



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0098

PANNE D'ALIMENTATION CARBURANT

Air Tindi Ltd.

de Havilland DHC-6-300 Twin Otter, C-GNPS

Fort Providence (Territoires du Nord-Ouest), 6,7 NM NW

1^{er} novembre 2021

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

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

CONDITIONS D'UTILISATION

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

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

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

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

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0098* (publié le 24 novembre 2022).

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

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2022

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0098

N° de cat. TU3-10/21-0098F-PDF
ISBN 978-0-660-46257-8

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	6
1.1 Déroulement du vol.....	6
1.2 Personnes blessées.....	10
1.3 Dommages à l'aéronef.....	11
1.4 Autres dommages.....	11
1.5 Renseignements sur le personnel.....	11
1.5.1 Commandant de bord.....	11
1.5.2 Premier officier.....	12
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	12
1.6.1 Circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300.....	13
1.6.2 Performance de l'aéronef.....	16
1.7 Renseignements météorologiques.....	17
1.8 Aides à la navigation.....	17
1.9 Communications.....	17
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	17
1.11 Enregistreurs de bord.....	18
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	18
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	19
1.14 Incendie.....	19
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	19
1.16 Essais et recherche.....	20
1.16.1 Calcul de la quantité de carburant.....	20
1.16.2 Rapports de laboratoire du BST.....	20
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	20
1.17.1 Air Tindi Ltd.....	20
1.17.2 Surveillance exercée par Transports Canada.....	25
1.18 Renseignements supplémentaires.....	26
1.18.1 Création d'adaptations.....	26
1.18.2 Dynamique de groupe et influence.....	26
2.0 Analyse	29
2.1 Préparation du vol.....	29
2.2 Adaptations concernant l'exécution de listes de vérification.....	30
2.2.1 Commandant de bord.....	30
2.2.2 Premier officier.....	30
2.3 Roulage et décollage.....	31
2.4 Montée et croisière.....	31
2.5 Déroutement.....	32
2.5.1 Vol pour une distance franchissable maximale.....	32
2.5.2 Arrêt intentionnel du moteur gauche.....	32
2.5.3 Circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300.....	33
2.5.4 Approche forcée en vue d'un atterrissage en dehors de l'aéroport.....	34

2.6	Système de gestion de la sécurité de la compagnie.....	34
3.0	Faits établis	36
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	36
3.2	Faits établis quant aux risques	37
3.3	Autres faits établis.....	37
4.0	Mesures de sécurité	38
4.1	Mesures de sécurité prises	38
4.1.1	Air Tindi Ltd.	38
Annexes	39
	Annexe A – Séquence des événements	39
	Annexe B – Liste de vérification du poste de pilotage du DHC-6 d’Air Tindi	40

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0098

PANNE D'ALIMENTATION CARBURANT

Air Tindi Ltd.
de Havilland DHC-6-300 Twin Otter, C-GNPS
Fort Providence (Territoires du Nord-Ouest), 6,7 NM NW
1^{er} novembre 2021

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

Résumé

À 17 h 48, heure avancée des Rocheuses, le 1^{er} novembre 2021, un aéronef de Havilland DHC-6-300 Twin Otter d'Air Tindi (immatriculation C-GNPS, numéro de série 558) a quitté l'aéroport de Yellowknife (CYZF) (Territoires du Nord-Ouest), pour assurer le vol TIN223, un vol selon les règles de vol à vue à destination de l'aéroport de Fort Simpson (CYFS) (Territoires du Nord-Ouest). Deux membres d'équipage et 3 passagers étaient à bord.

Environ 40 minutes après le départ, l'équipage de conduite a remarqué qu'il n'y avait pas suffisamment de carburant pour parvenir à CYFS ou pour retourner à CYZF. Il a dérotté l'aéronef vers l'aérodrome de Fort Providence (CYJP) (Territoires du Nord-Ouest), et a informé la compagnie de sa décision. Le moteur gauche a été intentionnellement coupé pour conserver du carburant. Le moteur droit s'est ensuite éteint.

Un atterrissage forcé dans une fondrière de mousse a été effectué à 18 h 51, heure avancée des Rocheuses, à 6,7 milles marins (14 km) au nord-ouest du CYJP. Le Centre canadien de contrôle des missions a reçu peu après un signal de la radiobalise de repérage d'urgence. Environ 4 heures après l'atterrissage forcé, tous les occupants ont été évacués par des secouristes. Tous les occupants ont subi des blessures mineures liées à l'hypothermie. L'aéronef a été considérablement endommagé.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 1^{er} novembre 2021, l'aéronef de Havilland DHC-6-300 Twin Otter d'Air Tindi Ltd. (Air Tindi) (immatriculation C-GNPS, numéro de série 558) devait quitter l'aéroport de Yellowknife (CYZF) (Territoires du Nord-Ouest) à 10 h 30¹ afin d'effectuer les 3 vols aller-retour suivants selon les règles de vol à vue (VFR) :

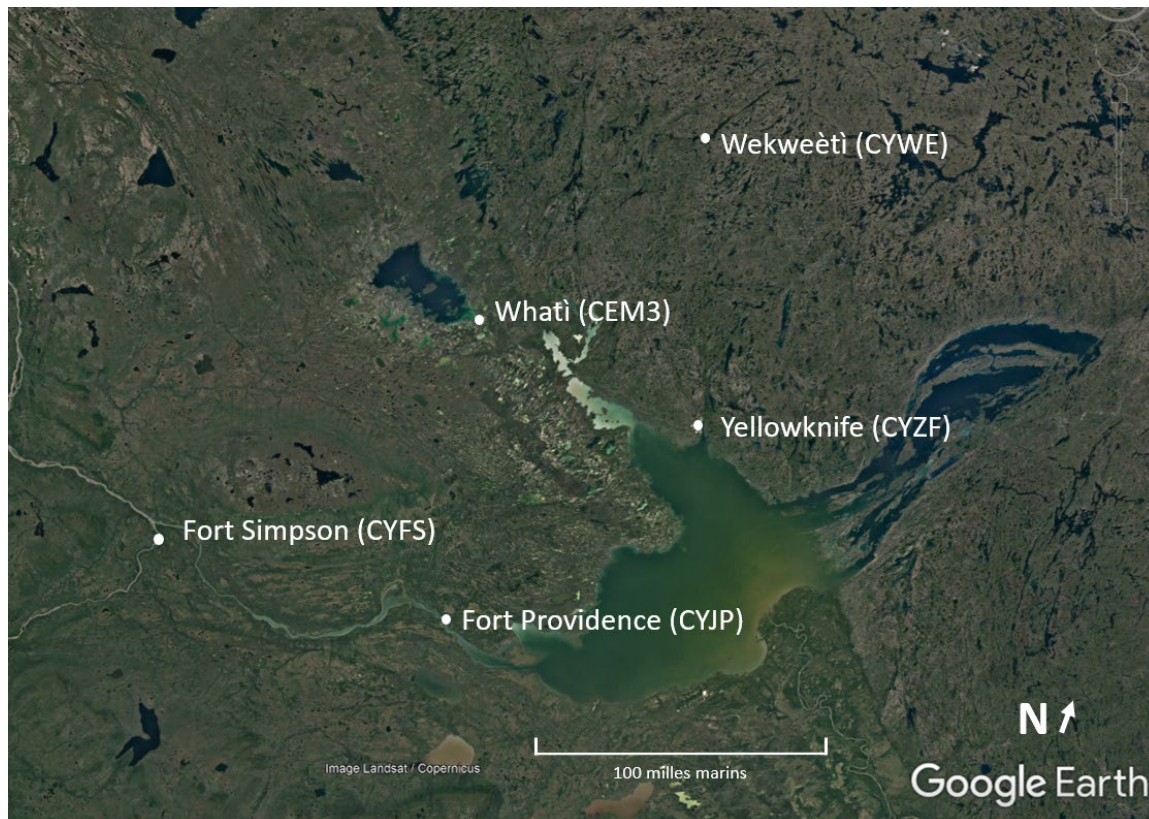
- le 1^{er} vol, aller-retour entre CYZF et l'aéroport de Whatì (CEM3) (Territoires du Nord-Ouest) : vol TIN218 pour l'aller et vol TIN220 pour le retour;
- le 2^e vol, aller-retour entre CYZF et l'aéroport Wekweètì (CYWE) (Territoires du Nord-Ouest) : vol TIN212 pour l'aller et vol TIN213 pour le retour;
- le 3^e vol, aller-retour entre CYZF et CEM3 : vol TIN220 pour l'aller et vol TIN221 pour le retour.

Après ces 3 vols aller-retour, le dernier voyage de la journée était le vol TIN223 de CYZF à l'aéroport de Fort Simpson (CYFS) (Territoires du Nord-Ouest) (figure 1; voir l'annexe A pour plus de détails). Le même équipage devait effectuer les 7 vols, puis passer la nuit à Fort Simpson. C'était la première fois que les membres de cet équipage effectuaient un vol ensemble. Tous les vols comprenaient à la fois des passagers et des marchandises et devaient se faire en vertu de la sous-partie 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), à l'exception du vol TIN212 qui devait se faire en vertu de la sous-partie 704 (Exploitation d'un service aérien de navette) du RAC².

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

² La sous-partie 704 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) s'applique lorsqu'il y a plus de 9 passagers à bord d'un aéronef pour un vol; il y avait 10 passagers à bord pour ce vol.

Figure 1. Carte de la région montrant les aéroports (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Au cours du dernier vol de la journée à destination de CYZF (vol TIN221 le jour de l'événement), l'équipage de conduite informait habituellement le coordonnateur des vols de la quantité de carburant nécessaire pour le vol suivant. Le coordonnateur des vols commandait alors le carburant au fournisseur de carburant. L'enquête n'a pas permis de confirmer que l'équipage de conduite avait demandé du carburant au coordonnateur des vols pour le vol à l'étude; cependant, le coordonnateur des vols n'a pas téléphoné au fournisseur de carburant pour donner une commande. Le vol TIN221 est arrivé à CYZF à 17 h 25. L'équipage et les passagers sont descendus de l'aéronef et sont entrés dans la salle d'embarquement des passagers. Ensuite, le processus de déchargement et de préparation du dernier vol de la journée (vol TIN223 à destination de CYFS) a été amorcé.

À 17 h 38, le premier officier est retourné à l'aéronef depuis la salle d'embarquement des passagers et a commencé l'inspection prévol externe. Environ 1 minute plus tard, le commandant de bord est retourné à l'aéronef et est entré dans le poste de pilotage par la porte avant du côté gauche. Pendant qu'il prenait place, le commandant de bord a remarqué un reçu de carburant dans la pochette de la porte et a présumé qu'il concernait le carburant qu'il croyait avoir commandé pour le vol à destination de CYFS. Il n'a pas lu le reçu de carburant, qui concernait un vol effectué 3 jours plus tôt.

Après l'atterrissage, aucun camion de carburant ne s'est rendu à l'aéronef, et donc l'aéronef n'a pas été réapprovisionné en carburant. Selon le plan de vol exploitation, l'aéronef assurant le vol TIN221 serait arrivé à CYZF avec environ 533 livres de carburant restant à

bord. Le plan de vol exploitation pour le vol TIN223 à destination de CYFS indiquait que l'aéronef devait avoir 2500 livres de carburant à bord, ce qui était normal pour ce vol.

Le commandant de bord a amorcé les préparatifs pour le démarrage du moteur de l'aéronef en procédant aux vérifications préalables énumérées dans l'*Air Tindi DHC6 Cockpit Checklist* (liste de vérification du poste de pilotage du DHC6 d'Air Tindi) (annexe B), en suivant un ordre systématique et précis³. En même temps, les passagers ont commencé à monter à bord de l'aéronef et le commandant de bord a interrompu les vérifications pour parler avec l'un d'eux, qui était un de ses anciens collègues. Après une brève conversation, le commandant de bord a poursuivi les vérifications.

À 17 h 40, lorsque les passagers ont fini de monter à bord et que la marchandise a été chargée, le premier officier a présenté aux passagers un exposé concernant le vol. Le premier officier s'est ensuite assis dans le poste de pilotage et a demandé au commandant de bord s'il désirait commencer les vérifications avant le démarrage. Le commandant de bord a décliné de le faire et a démarré les moteurs à 17 h 43.

Contrairement aux premiers vols de la journée, les vérifications après démarrage, de roulage et d'alignement ont été effectuées de mémoire seulement par le commandant de bord. À 17 h 47, l'aéronef à l'étude a quitté CYZF (vol TIN223), avec 2 pilotes et 3 passagers à bord. L'aéronef a progressivement atteint l'altitude de croisière prévue de 6500 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL). Les vérifications après décollage et en croisière ont été effectuées par le premier officier sans qu'il consulte la liste de vérification. Pour un vol typique, selon la liste de vérification du poste de pilotage du DHC-6 d'Air Tindi (*Air Tindi DHC6 Cockpit Checklist*), l'équipage de conduite aurait, à cette étape du vol, vérifié la quantité de carburant à 3 occasions distinctes (voir la section 1.17.1.4, Listes de vérification, du présent rapport).

À 17 h 50, le fournisseur de carburant à CYZF a appelé le coordonnateur des vols d'Air Tindi pour demander si l'aéronef à l'étude avait besoin de carburant. Le coordonnateur des vols a informé le fournisseur que l'aéronef avait déjà décollé et qu'il était en route vers CYFS.

Selon une analyse de la consommation de carburant (voir la section 1.16.1, Calcul de la quantité de carburant, du présent rapport), le voyant de bas niveau de carburant pour le réservoir arrière s'est allumé à 18 h 13. À ce moment, il restait environ 60 gallons américains de carburant à bord de l'aéronef, dont 8 gallons américains de carburant dans le réservoir auxiliaire de l'aile gauche et 9 gallons américains dans le réservoir auxiliaire de l'aile droite. L'aéronef aurait ainsi eu une autonomie de vol d'environ 40 minutes à sa vitesse de croisière avant l'épuisement du carburant.

À 18 h 26 (38 minutes après le décollage), lorsque le vol TIN223 se trouvait à environ mi-chemin de CYFS, l'équipage de conduite a remarqué que le voyant de bas niveau de carburant dans le réservoir arrière était allumé. L'équipage a immédiatement compris qu'il

³ Vérification des interrupteurs, commutateurs, sélecteurs, contrôles et instruments prévue dans la liste de vérification, mais effectuée sans liste de vérification et dans le même ordre chaque fois.

avait quitté l'aéroport avec une quantité insuffisante de carburant et a amorcé le processus pour déterminer où dérouter l'aéronef. Il a déterminé que la piste la plus proche était celle de l'aérodrome de Fort Providence (CYJP) (Territoires du Nord-Ouest) et, à 18 h 29, le vol TIN223 s'est dirigé vers le sud pour s'y rendre. Pendant ce temps, le commandant de bord a fait monter l'aéronef à 7000 pieds ASL.

Le commandant de bord a informé le coordonnateur des vols d'Air Tindi de la situation en utilisant la radio par satellite de l'aéronef. Le coordonnateur des vols a transmis la suggestion du chef pilote d'envisager de couper 1 moteur pour limiter la consommation de carburant, et le pilote a convenu de le faire. À 18 h 34, le commandant de bord a commencé à prélever du carburant des réservoirs auxiliaires situés dans les ailes⁴, et le premier officier a informé les passagers du déroutement. Peu après, le commandant de bord a intentionnellement amorcé un arrêt du moteur de gauche et a mis l'hélice de gauche en drapeau. Le processus s'est achevé à 18 h 38. La puissance a ensuite été réduite sur le moteur de droite pour conserver le carburant, et une descente lente a été amorcée. Du carburant a continué d'être prélevé du réservoir de carburant de l'aile droite. Pendant l'enquête, on a calculé qu'il restait environ 69 livres de carburant dans le réservoir avant à ce moment-là, et il est probable que le voyant de bas niveau de carburant s'était allumé.

À 18 h 43, le commandant de bord a remarqué que le voyant PUMP FAIL R TANK (défaillance de la pompe, réservoir de droite) s'était allumé, indiquant que le réservoir auxiliaire de l'aile droite était presque vide. Le commutateur a alors été placé en mode REFUEL (avitaillement).

À 18 h 47, le vol TIN223 se trouvait à environ 11 milles marins (NM) de CYJP, franchissant en descente les 3300 pieds ASL, lorsque le moteur droit a commencé à faire des sautes de régime. L'équipage de conduite a coupé le moteur et a mis l'hélice en drapeau, et le commandant de bord a commencé à ralentir l'aéronef pour le ramener à la vitesse optimale en plané pour une distance franchissable maximale, soit 86 nœuds en vitesse indiquée⁵. Le premier officier a fait un exposé aux passagers sur une approche forcée en vue d'un atterrissage ailleurs qu'à un aéroport. Le commandant de bord a cherché un endroit convenable pour l'atterrissage. Dans l'obscurité, il a pu discerner un secteur de fondrière de mousse. Il a choisi cet endroit plutôt qu'un secteur boisé.

Juste avant le toucher des roues, le commandant de bord a demandé les volets réglés à 10°, puis les pleins volets; le premier officier a sélectionné ces positions des volets.

L'avertissement de décrochage s'est activé lorsque l'aéronef se trouvait tout juste au-dessus de la fondrière de mousse et quelques secondes avant le toucher des roues. L'aéronef s'est posé sur la fondrière de mousse à 18 h 51, à 6,7 NM au nord-ouest de CYJP, et s'est immobilisé à l'endroit (figure 2).

⁴ Voir la section 1.6.1, Circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300, du présent rapport pour obtenir de plus amples renseignements.

⁵ Voir la section 1.6.2.3, Vitesse en plané sans moteur pour une distance franchissable maximale, du présent rapport pour obtenir de plus amples renseignements.

Le Centre canadien de contrôle des missions à Trenton (Ontario) a reçu un signal de la balise de repérage d'urgence de l'aéronef, sur la fréquence 406 MHz, peu après. Environ 4 heures après l'atterrissage forcé, tous les occupants ont été évacués par des secouristes.

Figure 2. Photo de l'aéronef à l'étude après l'atterrissage forcé dans la fondrière de mousse, vue vers l'est (Source : Air Tindi Ltd.)



1.2 Personnes blessées

Deux membres d'équipage et 3 passagers se trouvaient à bord de l'aéronef pendant le vol à l'étude. Tous les occupants présentaient des signes d'hypothermie légère et ont été traités en conséquence. Un passager a subi une légère blessure en marchant lorsqu'il quittait le lieu de l'accident.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Membres d'équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	0	0	–	0
Graves	0	0	–	0
Légères	2	3	–	5
Total des personnes blessées	2	3	–	5

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef est resté à l'endroit pendant l'atterrissage, et les dommages ont été limités à la cloison du nez à la référence fuselage 60. Le train d'atterrissage avant a été déplacé vers l'arrière, ce qui a entraîné un plissement des parois extérieures et de la structure du nez.

1.4 Autres dommages

Il n'y a eu aucun autre dommage.

1.5 Renseignements sur le personnel

Chez Air Tindi, les aéronefs DHC-6 sont exploités par 2 membres d'équipage qui, habituellement, assument les fonctions de pilote aux commandes et de pilote surveillant à tour de rôle pour chaque vol. Lors du vol à l'étude, le commandant de bord était le pilote aux commandes, assis à gauche, et le premier officier était le pilote surveillant, assis à droite.

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)	Licence de pilote professionnel (CPL) – avion
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} octobre 2022	1 ^{er} novembre 2022
Heures de vol – total	6396,5	434,6
Heures de vol sur type	2945,1	84,9
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	20,7	2,3
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	75,7	10,7
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	174,1	51,8
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	174,1	51,8
Heures de service avant l'événement	9,5	10,0
Heures hors service avant la période de travail	63,5	15

*Les heures de vol ont été tirées du rapport de service et de vol d'Air Tindi en date du 31 octobre 2021.

1.5.1 Commandant de bord

Le commandant de bord s'est joint à Air Tindi en août 2008 et a commencé à travailler à titre de préposé d'aire de trafic. Dans le cadre de ses fonctions, il devait organiser et charger la cargaison, principalement pour l'exploitation des appareils de Havilland DHC-7. En novembre 2009, il est devenu coordonnateur des vols. Dans le cadre de ce poste, il surveillait le déroulement des vols de la compagnie et fournissait aux commandants de bord les renseignements opérationnels pouvant être nécessaires pour assurer la sécurité de leurs vols, notamment les données météorologiques, sans analyse ou interprétation. Les fonctions

comprenaient aussi une aide à la planification des vols, y compris en ce qui concerne le chargement de carburant ainsi que les manifestes de passagers et de marchandises.

En juin 2011, il est passé au service des opérations aériennes. Il a suivi une formation de premier officier sur les appareils de Havilland DHC-6 et a commencé à travailler à ce titre. Il a assumé cette fonction jusqu'en août 2013, date à laquelle il a suivi une formation de premier officier sur les appareils de Havilland DHC-7 et a commencé à travailler à ce titre. En novembre 2017, il a commencé à effectuer des vols à titre de commandant de bord sur un appareil Cessna 208 monopilote. En avril 2019, il a été promu au poste de commandant de bord de l'appareil DHC-6. En juin 2021, le commandant de bord a reçu l'approbation d'Air Tindi pour être un pilote instructeur pour l'expérience préparatoire en vol sur les appareils DHC-6.

En décembre 2020, le commandant de bord a suivi la formation périodique en ligne et en personne sur la gestion des ressources en équipe (CRM) et le système de gestion de la sécurité (SGS) de la compagnie. En juin 2021, le commandant de bord a suivi la formation périodique dans l'appareil DHC-6, qui comprenait une révision de l'utilisation de listes de vérification. Le commandant de bord a réussi le contrôle de la compétence du pilote pour les appareils DHC-6 en juillet 2021.

Au début de la journée de l'événement, il avait accumulé 2945,1 heures de vol au total à bord d'un appareil DHC-6, dont 1644,3 heures comme pilote aux commandes. Air Tindi est la seule compagnie pour laquelle il a travaillé en tant que pilote.

Le commandant de bord possédait la licence et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

1.5.2 Premier officier

Le premier officier a été embauché par Air Tindi en avril 2021. À la fin du mois d'avril 2021, le premier officier avait suivi la formation CRM en ligne et en personne. Il a terminé sa formation d'expérience préparatoire en vol le 4 juillet 2021. Au 31 août 2021, il avait reçu l'approbation d'Air Tindi pour devenir premier officier à bord des appareils DHC-6.

Le premier officier possédait la licence et les qualifications voulues pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

L'aéronef à l'étude, un appareil de Havilland DHC-6-300 Twin Otter, est un aéronef bimoteur turbopropulsé qui comporte une aile haute à haubans, un train d'atterrissage fixe et une cabine non pressurisée. L'aéronef était configuré pour 8 sièges de passagers pour le vol TIN223.

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	de Havilland*
Type, modèle et immatriculation	DHC-6, série 300, C-GNPS

Année de construction	1977
Numéro de série	558
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	31 mars 1989
Total d'heures de vol cellule	48 887,9 heures
Type de moteur (nombre)	Pratt & Whitney Canada PT6A-34 (2)
Type d'hélice ou de rotor (nombre)	Hartzell (2) HC-B3TN-3DY (2)
Masse maximale autorisée au décollage	5670,0 kg
Types de carburant recommandés	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A-1

*Viking Air Ltd. est le titulaire actuel du certificat de type pour l'aéronef DHC-6.

1.6.1 Circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300

Le circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300 comprend 2 réservoirs de carburant principaux situés dans la partie inférieure du fuselage de l'aéronef, sous la cabine passagers. Il contient en tout 382 gallons américains (2574 livres) de carburant, dont 378 gallons américains (2548 livres) sont utilisables⁶. Le réservoir avant alimente le moteur droit et peut contenir 181 gallons américains (1220 livres) de carburant utilisable. Le réservoir arrière alimente le moteur gauche et peut contenir 197 gallons américains (1327 livres) de carburant utilisable. Il y a également du carburant qui n'est pas utilisable : 3,8 gallons américains (26 livres) dans les réservoirs principaux et les conduites carburant connexes. Cette quantité n'est pas considérée comme faisant partie de la capacité des réservoirs de carburant de l'aéronef et elle est comprise dans la masse de base de l'aéronef.

Le remplissage des réservoirs principaux avant et arrière se fait par l'entremise de 2 orifices de remplissage de carburant situés du côté gauche de l'aéronef, juste sous le plancher de la cabine principale. Il faut environ 15 minutes pour charger 297 gallons américains (2000 livres) de carburant au moyen de l'équipement utilisé par le fournisseur de carburant d'Air Tindi à CYZF.

La quantité de carburant dans les réservoirs principaux est indiquée au centre du tableau de bord avant et peut être vue de l'un ou l'autre des sièges de pilote. Il y a une jauge pour chaque réservoir. Les jauges sont calibrées en livres et sont reliées à un système de capteurs capacitifs dans chaque réservoir. Il n'y a eu aucun signalement de lectures erronées pour l'aéronef à l'étude, et les jauges de l'aéronef étaient raisonnablement exactes.

Deux voyants de bas niveau de carburant sont situés sur le tableau des voyants d'avertissement : FWD FUEL LOW LEVEL (bas niveau de carburant, réservoir avant) et AFT FUEL LOW LEVEL (bas niveau de carburant, réservoir arrière). Chaque voyant est activé par un contacteur à flotteur dans le réservoir qui s'y rattache, lorsqu'un niveau de carburant prédéterminé est atteint. Dans un vol en palier, le point de déclenchement du niveau bas

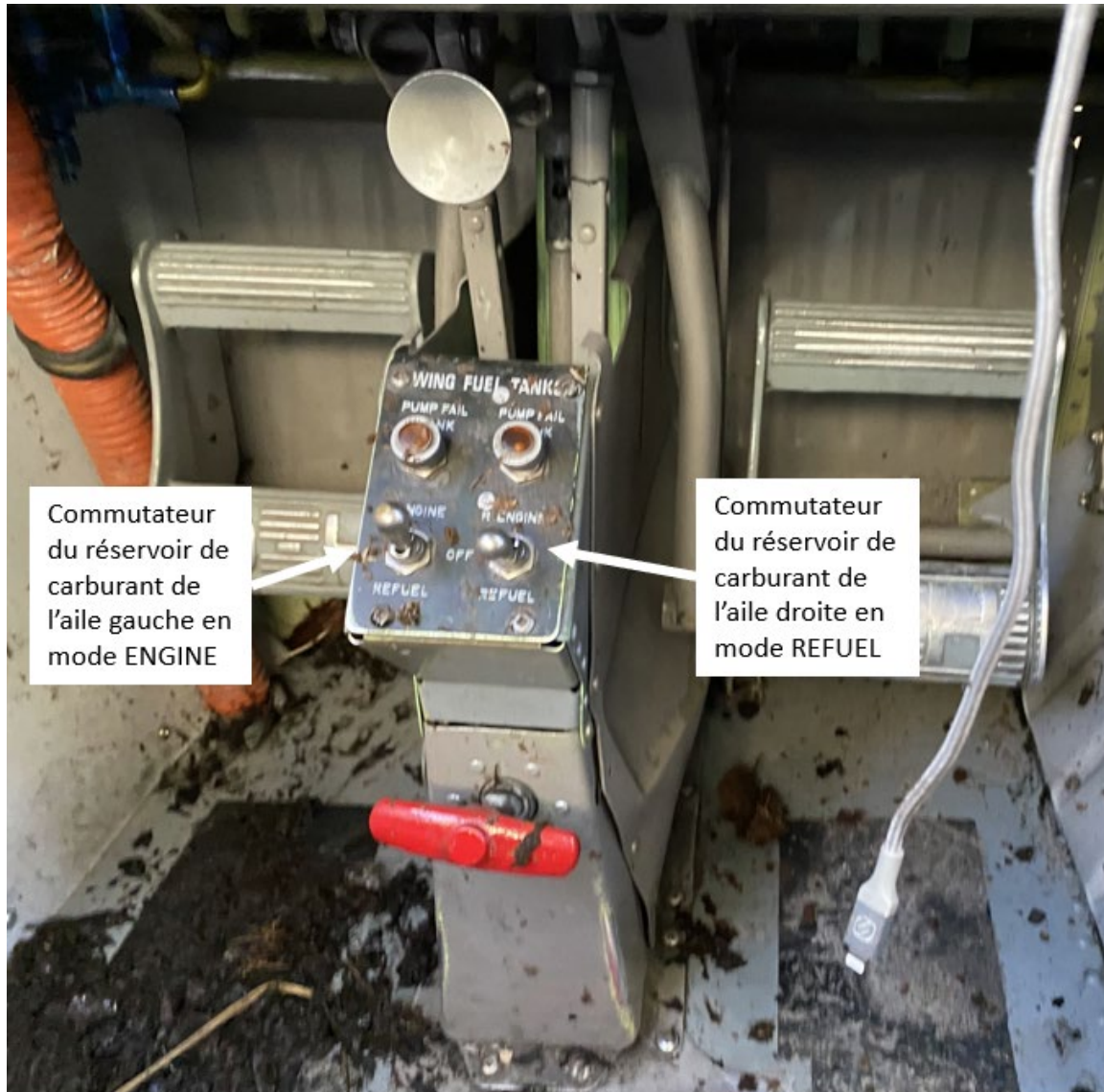
⁶ Viking Air Ltd., *Pilot Operating Handbook and Aircraft Flight Manual DHC-6 Series 300 (Twin Otter) and Variants* (10 septembre 2010), section 7.12 : Fuel System, p. 7-67 à 7-78.

carburant est fixé à 75 livres de carburant utilisable dans le réservoir avant et à 110 livres de carburant utilisable dans le réservoir arrière. Un appareil DHC-6-300 consomme en moyenne 10 livres de carburant par minute. Lorsque les 2 voyants de bas niveau de carburant s'allument, il reste environ 18 minutes de carburant utilisable dans les réservoirs principaux avant l'épuisement de carburant et la perte de puissance moteur. Le manuel de vol⁷ indique aux pilotes d'atterrir dans les plus brefs délais et en aucun cas plus de 15 minutes après que les 2 voyants se sont allumés.

L'aéronef à l'étude était muni de réservoirs de carburant auxiliaires facultatifs situés dans la section extérieure de chaque aile (réservoirs de carburant d'aile). Ces réservoirs de carburant d'aile contiennent chacun 44 gallons américains (296 livres) de carburant et doivent être utilisés uniquement en vol de croisière. Du carburant peut être ajouté aux réservoirs de carburant d'aile à partir des orifices de remplissage de l'aile ou des réservoirs principaux de fuselage pendant que l'aéronef est au sol, au moyen des pompes carburant. Le transfert se fait à raison d'environ 2,5 gallons américains par minute. Le manuel de vol interdit le remplissage de carburant des réservoirs d'aile pendant un vol. Le tableau de commande des réservoirs de carburant d'aile est situé sur un panneau inférieur, du côté du commandant de bord dans le poste de pilotage (figure 3). Le commutateur comprend un levier de verrouillage et 3 modes : ENGINE (moteur), OFF (éteint) et REFUEL (avitailer).

⁷ Ibid., section 3.13.3 : Fuel Low Level Light Illuminated, p. 3-44 et 3-45.

Figure 3. Photo du panneau des réservoirs de carburant d'aile de l'aéronef à l'étude, après l'accident (Source : Air Tindi Ltd., avec annotations du BST)



Pendant un vol avec un moteur éteint, il est possible d'utiliser le carburant du réservoir d'aile du moteur éteint pour alimenter le moteur en fonction. Des voyants ambrés testables par pression indiquant PUMP FAIL L TANK (défaillance de la pompe, réservoir de gauche) et PUMP FAIL R TANK sont situés sur le tableau de commande. Ils s'allument lorsqu'il y a une pression insuffisante de la pompe de pression du réservoir d'aile en question.

Un examen après accident de l'aéronef à l'étude a permis de déterminer que le circuit carburant de la cellule, le circuit carburant des moteurs et les systèmes d'indication et d'alerte de quantité de carburant n'avaient posé aucun problème. Par ailleurs, aucune fuite de carburant n'a été décelée. Lors de la récupération de l'aéronef, 7,0 gallons américains de carburant Jet A-1 ont été vidés du réservoir de carburant de l'aile droite et 5 gallons américains de carburant Jet A-1 ont été vidés du réservoir de carburant de l'aile gauche, ce qui représente, en tout, 12,0 gallons américains (80,7 livres) de carburant. Une quantité négligeable de carburant se trouvait dans les réservoirs principaux avant et arrière, mais

5 gallons américains en tout ont été récupérés des conduites de carburant avant que l'aéronef soit récupéré du lieu de l'accident.

1.6.2 Performance de l'aéronef

Au cours de l'enquête, plusieurs calculs de performance pertinents dans le contexte de l'accident à l'étude ont été effectués pour estimer le régime de croisière optimal à 2 moteurs, le régime de croisière optimal à 1 moteur et la vitesse en plané sans moteur pour une distance franchissable maximale. Les conditions au moment où l'équipage a remarqué la situation du carburant ont été utilisées aux fins de calcul comme suit : température de +10 °C (atmosphère type internationale) à une altitude de 7000 pieds ASL et poids de l'aéronef d'environ 9000 livres.

1.6.2.1 Régime de croisière optimal à deux moteurs

Il est possible de calculer la performance du régime de croisière optimal au moyen du tableau des données supplémentaires concernant le fonctionnement et les performances (avion terrestre)⁸ figurant dans le manuel de vol. Selon ce tableau, l'aéronef doit être configuré de manière à ce que les 2 moteurs soient en marche, que les déflecteurs d'admission soient rentrés et qu'il n'y ait pas d'air de prélèvement des moteurs. Selon les conditions au moment où la situation du carburant a été remarquée par l'équipage, on a calculé une portée spécifique de 0,325 NM par livre de carburant à une vitesse air vraie de 136 nœuds.

1.6.2.2 Régime de croisière optimal à un seul moteur

Selon le tableau, pour calculer la performance du régime de croisière optimal à un seul moteur⁹, un aéronef doit être configuré de manière à ce qu'un seul moteur fonctionne constamment à plein régime, qu'un moteur soit à l'arrêt et l'hélice en drapeau, que les déflecteurs d'admission soient rentrés et qu'il n'y ait pas d'air de prélèvement des moteurs. Selon les conditions au moment où la situation du carburant a été remarquée par l'équipage, on a calculé une portée spécifique de 0,394 NM par livre de carburant à une vitesse air vraie de 143 nœuds.

1.6.2.3 Vitesse en plané sans moteur pour une distance franchissable maximale

La distance franchissable maximale en plané pour un appareil DHC-6 est atteinte avec une pente de descente de 8,18 % ou environ 2 NM de distance horizontale pour chaque tranche de 1000 pieds de descente. Pour obtenir cette pente, l'aéronef doit se déplacer à la bonne vitesse en fonction de son poids, les volets doivent être rentrés et les 2 hélices doivent être

⁸ Ibid., partie 5 : Supplementary Operating and Performance Data (Landplane), section 3 : Cruise Data, figure 5-3-3 : Nautical Air Miles per Pound of Fuel ISA +10°C, p. 5-3-4.

⁹ Ibid., figure 5-3-5 : Nautical Air Miles per Pound of Fuel (One Engine Inoperative-Landplane), p. 5-3-6.

mises en drapeau. En fonction des données du manuel de vol¹⁰ et du poids de l'aéronef (9000 livres), le résultat du calcul est une vitesse corrigée de 86 nœuds.

1.7 Renseignements météorologiques

Le jour de l'événement, un système de haute pression dominait les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon. Il y avait des nuages épars en haute altitude, et de la brume localisée dans les vallées. Les prévisions de CYFS concernant le vent en altitude au moment de l'événement, à 6000 pieds ASL, étaient les suivantes : un vent du 250° vrai à 9 nœuds et une température extérieure de 12 °C.

CYJP, situé à environ 7 NM au sud-ouest du lieu de l'événement, n'a pas de programme d'observations météorologiques de surface pour l'aviation ni de programme de prévisions d'aérodrome. Le Service météorologique du Canada exploite une station automatisée de conditions météorologiques qui n'est pas vouée à l'aviation, à partir de laquelle il est possible d'obtenir des renseignements météorologiques de base (p. ex., température, point de rosée et vent). Les observations météorologiques de surface relevées à CYFS 9 minutes après l'atterrissage forcé indiquaient une température de -2,7 °C, un point de rosée de -4,9 °C et un vent du 140° vrai à une vitesse de 1 nœud.

Au moment de l'événement, le calage altimétrique était de 29,90 pouces de mercure à CYZF et de 29,83 pouces de mercure à CYFS.

1.8 Aides à la navigation

L'aéronef était muni d'une unité de communication-navigation-GPS (système mondial de positionnement) Garmin GNS 530. De plus, chaque membre d'équipage de conduite disposait d'une tablette informatique dotée de l'application mobile ForeFlight avec la fonction GPS indiquant en temps réel la position de l'aéronef.

1.9 Communications

Pendant le déroutement vers CYFS, le téléphone satellite de l'aéronef a été réglé en mode urgence, qui diffuse les données relatives à la position et bloque les appels sortants. Lorsque l'équipage a tenté de communiquer avec la compagnie après l'atterrissage, l'appel sortant n'a pas pu être effectué étant donné que le téléphone était encore en mode urgence. L'équipage a communiqué avec le coordonnateur des vols d'Air Tindi au moyen d'un téléphone cellulaire. Le coordonnateur des vols a dit à l'équipage de désactiver le mode urgence pour pouvoir effectuer des appels au moyen du téléphone satellite.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

¹⁰ Ibid., section 3 : Emergency and abnormal procedures, figure 3-1 : Glide Speed Graphs (both propellers feathered), p. 3-26.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef à l'étude était muni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) conformément au RAC. L'enregistreur a été récupéré de l'aéronef et envoyé au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) aux fins de téléchargement. L'enregistrement de 30 minutes était de bonne qualité et comprenait les événements à partir du moment où le bas niveau de carburant a été remarqué, jusqu'au toucher des roues. Puisque l'enregistrement durait seulement 30 minutes, les événements qui se sont produits au cours du vol précédent et pendant le démarrage et le décollage n'ont pas été enregistrés.

En novembre 2010, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a adopté l'exigence selon laquelle tous les CVR « conserveront les éléments enregistrés au cours des 2 dernières heures de fonctionnement au moins¹¹ », exigence entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2016. En mai 2019, des modifications au RAC concernant les CVR ont été publiées dans la partie II de la *Gazette du Canada*. Ces modifications sont fondées sur les exigences de 2010 de l'OACI, y compris l'exigence selon laquelle tous les CVR doivent être dotés d'une capacité d'enregistrement d'au moins 2 heures. Cette exigence n'entrera pas en vigueur avant mai 2023.

Les aéronefs commerciaux effectuant des vols internationaux doivent respecter les exigences prévues dans la partie I de l'annexe 6 de l'OACI; cependant, les exploitants canadiens effectuent encore des vols internationaux en utilisant des aéronefs dont le CVR possède une capacité d'enregistrement de 30 minutes, car Transports Canada (TC) tarde à mettre à jour l'exigence relative au CVR.

Depuis le 1^{er} janvier 2016, à l'appui d'enquêtes du BST, le laboratoire du BST a analysé 12 CVR ayant une capacité d'enregistrement de 30 minutes. Sur ces 12 enquêtes, 3¹² ont mené à un fait établi quant aux risques selon lequel l'enquête avait été limitée par des données insuffisantes en raison de la capacité d'enregistrement de 30 minutes du CVR et du fait qu'il était impossible d'acquérir une compréhension plus complète des questions relatives à la sécurité.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef a posé ses roues dans une fondrière de mousse partiellement gelée. Aucun arbre n'a été percuté pendant l'approche ou après le toucher des roues. L'aéronef est demeuré à l'endroit, ce qui a permis de limiter les dommages au train d'atterrissage avant et à la structure qui s'y rattache.

¹¹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), Annexe 6 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, *Exploitation technique des aéronefs*, Partie 1 — Aviation de transport commercial international — Avions, 11^e édition, (juillet 2018), section 6.3.2.3.1, p. 6-7.

¹² Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19O0117, A18A0088 et A17C0132 du BST.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques, notamment la fatigue, aient nui au rendement de l'équipage.

1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie, que ce soit avant ou après l'événement à l'étude.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Après l'immobilisation de l'aéronef, les membres d'équipage ont procédé à un examen des passagers et d'eux-mêmes pour déterminer qui avait des blessures. Personne n'était blessé. À 18 h 56, 9 minutes après l'atterrissage, le Centre canadien de contrôle des missions a téléphoné au Centre conjoint de coordination de sauvetage de Trenton (Ontario) pour l'informer qu'un signal avait été reçu en provenance de la radiobalise de repérage d'urgence transmettant sur 406 MHz de l'aéronef en cause.

L'équipage a d'abord tenté de communiquer avec la compagnie au moyen du téléphone satellite, en vain, car le téléphone avait été mis en mode « urgence » quand l'aéronef était encore vol. L'équipage s'est servi du téléphone cellulaire d'un passager pour informer Air Tindi que tout le monde était sain et sauf. Air Tindi a transmis la dernière position de l'aéronef à la Gendarmerie royale du Canada (GRC) afin de faciliter les recherches au sol. À 19 h 30, le téléphone satellite a été remis en mode normal et l'équipage a pu de nouveau communiquer à l'aide de cet appareil.

Initialement, 2 passagers ont tenté de s'éloigner de l'aéronef à pied pour aller vers un terrain plus élevé. En raison des conditions de marche difficiles et du fait que le premier officier les encourageait à revenir, ils sont retournés à l'aéronef. Le commandant de bord a récupéré la trousse de survie et a sorti des couvertures pour tenir les passagers au chaud.

À 20 h, un groupe de secouristes de Fort Providence (GRC, service d'incendie et personnel médical) était en route vers le lieu de l'accident. Une route locale leur a permis de s'en approcher, puis l'équipe de recherche a remarqué les lumières de l'aéronef, qui se trouvait à environ 1 km de la route. L'équipage allumait et éteignait les lumières de l'aéronef toutes les 30 minutes afin d'aider l'équipe de recherches au sol à repérer l'appareil.

À partir de la route, l'équipe de recherches au sol a commencé à se diriger vers l'aéronef au moyen de véhicules tout-terrain. La fondrière de mousse partiellement gelée était cependant trop difficile pour ces véhicules. Les membres de l'équipe de recherches au sol ont décidé d'abandonner les véhicules et de continuer à pied jusqu'à l'aéronef. La progression était particulièrement difficile, car la glace était mince et se brisait souvent sous leurs pas, de sorte qu'ils se trouvaient dans l'eau jusqu'aux genoux ou à la taille.

À 21 h 20, l'équipe de recherches au sol a atteint l'aéronef, et la décision a été de se rendre à pied jusqu'à la route. À 22 h 25, l'équipe de recherches au sol, les passagers et l'équipage ont atteint la route et sont partis en direction de Fort Providence. À 23 h, des examens

médicaux ont été effectués et tous les occupants de l'aéronef ont reçu des soins pour traiter une légère hypothermie.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Calcul de la quantité de carburant

Un calcul de la quantité de carburant a été effectué afin de mieux comprendre la quantité de carburant qui se trouvait dans chaque réservoir au cours du vol. Les données du CVR, les entrevues et les données sur la trajectoire de vol ont été combinées avec des données connues sur le débit carburant afin de déterminer les quantités de carburant à divers moments durant le vol. Les calculs ont été effectués en commençant par l'état connu du carburant de l'aéronef au moment de la préparation de l'aéronef aux fins de sa récupération, sur les lieux de l'accident. À partir de ces données, un calcul a permis de déterminer qu'il devait y avoir 534 livres de carburant à bord au moment du décollage. Cette quantité est plausible étant donné que selon les chargements de carburant et les temps de vol du plan de vol exploitation, l'aéronef avait 533 livres de carburant à bord au moment du décollage à CYZF.

1.16.2 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit le rapport de laboratoire suivant dans le cadre de la présente enquête :

- LP026/2022 – CVR Download and Analysis [téléchargement et analyse du CVR]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Air Tindi Ltd.

Air Tindi est une compagnie de Yellowknife titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne délivré par TC pour les opérations suivantes : travail aérien (sous-partie 702 du RAC), taxi aérien (sous-partie 703 du RAC), navette (sous-partie 704 du RAC) et entreprise de transport aérien (sous-partie 705 du RAC). La compagnie exploite une flotte d'aéronefs monomoteurs et multimoteurs turbopropulsés. Elle offre des vols quotidiens desservant des collectivités isolées, des services d'ambulance aérienne, des vols d'un bout à l'autre du Nord canadien et des vols nolisés pour le secteur minier, l'industrie du tourisme, les gouvernements et les services de soutien communautaire.

1.17.1.1 Système de gestion de la sécurité

Air Tindi s'est doté d'un SGS approuvé par TC pour ses activités assujetties à la sous-partie 705 du RAC. Le SGS est utilisé à l'échelle de la compagnie, y compris pour ses activités assujetties aux sous-parties 703 et 704 du RAC.

Un examen des rapports de sécurité consignés dans la base de données du SGS d'Air Tindi a révélé que plusieurs rapports concernaient des questions de carburant pour d'autres aéronefs (King Air 200/300, DHC-7, C208), mais aucun n'était lié à l'utilisation de listes de vérification ou au carburant dans la flotte de DHC-6.

1.17.1.2 Manuel d'exploitation des aéronefs

Le manuel d'exploitation d'Air Tindi (version 5 de la 4^e édition) a été revu et approuvé par TC le 8 mars 2021. Le manuel comporte des renseignements [traduction] « à l'usage et pour l'orientation des membres du personnel d'exploitation des aéronefs dans l'exécution de leurs fonctions¹³ ». Il précise que [traduction] « la compagnie exige que le personnel connaisse le contenu du manuel et applique les politiques et les procédures en conséquence ».

En ce qui concerne le présent événement, les sections suivantes du manuel sont pertinentes :

Pour le commandant de bord [traduction] :

Le commandant de bord relève du chef pilote pour la conduite sécuritaire des vols qui lui sont assignés. Ses tâches précises consistent, notamment à : [...]

- vérifier les conditions météorologiques, tous les NOTAM applicables lorsqu'ils sont disponibles, déterminer les besoins en matière de carburant et d'huile; [...]
- effectuer les vols en respectant à la lettre les procédures d'exploitation normalisées de la compagnie pour l'aéronef (le cas échéant);
- effectuer les vols conformément au *Règlement de l'aviation canadien*, au manuel de vol et au présent manuel d'exploitation¹⁴.

Pour le premier officier [traduction] :

Les tâches du premier officier consistent, notamment à : [...]

- effectuer les vols en respectant à la lettre les procédures d'exploitation normalisées de la compagnie pour l'aéronef; [...]
- aider le commandant de bord dans la gestion et la conduite du vol;
- participer à l'exécution des procédures dans le poste de pilotage, des procédures d'urgence, des procédures de liste de vérification et des procédures d'approche aux instruments sous la direction du commandant de bord et conformément aux procédures énoncées dans le présent manuel, le manuel de vol et les procédures d'exploitation normalisées de l'aéronef; [...]
- assumer la responsabilité d'informer immédiatement le commandant de bord de toute situation où l'aéronef est géré de manière inadéquate ou est en danger¹⁵.

En ce qui concerne les besoins de l'aéronef en carburant et en huile pour un vol VFR de nuit [traduction] :

La compagnie ne doit pas autoriser un vol, et l'équipage de conduite ne doit pas procéder à un vol, ou, pendant un vol, changer l'aérodrome de destination indiqué

¹³ Air Tindi Ltd., *Flight Operations Manual*, 4^e édition, version 5 (15 janvier 2021), chapitre 1, section 1.2 : Preamble, p. 1 et 2.

¹⁴ Ibid., chapitre 6, section 6.6.10 : Captain, p. 6-15.

¹⁵ Ibid., chapitre 6, section 6.6.11 : First Officer, p. 6-15 et 6-16.

dans le plan de vol ou l'itinéraire du vol, à moins que l'aéronef transporte suffisamment de carburant et d'huile pour :

- se rendre à l'aérodrome de destination;
- puis voler pendant 45 minutes à une vitesse de croisière normale en ayant à bord du carburant en réserve pour des imprévus¹⁶.

En ce qui concerne la surveillance du carburant pendant le vol [traduction] :

Tous les membres du personnel participant à l'avitaillement, à la régulation et à l'exécution d'un vol doivent faire preuve d'une extrême vigilance en tout temps pour s'assurer que l'aéronef a la quantité de carburant nécessaire à bord. Les membres d'équipage de conduite doivent surveiller de près la situation du carburant durant les vols et demeurer attentifs à toute situation susceptible de réduire les réserves de carburant. S'il se présente le moindre signe de problème touchant le circuit de carburant, il est vital que le problème soit correctement cerné et que la liste de vérification appropriée soit suivie. Les hypothèses relatives à l'exactitude d'un indicateur ou d'un avertissement de défaillance devraient être faites avec une extrême prudence, en consultant le manuel de vol et les procédures d'exploitation normalisées, s'il y a lieu. L'équipage de conduite doit consigner la progression de la situation du carburant dans le plan de vol exploitation¹⁷.

En ce qui concerne les tâches de préparation de l'équipage de conduite [traduction] :

En préparation pour un vol et avant que le commandant de bord n'autorise le départ du vol, les membres d'équipage doivent s'assurer des éléments suivants [...] :

- remise en service technique : [...]
- les exigences en carburant et huile pour l'aéronefs sont satisfaites;
- chargement de l'aéronef, y compris les passagers/personnes :
- le carburant est calculé et chargé¹⁸;

En ce qui concerne la supervision de l'avitaillement [traduction] :

Les membres d'équipage de conduite supervisent l'avitaillement de leur aéronef¹⁹.

Malgré cette exigence, la procédure relative à la supervision de l'avitaillement n'a pas été suivie par Air Tindi au moment de l'événement. La direction était en voie de modifier cette exigence pour la prochaine version du manuel d'exploitation. Dans certains cas, l'avitaillement ne pouvait pas être supervisé par l'équipage, par exemple lorsque l'avitaillement était effectué en soirée, la veille d'un vol en provenance de CYZF.

1.17.1.3 Procédures d'exploitation normalisées

Les procédures d'exploitation normalisées (SOP) d'Air Tindi pour les appareils DHC-6 (version 2 de la 1^{re} édition) ont été revues et approuvées par TC le 26 février 2020. Les SOP

¹⁶ Ibid., chapitre 8, section 8.11.2 : Night VFR (702/703/704), p. 8-12.

¹⁷ Ibid., section 8.11.5 : Progressive Monitoring of Fuel During Flight, p. 8-13.

¹⁸ Ibid., chapitre 13, section 13.7.2 : Flight Crew Flight Preparation Duties, p. 13-10 et 13-11.

¹⁹ Ibid., chapitre 15, section 15.9.1 : Fuelling procedures - Supervision, p. 15-11.

fournissent [traduction] « des indications sur l'utilisation de l'aéronef Twin Otter dans le respect des limites du manuel de vol²⁰ ». Les SOP précisent ensuite ceci [traduction] :

Bien que les SOP assurent la normalisation des tâches exécutées par les membres d'équipage de conduite, elles ne couvrent pas toutes les situations. Les membres d'équipage doivent donc faire preuve de jugement et de cohérence dans l'application des procédures. Tout écart par rapport aux SOP devrait faire l'objet d'un exposé rigoureux et être compris par toutes les personnes concernées²¹.

Les SOP renvoient au manuel d'exploitation quant aux façons dont les diverses listes de vérification doivent être suivies.

1.17.1.4 Listes de vérification

Les listes de vérification de l'équipage de conduite sont conçues pour s'assurer que les pilotes effectuent une liste de tâches dans l'ordre approprié, sans omission. Elles amènent le pilote à exécuter ces tâches pendant des opérations normales, anormales ou d'urgence, ce qui permet de normaliser leur exécution et d'améliorer ainsi la sécurité dans le poste de pilotage. Plus précisément, ces listes de vérification :

- réduisent la probabilité de toute omission parce qu'elles rappellent au pilote chaque étape nécessaire, dans l'ordre voulu;
- augmentent la probabilité de détecter des omissions, car, lorsqu'elles sont lues à voix haute, l'autre pilote peut entendre qu'une étape a été omise, le cas échéant.

Cependant, pour qu'elles soient efficaces, la culture d'exploitation et la CRM doivent encourager et maintenir la pratique de l'exécution habituelle des listes de vérification. L'exécution inadéquate ou la non-exécution d'une liste de vérification est parfois citée comme une cause ou un facteur contributif à un accident d'aéronef. Dans de tels cas, les pilotes ont soit omis par inadvertance une étape essentielle de la liste de vérification, généralement en raison d'une interruption ou d'une distraction, ou ils ont intentionnellement omis d'exécuter tout ou partie d'une liste de vérification, généralement en raison d'une adaptation à la routine prévue dans le poste de pilotage.

²⁰ Air Tindi Ltd., *Standard Operating Procedures – De Havilland Twin Otter (DHC-6)*, 1^{re} édition, version 2 (1^{er} février 2020), chapitre 1, section 1.2 : Preamble, p. 1 et 2.

²¹ Ibid.

Le manuel d'exploitation d'Air Tindi énonce notamment ceci [traduction] :

Des vérifications, des listes de vérification et des procédures d'urgence ont été élaborées pour l'utilisation des aéronefs afin de s'assurer que des mesures essentielles ne sont pas omises par inadvertance ou exécutées dans le mauvais ordre. Les vérifications et les procédures ne doivent pas être exécutées de mémoire, à moins d'indication contraire. En général, les procédures exécutées de mémoire seulement sont réservées aux situations d'urgence qui nécessitent la prise de mesures immédiates²².

Les vérifications sont des actions, une liste de vérification est le document écrit physique associée aux vérifications, et les procédures d'urgence sont des [traduction] « éléments mémorisés en cas de situation anormale ou d'urgence qui nécessite la prise de mesures immédiates²³ ». S'il y a interruption pendant que la liste de vérification est en cours d'exécution, [traduction] « la vérification doit être recommencée du début ou à partir du dernier élément qu'on sait avoir achevé²⁴ ».

Le manuel d'exploitation d'Air Tindi indique que les listes de vérification normales peuvent être suivies au moyen d'une combinaison de méthodes : des vérifications non verbales, des vérifications verbales au moyen de questions et réponses, et des vérifications verbales d'action et de confirmation²⁵. Le manuel d'exploitation indique aussi [traduction] « [qu']on ne saurait trop insister sur le fait que l'exécution en règle des listes de vérification normales est la pierre angulaire de la normalisation des tâches du pilote et de la sécurité dans le poste de pilotage²⁶ ».

Les vérifications non verbales [traduction] « sont effectuées en silence, avec ou sans la liste de vérification imprimée²⁷ ». Pour ce qui est des appareils DHC-6, les listes de vérification de préparation du poste de pilotage et de la cabine sont des vérifications non verbales.

En ce qui a trait aux éléments qu'Air Tindi juge les plus vitaux pour la sécurité du vol, la technique des questions et réponses verbales est utilisée. Ces vérifications, qui exigent la participation des deux membres d'équipage, ne sont pas exécutées de mémoire. Pour ce qui est des appareils DHC-6, les vérifications suivantes sont des vérifications verbales au moyen de questions et réponses : après le démarrage, point fixe, roulage, alignement et descente/approche (annexe B).

Les vérifications verbales action-confirmation [traduction] « n'exigent pas des questions d'autres membres d'équipage. Les vérifications sont exécutées par un membre d'équipage

²² Air Tindi Ltd., *Flight Operations Manual*, 4^e édition, version 5 (15 janvier 2021), chapitre 13, section 13.28.1 : General procedures, p. 13-30.

²³ Ibid.

²⁴ Ibid., section 13.28.2 : Completion of checks, p. 13-30.

²⁵ Ibid., section 13.28.4 : Normal checklists, p. 13-31.

²⁶ Ibid.

²⁷ Ibid.

de conduite et peuvent être effectuées de mémoire ou en consultant la liste de vérification²⁸ ». Les vérifications suivantes peuvent être effectuées de cette manière pour les appareils DHC-6 : préparation avant le vol, avant le démarrage, après le décollage, croisière, avant l'atterrissage, vent arrière, après l'atterrissage et arrêt des moteurs (annexe B).

En résumé, la plupart des vérifications pour l'exploitation des appareils DHC-6 n'exigent pas nécessairement de consulter la liste de vérification. De plus, sur les 3 vérifications qui exigent la vérification de la quantité de carburant (avant le démarrage, roulage et croisière), seule la vérification pendant le roulage exige l'exécution en règle de la technique verbale de questions et réponses en utilisant la liste de vérification.

Toutes les listes de vérification en cas de situations anormales et d'urgence se trouvent dans le *DHC-6 Emergency Procedures Quick Reference Handbook* (manuel de référence rapide des procédures d'urgence pour les appareils DHC-6) (QRH) d'Air Tindi. Les SOP²⁹ d'Air Tindi fournissent des directives relatives à l'utilisation du QRH. Les procédures d'urgence doivent être effectuées de mémoire et faire l'objet d'un suivi au moyen de la liste de vérification appropriée du QRH lorsqu'elles sont terminées et que la trajectoire de vol est pleinement sous contrôle. Les éléments de liste de vérification du QRH qui sont pertinents pour l'événement à l'étude sont les suivants : panne moteur / incendie en cours de vol (arrêt des moteurs durant le vol); voyant de bas niveau de carburant allumé; niveau faible réel du carburant; et atterrissage forcé.

1.17.2 Surveillance exercée par Transports Canada

Dans les 5 années précédant l'événement, TC a procédé aux activités de surveillance suivantes :

- Une évaluation d'Air Tindi a été effectuée en mai 2017. Deux constatations ont été faites : l'une avait trait au temps de service en vol, et l'autre, au programme d'assurance de la qualité de la maintenance. Air Tindi a présenté des plans de mesures correctives, qui ont été approuvés par TC. Le ministère a classé le dossier en mars 2018.
- Une inspection des processus a été réalisée en février 2019. L'inspection a donné lieu à une constatation relative à une liste de vérification d'aéronef qui ne correspondait pas ce qui était indiqué dans le manuel de vol (mais elle ne concernait pas le carburant). Air Tindi a présenté des plans de mesures correctives, qui ont été approuvés par TC. Le ministère a classé le dossier en septembre 2019.

²⁸ Ibid., p. 13-32.

²⁹ Air Tindi Ltd., *Standard Operating Procedures – De Havilland Twin Otter (DHC-6)*, 1^{re} édition, version 2 (1^{er} février 2020), chapitre 9 : Emergencies.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Création d'adaptations

Les entreprises prescrivent des politiques et des procédures d'exploitation dans le but de fixer des limites sécuritaires pour les opérations; cependant, il peut arriver que des personnes repoussent ces limites afin d'être plus productives ou d'en tirer d'autres avantages. Par exemple, si le pilote se concentre moins sur la sécurité du vol (priorité aux menaces) et davantage sur l'exécution du vol (priorité au but), les risques associés au vol pourraient ne pas rester aussi faibles que ce n'est raisonnablement possible. Plus précisément, lorsque le pilote se concentre sur le but, il pourrait être plus susceptible de prendre des risques, ce qui se traduit souvent par la création d'adaptations et, au fil du temps, par des pratiques non sécuritaires³⁰.

Les personnes qui exécutent des tâches plus risquées en n'occasionnant que peu ou pas de répercussions négatives sont susceptibles de continuer à prendre des risques. Avec le temps, elles peuvent devenir désensibilisées ou accoutumées au degré du risque encouru. Par exemple, des réussites répétées peuvent inciter un pilote à croire que les mêmes situations engendreront toujours des réussites. Cette réussite antérieure influe donc sur le comportement futur de prise de risques, ce qui crée un nouveau niveau de tolérance aux risques³¹. Faute de mesures d'atténuation pour rajuster la perception du risque, une sous-évaluation subjective des risques peut mener à une augmentation d'activités à haut risque³². Par exemple, la pratique non sécuritaire qui consiste à adapter l'exécution des listes de vérification se poursuivra et fera ultérieurement partie de chaque vol.

Dans le cas de l'événement à l'étude, quelques-uns des commandants de bord chevronnés au sein de la compagnie exploitant les appareils DHC-6 avaient adopté la pratique non sécuritaire d'exécuter certaines des vérifications de mémoire seulement. Cette façon de faire était devenue pratique courante pour la plupart de leurs vols.

1.18.2 Dynamique de groupe et influence

Prendre des décisions en tant qu'équipage, avant ou pendant le vol, peut être très efficace. Cependant, dans un environnement où la sécurité peut être compromise, de telles décisions doivent être encadrées par des procédures objectives et une gestion des dangers, comme les SOP et les listes de vérification, pour s'assurer qu'elles ne sont pas influencées par des dynamiques de groupe ou des biais.

³⁰ J. Rasmussen, « Risk management in a dynamic society: a modeling problem », dans *Safety Science*, vol. 27, numéro 2/3 (1997), p. 197.

³¹ J. Hollenbeck, D. Ilgen, J. Phillips, et al., « Decision risk in dynamic two-stage contexts: beyond the status quo », dans *Journal of Applied Psychology*, vol. 79, numéro 4 (1994), p. 592 à 598.

³² G. J. S. Wilde, « Homeostasis drives behavioural adaptation », dans *Behavioural Adaptation and Road Safety: Theory, Evidence and Action* (2013), chapitre 5, p. 61 à 86.

Les personnes ignorent souvent comment et quand elles ont été influencées par d'autres. Par conséquent, elles peuvent prendre des décisions ou adopter des comportements qu'elles n'auraient pas choisis normalement. Le fait qu'une personne soit ou non influencée par une autre personne ou un groupe de personnes dépend de plusieurs facteurs, comme l'expérience, l'ancienneté, la personnalité, le statut social ou la motivation.

Il existe 2 types principaux d'influence³³ : normative et informative. L'influence normative découle des attentes des autres. Par exemple, une personne décide de faire quelque chose (ou de ne pas faire quelque chose) parce qu'elle a l'impression que c'est ce qui est attendu; la norme sera la préférence collective. Cependant, cette personne ne croit pas forcément au bien-fondé de cette décision ou de ce comportement. Par exemple, une personne pourrait décider de consommer une boisson alcoolisée avant de conduire, uniquement parce que les autres membres du groupe le font. Or, elle continue de croire qu'il ne faudrait pas consommer de l'alcool et conduire par la suite. En revanche, l'influence informative découle de l'information. Par exemple, une personne décide de faire quelque chose (ou de ne pas faire quelque chose) parce que ses opinions ont subi une influence et elle croit dorénavant au bien-fondé de la nouvelle décision ou du nouveau comportement.

Les cas suivants sont des exemples précis d'influence^{34,35} :

- La conformité : lorsqu'une personne exécute (ou n'exécute pas) une tâche seulement parce qu'une autre personne lui a demandé de l'exécuter (ou de ne pas l'exécuter). La probabilité de conformité est influencée par ce que le demandeur a précédemment demandé à la personne de faire et par le statut (p. ex., ancienneté) du demandeur. La conformité diffère de l'obéissance, qui consiste à suivre un ordre direct.
- Le conformisme : lorsqu'une personne modifie progressivement son comportement pour qu'il s'harmonise avec la norme du groupe. Cela suppose que la personne connaît le comportement et les attitudes des autres membres du groupe.
- La pensée de groupe : lorsque la motivation des membres d'un groupe à maintenir le consensus du groupe a préséance sur la motivation à évaluer toutes les façons de faire possibles.

Quelques-uns des premiers officiers subalternes au sein de la compagnie, y compris le premier officier dans l'événement à l'étude, étaient au courant et discutaient entre eux du fait que, lorsqu'ils effectuaient un vol avec certains des commandants de bord plus expérimentés, ces derniers avaient pris l'habitude d'exécuter certaines des listes de vérification devant être effectuées au moyen de questions et réponses verbales seuls, de mémoire et en silence; c'est-à-dire sans que le premier officier formule des commentaires ou pose des questions. Certains de ces commandants de bord plus expérimentés avaient été

³³ D. P. Gradwell, D. J. Rainford, « Crew resource management », dans *Ernsting's Aviation and Space Medicine*, 5^e édition. (CRC Press, 22 janvier 2016), chapitre 45, p. 668.

³⁴ R. D. Campbell et M. Bagshaw, *Human Performance and limitations in aviation*, 3^e édition (1991), p. 138 à 140.

³⁵ R. A. Baron et D. Byrne, *Social Psychology: Understanding Human Interaction*, 6^e édition (1991), p. 462 et 463.

premiers officiers au sein de la compagnie avant d'être promus commandants de bord. Le premier officier dans l'événement à l'étude et certains autres premiers officiers avaient adopté cette pratique sans que des rapports de sécurité soient soumis à la compagnie; cependant, ils avaient discuté de façon informelle de cette pratique concernant les listes de vérification avec certains commandants de bord instructeurs sur le DHC-6. Puisque des rapports de sécurité n'étaient pas présentés en lien avec ce problème, la direction de la compagnie, dans son ensemble, n'était pas pleinement au courant du problème.

Les premiers officiers savaient également que la compagnie accordait la note de passage à ces commandants de bord expérimentés pendant les vols de contrôle et qu'elle les autorisait à continuer d'effectuer des vols. Cependant, l'enquête a permis de déterminer que les commandants de bord des appareils DHC-6 exécutaient leurs fonctions conformément aux SOP pendant leurs vols de contrôle.

2.0 ANALYSE

L'enquête n'a pas révélé de problèmes mécaniques en ce qui concerne l'aéronef, de problèmes médicaux ou physiologiques relativement aux pilotes, ou de problèmes découlant des conditions météorologiques. En raison d'une faible quantité de carburant, l'équipage a coupé le moteur gauche; la perte de puissance du moteur droit a découlé de la panne d'alimentation carburant. Par conséquent, l'analyse examinera l'approche de l'équipage concernant l'exécution des listes de vérification et la façon dont elle a contribué au départ de l'aéronef sans une quantité suffisante de carburant à bord. L'analyse se penchera en outre sur les mesures prises par l'équipage pendant le déroutement de l'aéronef vers l'aérodrome de Fort Providence (CYJP).

2.1 Préparation du vol

Durant le vol à destination de l'aéroport de Yellowknife (CYZF) pour l'avant-dernier segment de vol de la journée, l'équipage de conduite n'a probablement pas demandé de carburant par l'entremise du coordonnateur des vols, même s'il l'avait fait couramment dans le passé. Lorsque le commandant de bord est entré dans l'aéronef pour préparer le dernier vol de la journée, il a remarqué dans la porte un bordereau rose de carburant et a présumé qu'il concernait le carburant qu'il croyait avoir commandé pour le vol.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le fait de voir le bordereau rose de carburant dans la porte de l'aéronef a renforcé la croyance du commandant de bord que l'aéronef avait été avitaillé pour le dernier vol de la journée alors qu'en réalité, il ne l'avait pas été.

Le commandant de bord a ensuite procédé de mémoire aux vérifications avant le démarrage, comme l'autorisent les procédures d'exploitation normalisées (SOP) de la compagnie. La quantité de carburant est l'un des éléments figurant sur la liste de vérification. Alors qu'il achevait cette vérification, les passagers ont commencé à monter à bord de l'aéronef. Le commandant de bord a parlé avec l'un des passagers, qui était un de ses anciens collègues. Après la brève conversation, le commandant de bord a poursuivi les vérifications, mais n'a pas remarqué que la quantité de carburant était insuffisante pour le vol prévu.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Alors qu'il procédait de mémoire aux vérifications avant le démarrage, le commandant de bord a interrompu la procédure pour parler avec un passager. Par conséquent, la vérification de la quantité de carburant n'a pas été effectuée et la préparation du vol s'est poursuivie sans que le commandant de bord soit conscient que l'aéronef n'avait pas à bord une quantité suffisante de carburant pour le vol.

2.2 Adaptations concernant l'exécution de listes de vérification

2.2.1 Commandant de bord

Les listes de vérification de l'équipage amènent les pilotes à exécuter des tâches précises, ce qui réduit la probabilité qu'ils omettent une étape essentielle à la sécurité. Chez Air Tindi, les listes de vérification qui comportent les éléments les plus critiques pour la sécurité du vol sont exécutées au moyen de la technique par questions et réponses. Cette technique augmente la probabilité de détecter toute omission. En effet, lorsque les éléments d'une liste de vérification sont lus à voix haute par un pilote et que l'autre pilote fournit une réponse, il y a plus de chances d'éviter les omissions. Cependant, pour que cela soit efficace, la culture d'exploitation et les pratiques de gestion des ressources de l'équipage doivent encourager et renforcer l'utilisation habituelle des listes de vérification par questions et réponses.

Le commandant de bord dans l'événement à l'étude et quelques autres commandants de bord expérimentés au sein de la compagnie avaient adopté la pratique de l'exécution de certaines vérifications par questions et réponses, en silence, de mémoire seulement, et seuls. Cette adaptation était perçue comme étant plus efficace. L'absence de répercussions négatives chaque fois que cette adaptation se produisait a probablement renforcé la décision du commandant de bord de continuer cette pratique au point où elle a été intégrée à sa routine.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Au fil du temps, le commandant de bord a créé une adaptation selon laquelle les listes de vérification par questions et réponses n'étaient pas exécutées comme l'exigeaient les SOP. L'absence de répercussions négatives a renforcé la pratique du commandant de bord jusqu'au point où elle a été intégrée à sa routine.

2.2.2 Premier officier

Le jour de l'événement, le premier officier et le commandant de bord pilotaient un aéronef ensemble pour la première fois. Au début du premier vol de la journée, le premier officier s'attendait à ce que les activités se déroulent conformément aux SOP, c'est-à-dire que les vérifications soient effectuées comme prévu par les 2 pilotes, ce qui a été fait. Cependant, par la suite, le premier officier a tôt fait de remarquer les adaptations du commandant de bord. Bien que le commandant de bord n'ait pas interdit au premier officier de procéder à des activités liées à des listes de vérification, le premier officier est devenu progressivement plus passif, ce qui a augmenté la probabilité que toute omission ne puisse pas être détectée. Cette passivité était probablement attribuable au fait que le premier officier était influencé en général par les éléments suivants :

- il savait que d'autres premiers officiers étaient au courant de telles adaptations et qu'ils les toléraient;
- d'autres commandants de bord avec lesquels le premier officier avait piloté des aéronefs n'exécutaient pas non plus systématiquement les listes de vérification.

Le premier officier a également été influencé ce jour-là par les éléments suivants :

- le fait que la compagnie continuait d'approuver le commandant de bord;
- l'ancienneté relative du commandant de bord;
- le fait que le commandant de bord avait effectué d'autres tâches sans listes de vérification et sans répercussions apparentes.

Plus précisément, il est probable qu'une influence normative était présente, influence découlant des attentes des autres. Le premier officier a été influencé par l'utilisation non standard des listes de vérification par ce commandant de bord ainsi que par d'autres commandants de bord, et il s'est adapté à ce comportement parce qu'il croyait que c'était la norme et que ce serait la préférence collective.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le jour de l'événement, l'adaptation du premier officier concernant l'exécution des listes de vérification a été influencée par l'ancienneté du commandant de bord, l'exécution non standard des listes de vérification par le commandant de bord et l'absence de répercussions négatives découlant de cette adaptation.

2.3 Roulage et décollage

L'aéronef n'avait pas été avitaillé avant le décollage. Pendant le roulage avant le décollage, le commandant de bord a procédé de mémoire aux vérifications de roulage plutôt que de recourir à la technique verbale par questions et réponses avec le premier officier. En effectuant les vérifications, il a omis de vérifier la jauge de carburant et n'a donc pas remarqué que l'aéronef n'avait pas été avitaillé de manière à contenir les 2500 livres de carburant planifiés, ce qui était la norme pour ce vol. Le premier officier a adopté un rôle plus passif dans le poste de pilotage et n'a pas suivi une liste de vérification mentale comprenant la vérification de la jauge de carburant. Par conséquent, il n'a pas remarqué l'omission du commandant de bord.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Pendant le roulage vers la piste, le commandant de bord a effectué les vérifications de roulage seul, en silence et de mémoire. Par conséquent, la vérification de carburant qui figurait sur la liste de vérification a été omise, et l'aéronef a décollé avec une quantité insuffisante de carburant pour le vol.

2.4 Montée et croisière

Pendant la montée initiale, les vérifications après le décollage sont habituellement effectuées par le pilote surveillant. Durant le vol à l'étude, ces vérifications ont été effectuées en silence par le premier officier, sans qu'il consulte la liste de vérification. Après que l'aéronef a atteint son altitude de croisière, les vérifications en croisière ont été effectuées par le premier officier. Encore une fois, elles ont été exécutées en silence plutôt qu'en recourant à une technique verbale d'action et de confirmation. Il s'agissait de la

dernière occasion pour le commandant de bord et le premier officier de réaliser qu'il n'y avait pas suffisamment de carburant pour le vol.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le premier officier a procédé en silence aux vérifications en croisière, sans consulter de liste de vérification. Par conséquent, ni lui ni l'autre membre d'équipage de conduite n'a remarqué le niveau de carburant de l'aéronef.

Le voyant d'avertissement de bas niveau de carburant pour le réservoir arrière s'est allumé environ 25 minutes après le décollage de l'aéronef à CYZF. À ce moment, il restait environ 60 gallons américains de carburant à bord de l'aéronef, y compris dans les réservoirs de carburant des ailes, ce qui donnait à l'aéronef environ 40 minutes de vol avant l'épuisement du carburant. Cependant, l'équipage n'a remarqué le voyant AFT FUEL LOW LEVEL (bas niveau de carburant, réservoir arrière) que 13 minutes plus tard. Il restait alors du carburant pour environ 28 minutes de vol.

Fait établi quant aux risques

Si les équipages de conduite ne surveillent pas le tableau de bord et les systèmes d'alerte, il y a un risque qu'ils ne remarquent pas un état anormal de l'aéronef qui devient une situation dangereuse.

2.5 Déroutement

2.5.1 Vol pour une distance franchissable maximale

Lorsque l'équipage a remarqué que la quantité de carburant posait problème, il a amorcé un déroutement vers l'aérodrome de Fort Providence (CYJP), et la puissance des moteurs a été réduite afin d'économiser le carburant. Aucun tableau de performance n'a été consulté pour déterminer le réglage idéal de la puissance afin de parcourir la distance maximale pour la quantité de carburant qui restait à bord de l'appareil (vol pour une distance franchissable maximale). La liste de vérification des procédures en cas de situation anormale pour le voyant FUEL LOW LEVEL (bas niveau de carburant) ne recommande pas de consulter les tableaux de performance pour une situation de bas niveau de carburant et indique seulement qu'il reste du carburant pour environ 15 minutes de vol si les 2 voyants sont allumés.

2.5.2 Arrêt intentionnel du moteur gauche

Pendant le déroutement vers CYJP, le commandant de bord a communiqué avec Air Tindi au moyen du téléphone satellite. Durant l'une des communications, il a été suggéré qu'il coupe 1 moteur afin d'économiser le carburant. Cette suggestion provenait du chef pilote et a été relayée par le coordonnateur des vols.

Le manuel de vol des appareils DHC-6 fournit des données sur la consommation de carburant en croisière à un seul moteur, par mille marin. Selon ces données, à 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) et pour un poids de l'aéronef de 9000 livres, avec le

moteur subsistant réglé à puissance maximale continue, la consommation de carburant par mille marin serait de 21 % moins élevée si le vol se poursuit à 1 moteur plutôt qu'à 2.

Ni l'équipage de conduite ni le chef pilote n'a consulté ces tableaux pendant le vol à l'étude; cependant, compte tenu du peu de temps dont ils disposaient, il n'aurait peut-être pas été commode de le faire. Puisque l'arrêt du moteur a été suivi d'une descente progressive à un réglage de puissance d'un seul moteur inférieure à la puissance maximale continue, il n'a pas été possible de déterminer dans quelle mesure l'arrêt intentionnel a eu une incidence sur la distance franchissable restante.

Fait établi quant aux risques

Si les équipages de conduite ne consultent pas les tableaux de performance lorsqu'ils tentent d'atteindre la distance franchissable maximale pendant un vol, ils risquent de régler la puissance et de configurer l'aéronef de manière incorrecte et de ne pas atteindre la distance franchissable maximale.

2.5.3 Circuit de carburant de l'appareil DHC-6-300

Fait établi : Autre

Les systèmes d'indication et d'alerte de quantité de carburant étaient en état de fonctionnement et ont effectivement fonctionné comme prévu. Il n'y avait ni fuites ni anomalies dans la structure de l'aéronef ou dans les systèmes de carburant des moteurs.

Lorsque le moteur gauche a été coupé, du carburant a été prélevé du réservoir de l'aile gauche. Après l'arrêt du moteur gauche, il restait 5 gallons américains de carburant dans le réservoir de carburant de l'aile gauche. Lorsque le moteur gauche a été coupé et que la pompe carburant connexe a été arrêtée, ce carburant ne pouvait pas être utilisé par le moteur droit à moins que l'équipage de conduite ne reconfigure le circuit de carburant. Cinq minutes plus tard, l'équipage a remarqué que le voyant PUMP FAIL R TANK (défaillance de la pompe, réservoir de droite) s'était allumé, ce qui indiquait que la quantité commençait à être faible. On a calculé qu'il restait environ 1 gallon américain dans le réservoir de l'aile droite à ce moment.

Lorsque le commandant de bord a déplacé le commutateur du réservoir de l'aile droite de la position ENGINE (moteur) à la position OFF (éteint) afin d'alimenter le moteur droit à partir du réservoir principal avant, il a probablement dépassé la position OFF et atteint la position REFUEL (avitailleur). Plutôt que d'alimenter le moteur droit, ce réglage aurait transféré le carburant du réservoir principal avant au réservoir de carburant de l'aile droite, ce qui est plausible vu les 7 gallons américains de carburant qui se trouvaient dans le réservoir droit après l'atterrissage forcé. Le circuit de carburant aurait pu transférer 6 gallons américains du réservoir principal vers le réservoir d'aile en 4 minutes avant que le moteur droit ne s'éteigne. Par ailleurs, avec le commutateur en mode REFUEL, le carburant du réservoir de carburant de l'aile droite ne pouvait pas être utilisé par le moteur droit.

Il n'y a pas d'indication dans le poste de pilotage lorsque le mode REFUEL est sélectionné. Bien que le manuel de vol interdise l'avitaillement pendant le vol, il n'y a pas de mécanisme en place pour empêcher que le commutateur soit réglé en mode REFUEL.

Fait établi quant aux risques

Le commutateur du réservoir d'aile des appareils DHC-6 est conçu de telle manière qu'il peut être réglé en mode REFUEL pendant le vol, ce qui augmente le risque de transfert par inadvertance du carburant du réservoir principal au réservoir de carburant d'aile.

Fait établi : Autre

L'aéronef a atterri avec en tout 12 gallons américains de carburant utilisable à bord, à 6,7 milles marins (NM) de CYJP. Cette quantité de carburant était suffisante pour environ 8 minutes de vol à la vitesse de croisière, soit une distance franchissable d'environ 20 NM.

2.5.4 Approche forcée en vue d'un atterrissage en dehors de l'aéroport

Le moteur droit s'est éteint parce qu'il n'y avait pas suffisamment de carburant dans le réservoir principal avant. L'aéronef se trouvait à 11,8 NM de CYJP et à 2800 pieds au-dessus du sol. L'aéronef a été piloté selon la meilleure configuration pour une distance maximale en plané, et a plané sur 5,1 NM pendant la descente. La descente s'est amorcée (à 6500 pieds au-dessus du sol) après l'arrêt intentionnel du moteur gauche, et l'aéronef se trouvait 3700 pieds plus bas lorsque le moteur droit a cessé de fonctionner. Ces 3700 pieds auraient donné une distance supplémentaire en plané d'environ 6,5 NM.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En raison d'une panne d'alimentation carburant, l'équipage de conduite a effectué un atterrissage forcé dans une fondrière de mousse, ce qui a causé des dommages importants à l'aéronef.

Fait établi quant aux risques

Si, dans des situations critiques avec risque de panne de carburant, des équipages de conduite amorcent une descente plutôt que de maintenir l'altitude, la distance en plané de l'aéronef sera réduite, ce qui augmente le risque d'atterrir sur une surface inadéquate.

2.6 Système de gestion de la sécurité de la compagnie

Pour bien saisir les problèmes qui se développent au sein d'une compagnie, il est extrêmement important de les rapporter dans le cadre d'un système de gestion de la sécurité (SGS) qui fonctionne correctement. La fonction de rapports du SGS d'Air Tindi était en place et utilisée fréquemment. L'enquête a révélé que les premiers officiers des appareils DHC-6 qui constataient des écarts par rapport aux SOP de la compagnie avaient tendance à en faire rapport de manière informelle aux commandants instructeurs plutôt qu'en utilisant le SGS. Par conséquent, la direction de la compagnie, dans son ensemble, n'était pas entièrement au courant des écarts par rapport aux SOP concernant l'exécution des listes de vérification au sein de la flotte d'appareils DHC-6 et n'a pas eu l'occasion d'évaluer le risque et de mettre en place un plan de mesures correctives par l'entremise du SGS.

Fait établi quant aux risques

Si les équipages de conduite ne se servent pas des procédures de rapports de la compagnie pour communiquer leurs préoccupations liées à des écarts opérationnels pouvant avoir une incidence sur la sécurité, il y a un risque que la direction de la compagnie ne soit pas au courant de pratiques non sécuritaires et qu'elle ne soit pas en mesure d'adopter des mesures correctives.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Le fait de voir le bordereau rose de carburant dans la porte de l'aéronef a renforcé la croyance du commandant de bord que l'aéronef avait été avitaillé pour le dernier vol de la journée alors qu'en réalité, il ne l'avait pas été.
2. Alors qu'il procédait de mémoire aux vérifications avant le démarrage, le commandant de bord a interrompu la procédure pour parler avec un passager. Par conséquent, la vérification de la quantité de carburant n'a pas été effectuée et la préparation du vol s'est poursuivie sans que le commandant de bord soit conscient que l'aéronef n'avait pas à bord une quantité suffisante de carburant pour le vol.
3. Au fil du temps, le commandant de bord a créé une adaptation selon laquelle les listes de vérification par questions et réponses n'étaient pas exécutées comme l'exigeaient les procédures d'exploitation normalisées. L'absence de répercussions négatives a renforcé la pratique du commandant de bord jusqu'au point où elle a été intégrée à sa routine.
4. Le jour de l'événement, l'adaptation du premier officier concernant l'exécution des listes de vérification a été influencée par l'ancienneté du commandant de bord, l'exécution non standard des listes de vérification par le commandant de bord et l'absence de répercussions négatives découlant de cette adaptation.
5. Pendant le roulage vers la piste, le commandant de bord a effectué les vérifications de roulage seul, en silence et de mémoire. Par conséquent, la vérification de carburant qui figurait sur la liste de vérification a été omise, et l'aéronef a décollé avec une quantité insuffisante de carburant pour le vol.
6. Le premier officier a procédé en silence aux vérifications en croisière, sans consulter de liste de vérification. Par conséquent, ni lui ni l'autre membre d'équipage de conduite n'a remarqué le niveau de carburant de l'aéronef.
7. En raison d'une panne d'alimentation carburant, l'équipage a effectué un atterrissage forcé dans une fondrière de mousse, ce qui a causé des dommages importants à l'aéronef.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si les équipages ne surveillent pas le tableau de bord et les systèmes d'alerte, il y a un risque qu'ils ne remarquent pas un état anormal de l'aéronef qui devient une situation dangereuse.
2. Si les équipages de conduite ne consultent pas les tableaux de performance lorsqu'ils tentent d'atteindre la distance franchissable maximale pendant un vol, ils risquent de régler la puissance et de configurer l'aéronef de manière incorrecte et de ne pas atteindre la distance franchissable maximale.
3. Le commutateur du réservoir d'aile des appareils DHC-6 est conçu de telle manière qu'il peut être réglé en mode REFUEL pendant le vol, ce qui augmente le risque de transfert par inadvertance du carburant du réservoir principal au réservoir de carburant d'aile.
4. Si, dans des situations critiques avec risque de panne de carburant, des équipages de conduite amorcent une descente plutôt que de maintenir l'altitude, la distance en plané de l'aéronef sera réduite, ce qui augmente le risque d'atterrir sur une surface inadéquate.
5. Si les équipages ne se servent pas des procédures de rapports de la compagnie pour communiquer leurs préoccupations liées à des écarts opérationnels pouvant avoir une incidence sur la sécurité, il y a un risque que la direction de la compagnie ne soit pas au courant de pratiques non sécuritaires et qu'elle ne soit pas en mesure d'adopter des mesures correctives.

3.3 Autres faits établis

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

1. Les systèmes d'indication et d'alerte de quantité de carburant étaient en état de fonctionnement et ont effectivement fonctionné comme prévu. Il n'y avait ni fuites ni anomalies dans la structure de l'aéronef ou dans les systèmes de carburant des moteurs.
2. L'aéronef a atterri avec en tout 12 gallons américains de carburant utilisable à bord, à 6,7 milles marins de l'aérodrome de Fort Providence. Cette quantité de carburant était suffisante pour environ 8 minutes de vol à la vitesse de croisière, soit une distance franchissable d'environ 20 milles marins.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Air Tindi Ltd.

Les mesures suivantes ont été prises par Air Tindi Ltd. après l'événement :

- Des séances d'information individuelles ont été effectuées auprès de chaque membre d'équipage de conduite qui pilote un appareil DHC-6.
- La compagnie a envoyé une note de service aux membres d'équipage de conduite, insistant sur l'exigence de suivre toutes les procédures et les listes de vérification.
- La compagnie a envoyé une note de service aux membres d'équipage de conduite, exigeant que le commandant de bord vérifie le carburant embarqué et qu'il signe chaque bordereau de carburant avant le démarrage des moteurs.
- La compagnie a envoyé une note de service aux membres d'équipage de conduite pour les informer de l'exigence de communiquer la quantité de carburant à bord au centre de contrôle des opérations avant chaque départ.
- Les listes de vérification question-réponse de la flotte ont été révisées pour devenir des listes question-réponse-vérification.
- Des modifications ont été apportées aux procédures d'exploitation normalisées de la compagnie pour tenir compte des nouvelles révisions aux listes de vérification.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 19 octobre 2022. Le rapport a été officiellement publié le 24 novembre 2022.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

ANNEXES

Annexe A – Séquence des événements



Source : Google Earth, avec annotations du BST

Annexe B – Liste de vérification du poste de pilotage du DHC-6 d’Air Tindi

Les encadrés jaunes (annotations du BST) indiquent le moment où l’équipage doit vérifier la quantité de carburant.

COCKPIT CHECKLIST	Air Tindi	DHC-6
PRE-FLIGHT SETUP (FO)		LINE UP (FO...CA)
Exterior and Cockpit Check Complete		Landing Lights On
Left Rear Cabin Door Locking Pins Secure		Transponder Alt
IPAD, Documents & Logbook Onboard		Bleed Air As Required
Parking Brake Set		Ice Protection As Required
Circuit Breakers Checked		Caution Panel Checked, Normal
Radio Master Off		Headings Checked, Runway Heading
Fuel Emergency Shut-Off Normal		Wings Clean
Ignition Switch Normal		<i>"Line Up Check Complete, After Takeoff Check To Go"</i>
Unnecessary Electrics Off		AFTER TAKEOFF (PM)
Generator Switches Off		Landing Lights As Required (CA)
Bus Tie Normal		Flaps Up
Bleed Air Off		Climb Power Set
Position lights On		Electrical Load Checked
BEFORE START (CA)		Engine Instruments Checked
Passenger Briefing Complete		Autofeather Off (CA)
Control Locks Removed		Nose Wheel Steering Centered (CA)
Engine Plugs and Ties Removed		Time Off Recorded
Caps, Doors and Pogo Secure		Dispatch Advised
Power Levers Idle/Zero Thrust		<i>"After Takeoff Check Complete, Cruise Check To Go"</i>
Prop Levers Forward		CRUISE (PM)
Fuel Levers Off		Cruise Power Set
Battery and Master Switches On		Landing Lights Off (CA)
Fuel Quantity CHECKED ___ lbs.		Fuel Normal/Tips On, Landing With ___ lbs.
Boost Pumps On		Trend Complete
Hydraulic Pressure CB in, Pressure Up Twice		<i>"Cruise Check Complete, Descent/Approach Check To Go"</i>
Beacon ON		DESCENT/APPROACH (PM...PF)
----- ENGINE START (CA) -----		Approach Setup/Briefing Complete/Understood
Engine Prop Area Clear		Radar Altimeter Set
Engine Start		Altimeters Set and CROSS-CHECKED
AFTER START (FO...CA)		Gyros Slave/Free
External/Battery Switch Battery		CDI GPS or VOR/LOC
GPU Disconnected		GPS RAIM Check Complete/Not Required
Generators On/Checked		Ice Protection AS REQ'D
Engine Instruments Checked		<i>"Descent/Approach Check Complete, Before Landing To Go"</i>
Avionics Master On		BEFORE LANDING (PM)
Auto-feather Selected		Brakes/Hydraulics Off/Checked
Cabin Signs As Required		Nose Wheel Steering Centered (CA)
Flaps Set		Fuel System Normal, No Lights
Trims 3 Set		Landing Lights On (CA)
Circuit Breakers Checked		<i>"Complete To the Line"</i>
<i>"After Start Complete, Taxi Check To Go"</i>		----- SHORT FINAL -----
*RUN-UP (FO...CA)		Flaps Set For Landing
Manual Feathering Checked		Props Forward
Autofeather Checked		<i>"Before Landing Check Complete"</i>
Over Speed Governors Checked		AFTER LANDING (FO)
Ice Protection Equipment (if Required) Checked		Flaps Up
Beta Backup (if required) Checked		Ice Protection Off
<i>*First flight of the day only*</i>		Unnecessary Electrics Off
TAXI (FO...CA)		Transponder Stby
Brakes/Hydraulics Off/Checked		Landing Lights (Exiting Runway Environment) Off (CA)
Flight/NAV Instruments Set/Cross-Checked		Time Down Noted
Fuel System Normal/Tips /No Lights/ ___ Lbs.		Dispatch Advised
Flaps ___ Indicating		<i>"After Landing Check Complete"</i>
Flight Controls Free/Correct 6 Ways		
T/O Briefing Understood		
<i>"Taxi Check Complete, Line Up Check To Go"</i>		

May 1, 2019

Source : Air Tindi Ltd., *Standard Operating Procedures – De Havilland Twin Otter (DHC-6)*, 1^{re} édition, version 2 (1^{er} février 2020).

COCKPIT CHECKLIST **Air Tindi** **DHC-6**

SHUT DOWN (CA)
 Parking Brake **Set**
 Avionics Master **Off**
 Bleed Air Valves **Off**
 Electrical Switches **Off**
 Generators **Off**
 Prop Levers **Feather**
 T5 **Stable < 660C**
 Fuel Levers **Off**
 Fuel Pumps **Off (Below 5% Ng)**
 Beacon Lights **Off**
 Position Lights **On**
 Master Switches **Off**
 Control Locks **Installed**
 Plugs/Ties **Secured**

DOWNWIND (PM)
 Flaps **Up**
 Power **Set**
 Autofeather **Off**
 Nose Wheel Steering **Centered**
 Hydraulic Pressure **Check**
 Landing Briefing **Complete**
 Time Off **Recorded**
 -----**SHORT FINAL**-----
 Flaps **Set For Landing**
 Props **Forward**

V REF SPEEDS (1.3 X VS KTS IAS)

	12300	11500	10500	9500	8500
0	95	92	87	83	79
10	85	83	79	75	71
20	80	77	73	70	66
30	77	75	72	68	64
37.5	74	70	67	64	60

COCKPIT PREPARATION

Control Locks **Installed**
 Parking Brake **On**
 Ram Air Lever **As Required**
 Pitot Static Selector **Norm**
 Unnecessary Electrics **Off**
 Circuit Breakers **In**
 Position lights **On**
 External/Battery Switch **As Required**
 DC Master **On**
 Ignition **Normal**
 Bus Tie **Normal**
 Caution Light Test **Test**
 Generator Switches **Off**
 Inverter **No. 1 / 2**
 Bleed Air **Off**
 Power Levers **As Required (caution if on blade latches)**
 Prop Levers **As Required**
 Fuel Levers **Off**
 Prop Autofeather **Off**
 Fire Detection **Test**
 Fuel Emergency Shut-Off **Normal**
 Fuel Selector **Tested, Normal**
 Fuel Pump Auto Crossover **Test**

CABIN PREPARATION

Fire Extinguishers **Charged and Secure**
 First Aid Kit **Sealed and Secure**
 Exit Doors **Unobstructed and Secure**
 Life Vests **Checked**
 Cabin Furnishings **Checked**
 Passenger Safety Briefing Cards **Present**
 All Interior Lights **Checked**
 Herc Straps **4 Present**
 Tundra Ties/Shovel/Axe **Present**
 Fuel Kit **Checked/Present**

Source : Air Tindi Ltd., *Standard Operating Procedures – De Havilland Twin Otter (DHC-6)*, 1^{re} édition, version 2 (1^{er} février 2020).