et de longue durée³⁴.

Le 10 octobre 2014, Transwest Air a publié la directive de sécurité SD13-10 modifiée (Annexe B), qu'elle a distribuée à tous ses employés. Cette directive réitère l'attente de l'entreprise relativement à la conformité à l'article 605.03(1) du RAC.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 17 décembre 2014. Le rapport a été officiellement publié le 8 janvier 2015.


³⁴ Transwest Air, procès-verbal de la réunion des pilotes de CYSF du 10 octobre 2013, section 19 : Facteurs humains.

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 – Directive de sécurité SD13-10

[en anglais seulement]



**SAFETY DIRECTIVE
SD13-10**

TO: ALL EMPLOYEES

FROM:

DATE: September 30, 2013

SUBJECT: AIRCRAFT EQUIPMENT STANDARDS AND SERVICEABILITY

Transwest Air management would like to reiterate the importance of Canadian Aviation Regulation (CAR) 605.06 which states:

Aircraft Equipment Standards and Serviceability

605.06 *No person shall conduct a take-off in an aircraft, or permit another person to conduct a take-off in an aircraft in their custody and control, unless the aircraft equipment required by these Regulations*

- *meets the applicable standards of airworthiness; and*
- *is serviceable and, where required by operational circumstances, functioning, except if otherwise provided in section 605.08, 605.09 or 605.10.*

This regulation, which is intended to ensure the safety of flight crew and passengers, prohibits a take-off in an aircraft that has incurred any physical damage. When physical damage has been incurred on an aircraft, that aircraft shall not be flown until a licensed engineer has inspected and signed a release for that aircraft.

Safety is everyone's concern.

If you have reason to suspect that an aircraft may have sustained physical damage that you cannot observe, enter a snag in the logbook and speak to an engineer immediately.

If you observe actual physical damage to an aircraft – even if you are not a pilot – you are required by this Regulation to ensure that the aircraft is grounded until it has been inspected and determined to be airworthy.

Annexe B – Directive de sécurité SD13-10 modifiée

[en anglais seulement]



SAFETY DIRECTIVE SD13-10 REVISED

TO: ALL EMPLOYEES
FROM: Heather McGonigal
DATE: October 10, 2014
SUBJECT: FLIGHT AUTHORITY

Transwest Air management would like to reiterate the importance of Canadian Aviation Regulation (CAR) 605.03(01) which states:

Flight Authority

605.03 (1) No person shall operate an aircraft in flight unless

- (a) a flight authority is in effect in respect of the aircraft;
- (b) the aircraft is operated in accordance with the conditions set out in the flight authority; and
- (c) subject to subsections (2) and (3), the flight authority is carried on board the aircraft.

This regulation prohibits the use of an aircraft in which the flight authority is no longer in effect. When physical damage has been incurred on an aircraft, the flight authority is no longer in effect. That aircraft shall not be flown until a licensed engineer has inspected/repaired and signed a release for that aircraft.

Safety is everyone's concern.

If you have reason to suspect that an aircraft may have sustained physical damage that you cannot observe, enter a snag in the logbook and speak to an engineer immediately.

If you observe actual physical damage to an aircraft – even if you are not a pilot – you are required by this Regulation to ensure that the aircraft is grounded until it has been inspected and determined to be airworthy.

Thank you for your anticipated co-operation. If you have any questions or require further clarification, please do not hesitate to contact me.

PLEASE SIGN THE ACKNOWLEDGEMENT SHEET AFTER READING THIS DIRECTIVE (for all employees other than Fixed-Wing Pilots)

Regards,

Director of Flight Operations