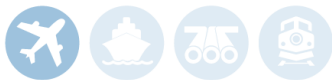




Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23O0122

PERTE DE MAÎTRISE ET IMPACT AVEC LA PISTE

Perimeter Aviation LP
Fairchild SA227-DC Metro 23, C-GJVW
Aérodrome de Detour Lake (CDT9) (Ontario)
7 septembre 2023

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.

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

Reproduction non commerciale

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

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

Reproduction commerciale

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

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

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

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23O0122 (publié le 15 juillet 2026).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4e 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, 2026

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23O0122

No de cat. TU3-10/23-0122F-PDF
ISBN 978-0-662-39972-8

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	12
1.3	Domages à l'aéronef	12
1.4	Autres dommages.....	13
1.5	Renseignements sur le personnel.....	13
1.6	Renseignements sur l'aéronef	14
1.6.1	Généralités	14
1.7	Renseignements météorologiques	20
1.8	Aides à la navigation	21
1.9	Communications.....	21
1.10	Renseignements sur l'aérodrome	21
1.11	Enregistreurs de bord	21
1.12	Renseignements sur l'épave et sur l'impact	22
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	23
1.14	Incendie.....	23
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	23
1.16	Essais et recherche.....	23
1.16.1	Rapports de laboratoire du BST	23
1.17	Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	24
1.17.1	Généralités	24
1.17.2	Supervision	24
1.17.3	Formation des équipages de conduite.....	24
1.17.4	Procédures d'exploitation normalisées	27
1.17.5	Procédures et politiques sur les approches stabilisées.....	28
1.17.6	Approches non standards : Aérodrome de Detour Lake	31
1.17.7	Système de gestion de la sécurité.....	31
1.17.8	Chronologie des changements opérationnels à l'aérodrome de Detour Lake 32	
1.17.9	Expérience des membres des équipages de conduite.....	34
1.18	Renseignements supplémentaires.....	35
1.18.1	Surveillance réglementaire.....	35
1.18.2	Questions relatives aux facteurs humains	36
1.18.3	Identification des dangers	41
1.18.4	Pressions opérationnelles.....	42
1.18.5	Liste de surveillance du BST	43
2.0	Analyse	44
2.1	Généralités	44
2.2	Décision de continuer la 2 ^e approche	44
2.3	Critères d'une approche stabilisée	46
2.4	Activation du mode BETA avant le toucher des roues et l'atterrissage.....	48
2.5	Évacuation	50

2.6	Évaluation par l'exploitant aérien des risques liés à la nouvelle sous-base	51
2.7	Identification des dangers	51
2.8	Expérience des membres des équipages de conduite	54
3.0	Faits établis	56
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	56
3.2	Faits établis quant aux risques	56
4.0	Mesures de sécurité	58
4.1	Mesures de sécurité prises	58
4.1.1	Perimeter Aviation LP	58
5.0	Annexes.....	60
	Annexe A – Manuel de référence rapide de Perimeter Aviation LP pour la procédure de descente d'urgence du Fairchild SA227-DC Metro 23	60
	Annexe B – Manuel de référence rapide de Perimeter Aviation LP pour procédure en cas de défaillance de la basse pression cabine du Fairchild SA227-DC Metro 23	61
	Annexe C – Liste minimale d'équipement de Perimeter Aviation LP	62
	Annexe D – Carte d'approche RNAV (GNSS) Y piste 10 à l'aérodrome de Detour Lake (à ne pas utiliser pour la navigation).....	64
	Annexe E – Graphique de l'enregistreur de données de vol capté au moment de la courte finale à l'atterrissage, indiquant quand les valeurs de couple négatives ont été enregistrées (encerclées)	65

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23O0122

PERTE DE MAÎTRISE ET IMPACT AVEC LA PISTE

Perimeter Aviation LP

Fairchild SA227-DC Metro 23, C-GJWV

Aérodrome de Detour Lake (CDT9) (Ontario)

7 septembre 2023

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. Les pronoms et les titres de poste masculins peuvent être utilisés pour désigner tous les genres afin de respecter la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* (L.C. 1989, ch. 3).

RÉSUMÉ

Le 7 septembre 2023, l'aéronef Fairchild SA227-DC Metro 23 (immatriculation C-GJWV, numéro de série DC-872B), exploité par Perimeter Aviation LP, effectuait le vol 4330 de Bearskin Airlines selon les règles de vol aux instruments entre l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (CYYZ) et l'aérodrome de Detour Lake (CDT9), avec une escale à l'aéroport de North Bay (CYYB), tous situés en Ontario. Il y avait 2 membres d'équipage de conduite et 8 passagers à bord. À 10 h 05, heure avancée de l'Est, alors que l'aéronef était en courte finale vers la piste 10 à CDT9, il a heurté la piste en piqué dans une assiette inclinée à droite. Le train d'atterrissage avant et le train d'atterrissage principal droit se sont affaissés, les deux hélices ont heurté la piste, et l'aéronef a glissé vers la droite, quittant la surface de la piste et s'immobilisant à l'endroit au bas d'un remblai, à une distance latérale d'environ 47 m (154 pieds) du bord de piste. Les membres de l'équipage de conduite et les passagers ont utilisé la porte principale de la cabine et les issues sur les ailes pour sortir de l'aéronef. Trois passagers et 1 membre de l'équipage de conduite ont été légèrement blessés. L'aéronef a été considérablement endommagé. La radiobalise de repérage d'urgence ne s'est pas déclenchée.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 7 septembre 2023, l'aéronef Fairchild SA227-DC Metro 23 (Metro 23) exploité par Perimeter Aviation LP (Perimeter Aviation) effectuait le vol 4330 de Bearskin Airlines (BLS 4330) selon les règles de vol aux instruments (IFR) entre l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (CYYZ)¹ et l'aérodrome de Detour Lake (CDT9)², avec une escale en cours de route à l'aéroport de North Bay (CYYB).

L'équipage de conduite est arrivé à CYYZ à 5 h 45³ et a commencé à se préparer pour un départ prévu à 6 h 30 à destination de CYYB. En raison d'un problème administratif mineur, le vol a subi un retard de 49 minutes à CYYZ.

L'équipage était composé de 2 membres : le commandant de bord et le premier officier.⁴ Sept passagers sont montés à bord de l'aéronef à CYYZ, et le premier officier a effectué un exposé sur les mesures de sécurité. L'aéronef a décollé de CYYZ à 7 h 19 et est arrivé à CYYB à 8 h, où un autre passager est monté à bord de l'aéronef. Le premier officier a effectué un autre exposé sur les mesures de sécurité avant le départ de CYYB.

Pendant le vol de CYYB à CDT9, le commandant de bord était le pilote aux commandes (PF) et occupait le siège de gauche. Le premier officier occupait le siège de droite et était le pilote surveillant (PM). L'aéronef n'était équipé d'aucun dispositif d'automatisation, tel qu'un système de pilote automatique ou un système de navigation verticale en route (VNAV); par conséquent, l'équipage de conduite pilotait l'aéronef manuellement.

L'aéronef a décollé de CYYB à 8 h 20 et a reçu l'autorisation de se diriger directement vers CDT9. À 8 h 55, le centre de contrôle régional (ACC) de Toronto a autorisé le vol à quitter l'espace aérien supérieur contrôlé⁵ et a fourni un numéro de téléphone que l'équipage de conduite devait composer pour fermer le plan de vol une fois que l'aéronef serait au sol à CDT9.

À 9 h 01, alors que l'aéronef se trouvait à 46 milles marins (NM) au sud de CDT9 et descendait à environ 16 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL), le manomètre différentiel de pressurisation cabine a indiqué une perte de pressurisation et le voyant d'alarme CABIN ALTITUDE s'est allumé.

¹ Tous les lieux mentionnés dans le présent rapport sont situés dans la province de l'Ontario, sauf indication contraire.

² L'aérodrome de Detour Lake appartient à Agnico Eagle Mines Limited et est exploité par cette dernière; une autorisation est requise avant d'y atterrir.

³ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

⁴ Avec moins de 19 passagers, la présence d'un agent de bord n'était pas requise.

⁵ L'espace aérien supérieur contrôlé (classe A) se situe entre le niveau de vol 180 et le niveau de vol 600.

Les passagers ont ressenti un changement de pression dans leurs oreilles, et ceux qui étaient assis à l'arrière de l'aéronef ont également entendu un bruit perçant provenant de la cloison arrière.

Les membres de l'équipage de conduite ont entrepris une descente d'urgence et ont mis leur masque à oxygène. L'aéronef s'est mis en palier à environ 8900 pieds ASL, et l'équipage de conduite a retiré ses masques à oxygène, puis s'est préparé à dérouter l'appareil vers l'aéroport de Timmins (Victor M. Power) (CYTS).

L'équipage de conduite a commencé à suivre les listes de vérifications pour la descente d'urgence et la défaillance de la basse pression cabine figurant dans le manuel de référence rapide (annexes A et B). Le régulateur de pressurisation cabine a été placé en mode manuel, et la pressurisation a commencé à revenir à la normale, la différence de pressurisation dans la cabine augmentant et l'altitude cabine diminuant. Les autres éléments des 2 listes de vérifications n'ont pas été effectués après ce stade. Le commandant de bord a informé le premier officier de l'écart par rapport aux procédures d'exploitation normalisées (SOP) tel que requis.

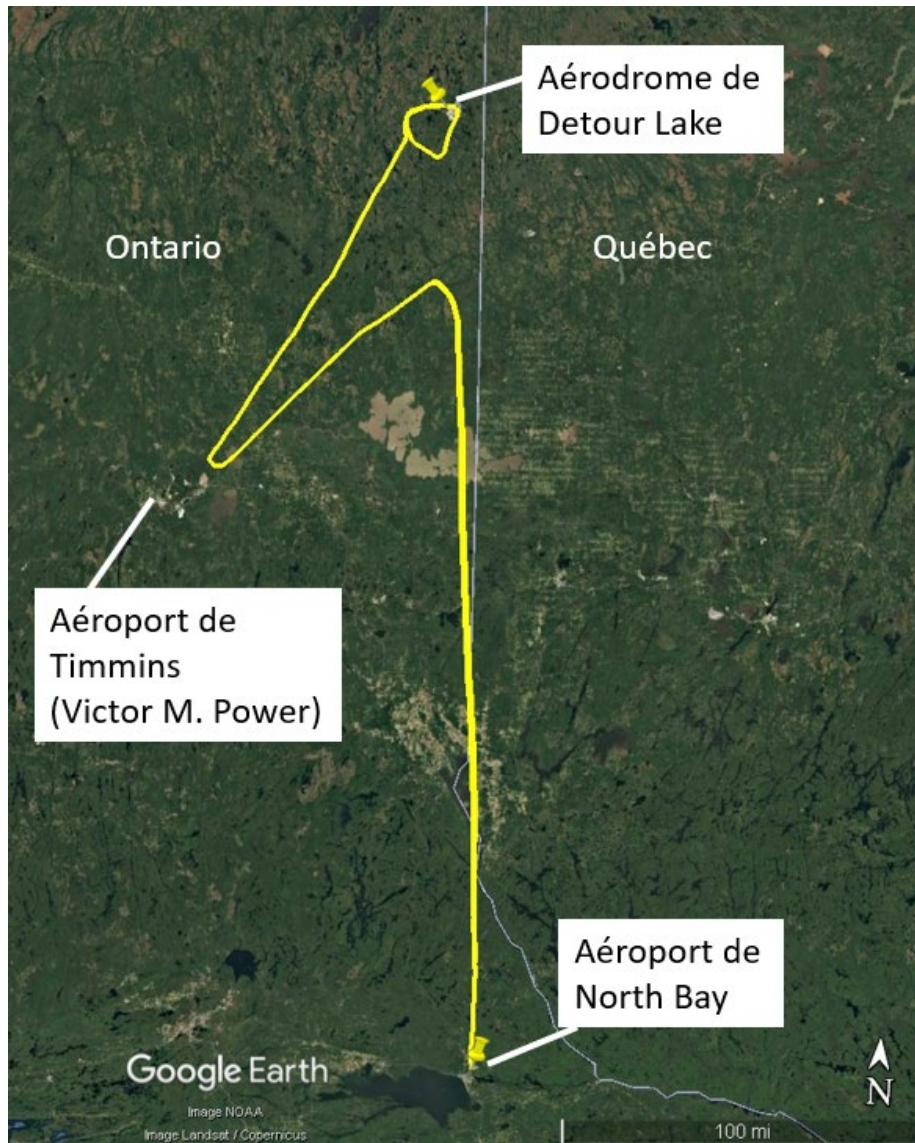
À l'aide du dispositif de messagerie texte par satellite de l'aéronef, le premier officier a communiqué avec le service des opérations de la compagnie pour signaler qu'il y avait eu un problème de pressurisation et que le vol était dérouté vers CYTS. Le service des opérations de la compagnie a confirmé la réception du message. L'équipage de conduite a obtenu des conditions météorologiques mises à jour pour CYTS auprès de l'ACC de Toronto, car le service automatique d'information de région terminale (ATIS) n'était pas fonctionnel.

Après avoir coordonné le déroutement du vol avec l'ACC de Toronto, l'équipage de conduite a examiné la liste minimale d'équipement (MEL) (annexe C). La MEL indiquait que le problème de pressurisation pouvait être différé si le régulateur de pressurisation cabine était maintenu en position manuelle⁶.

À 9 h 18, alors que l'aéronef se trouvait à 16 NM au nord de CYTS, l'équipage de conduite a informé l'ACC de Toronto que le problème de pressurisation était résolu et qu'il souhaitait poursuivre sa route vers la destination initiale, CDT9 (figure 1). Le premier officier a envoyé un message texte au service des opérations de la compagnie pour le mettre au courant de la situation. La réception du message texte a été confirmée. Le commandant de bord a informé les passagers que l'aéronef atterrirait à CDT9 comme prévu à l'origine.

⁶ Perimeter Aviation LP, *Fairchild Models SA226/227 Series Minimum Equipment List*, modification 2 (3 mars 2022), p. 21-05-01 et 21-05-02.

Figure 1. Trajectoire du vol à l'étude (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



À 9 h 22, des renseignements sur les vents ont été obtenus à partir du système automatisé d'observations météorologiques (AWOS) établi à CDT9 indiquant que les vents soufflaient du 360° magnétique (M)⁷ à 15 nœuds, avec des rafales atteignant 20 nœuds.

Compte tenu des vents de travers qui soufflaient à 100° et de la direction de l'aéronef, le commandant de bord, en tant que PF, a fait un exposé sur la procédure d'approche de navigation de surface avec système mondial de navigation par satellite (RNAV [GNSS]) Y de la piste 10⁸ via le point de transition DUGRO⁹. Le niveau de service prévu était celui de performance d'alignement de piste avec guidage vertical (LPV) (annexe D).

⁷ La mesure de la déclinaison magnétique de CDT9 la plus récente, prise en 2022, était de 12° ouest.

⁸ La piste 10 est alignée selon un cap magnétique de 103°.

⁹ DUGRO est le point de cheminement GPS initial pour l'approche RNAV (GNSS) Y PISTE 10 à CDT9.

Avec cette approche, il y a 3 segments différents et une trajectoire de descente de $3,6^\circ$, qui est interceptée à un minimum de 2300 pieds ASL au point de cheminement d'approche finale (FAWP). L'approche prévoit ensuite un virage à droite de 15° vers le segment d'approche finale, avec une distance de 3,4 NM.

Pendant l'approche finale, un taux de descente plus élevé est nécessaire (d'après une vitesse sol de 140 nœuds et un taux de descente de 890 pi/min sans vent) pour atteindre une altitude minimale de descente de 250 pieds au-dessus du niveau du sol (AGL).

Après que le commandant de bord a terminé l'exposé sur l'approche, le premier officier a remarqué que la vitesse sol était faible et s'est rendu compte que les volets étaient restés en position quart après la descente d'urgence. Les volets ont ensuite été complètement rentrés.

Lors de l'approche, lorsque l'équipage de conduite a établi le contact visuel avec la piste, il s'est rendu compte que l'appareil n'était pas aligné sur l'axe de piste. Le premier officier a annoncé une approche interrompue.

Le commandant de bord a répondu à cet appel et a ensuite suivi la procédure d'approche interrompue publiée, qui prévoit que l'aéronef continue droit devant (sur le cap de la piste) jusqu'à 1400 pieds ASL, puis vire à droite vers un point de cheminement au sud qui est associé à une procédure d'attente publiée à 2500 pieds ASL.

Au début de l'approche interrompue, le personnel de soutien au sol de l'aérodrome a communiqué par radio avec l'équipage de conduite pour lui demander s'il reviendrait tenter une 2^e approche. L'équipage de conduite a répondu par l'affirmative.

Le premier officier a effectué la liste de vérification après décollage. Le commandant de bord a décidé d'effectuer une approche surveillée par le pilote (PMA)¹⁰ en raison du plafond bas (ciel couvert à 300 pieds). Le premier officier a réactivé l'approche RNAV (GNSS) Y RWY 10 en utilisant le point de transition DUGRO et a refait l'exposé sur l'approche. L'équipage de conduite n'a pas effectué l'étape des SOP exigeant un examen de la PMA. À ce moment, les commandes de l'aéronef ont été transférées au premier officier, qui est devenu le PF. Le commandant de bord, qui est ensuite devenu le PM, prévoyait de reprendre les commandes pour atterrir une fois que l'aéronef aurait atteint les minimums d'approche et que l'équipage de conduite aurait établi un contact visuel avec la piste.

À 10 h 04 min 26 s, alors que l'aéronef se trouvait dans le dernier segment de la 2^e approche (entre 2,4 NM et 0,7 NM du seuil de piste), des variations du taux de descente situées entre 1100 et 2000 pi/min ont déclenché une alerte sonore « sink rate » [taux de descente] du dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS). Après avoir reçu cette alerte, le PF a réduit le taux de descente de l'aéronef. L'exposé fait par les membres de l'équipage de conduite comprenait la vitesse d'approche, qui était fonction de la masse à l'atterrissage. La vitesse d'approche prévue était de 140 nœuds de vitesse indiquée (KIAS), qui serait graduellement réduite à 115 KIAS pour atteindre la vitesse de référence d'atterrissage (V_{ref}) requise pour le toucher des roues.

¹⁰ Voir la section 1.17.4.2, *Approches surveillées par le pilote*, du présent rapport pour plus d'informations.

À 10 h 05 min 05 s, avec la piste en vue, le commandant de bord a pris les commandes de l'aéronef et est devenu le PF. Il a demandé que les volets soient entièrement déployés. Lorsque l'aéronef se trouvait à 0,75 NM du seuil de piste, une alerte « pull up » [remonter] du GPWS a retenti. Le taux de descente de l'aéronef était d'environ 2000 pi/min.

Selon l'AWOS, à 10 h 03, les vents soufflaient du 340°M à 9 nœuds avec des rafales à 19 nœuds et une direction variable de 300° à 360°.

À 10 h 05 min 13 s, l'aéronef était à 171 pieds au-dessus de l'altitude de zone de poser (TDZE) et 0,5 NM du seuil de la piste, à une vitesse d'environ 150 KIAS.¹¹

À 10 h 05 min 18 s, alors que l'aéronef se trouvait à 98 pieds au-dessus de la TDZE, l'enregistreur de données de vol (FDR) a enregistré une valeur de couple négative, indiquant que le moteur était en inversion de poussée (annexe E). Le premier officier a informé le commandant de bord que le mode BETA avait été sélectionné, ce que le commandant de bord a confirmé, et 1 seconde plus tard, une valeur de couple positive a été enregistrée. Une 2^e valeur de couple négative a été enregistrée sur les moteurs droit et gauche tout juste avant le toucher des roues.

Lorsque l'aéronef se trouvait à 11 pieds au-dessus de la TDZE, à 10 h 05 min 25 s, l'angle de roulis de l'aéronef a été enregistré à 15,4° vers la droite, et l'aéronef avait une assiette en piqué. Par conséquent, l'aile droite a percuté la piste (figure 2) et les trains d'atterrissage avant et principal droit se sont affaissés. L'hélice droit a percuté la surface de la piste à environ 305 m (1000 pieds) au-delà du seuil de la piste.

¹¹ L'enregistreur de données de vol calcule la vitesse anémométrique en vitesse calibrée en nœuds, ce qui tient compte des erreurs d'instrumentation et de position. Lorsqu'un aéronef vole à basse vitesse et à basse altitude, la différence entre la vitesse calibrée et la vitesse indiquée est négligeable. Cette différence peut croître à des vitesses et des altitudes plus élevées.

Figure 2. L'aéronef à l'étude percute la piste (Source : tierce partie avec permission, avec annotations du BST).



L'aéronef s'est déporté à droite (sud) de l'axe de piste, quittant latéralement la surface de la piste et glissant au bas d'un remblai. Le train d'atterrissage principal gauche s'est affaissé, et l'aéronef s'est immobilisé à l'endroit à environ 47 m (154 pieds) de la piste, face au sud-sud-ouest sur un cap de 210°M (figure 3).

Pendant que l'équipage de conduite effectuait l'arrêt d'urgence, les passagers ont commencé, de leur propre chef, à sortir de l'aéronef par la porte principale de la cabine et les issues d'évacuation sur l'aile. À ce moment, les moteurs étaient toujours en marche.

Lorsque le premier officier a ouvert la porte principale de la cabine et s'est rendu compte que les moteurs étaient encore en marche, il est retourné dans le poste de pilotage et a actionné les boutons de marche/arrêt des moteurs pour arrêter ceux-ci, puis les 2 membres de l'équipage de conduite sont

Figure 3. L'aéronef à l'étude immobilisé après l'impact avec la piste 10 (Source : BST)



sortis de l'aéronef. Le personnel au sol de l'aérodrome est intervenu plusieurs minutes après l'événement, et à 10 h 19, les pompiers volontaires et le personnel médical d'Agnico Eagle Mines Limited sont intervenus.

La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) ne s'est pas déclenchée.

À 10 h 14, Perimeter Aviation a communiqué avec un spécialiste des opérations de trafic aérien de NAV CANADA, qui a alors informé l'ACC de Toronto que l'aéronef avait impacté la piste.

L'aéronef a été considérablement endommagé. Trois passagers et 1 membre de l'équipage de conduite ont été légèrement blessés.

1.2 Personnes blessées

Il y avait 2 membres d'équipage de conduite et 8 passagers à bord. Le tableau 1 donne un aperçu de la gravité des blessures.

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	1	3	–	4
Total des personnes blessées	1	3	–	4

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été considérablement endommagé durant l'accident.

Ni la cabine ni le poste de pilotage de l'aéronef n'ont été compromis. Cependant, le dessous du fuselage était froissé et perforé à de nombreux endroits sur toute sa longueur, y compris la structure centrale de l'aile. Les réservoirs de carburant de l'aéronef ont été endommagés par l'impact avec des roches détachées sur le côté de la piste. Les trains d'atterrissage avant et principal gauche ont été complètement détachés, et le train d'atterrissage principal droit a été déplacé, mais est resté attaché.

Les deux hélices ont perdu toutes leurs pales composites et présentaient des dommages sur chaque moyeu. Les deux moteurs ont subi des dommages importants après avoir aspiré des particules provenant de la surface de la piste et des pales d'hélice.

1.4 Autres dommages

Deux feux de bord de piste et la surface de la piste en gravier ont été endommagés.

Les réservoirs de carburant ont été perforés et ont laissé s'échapper une quantité inconnue de carburant. Le propriétaire de l'aérodrome a dépêché sur place des membres de son équipe environnementale, qui ont réalisé une étude du site et une évaluation environnementale et ont entrepris un plan de nettoyage.

1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne – avion	Licence de pilote professionnel – avion
Date d'expiration du certificat médical	1er février 2024	1er septembre 2024
Heures de vol total	2688	542,2
Heures de vol sur type	658	282,9
Heures de vol au cours des 24 heures précédant l'événement	6,1	6,1
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	15,4	15,4
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	63,5	49,4
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	185	168
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	185	168
Heures de service avant l'événement	3,75	3,75
Heures hors service avant la période de travail	15,6	15,6

Le commandant de bord s'est joint à Perimeter Aviation en août 2022 en tant que premier officier et a suivi une formation de perfectionnement pour devenir commandant de bord sur l'aéronef Metro 23 en mars 2023.

Le premier officier s'est joint à Perimeter Aviation en avril 2023 et a terminé sa formation initiale et une vérification de compétence du pilote sur l'aéronef Metro 23 en avril 2023.

Lorsque le commandant de bord et le premier officier ont été embauchés par Perimeter Aviation, ils n'avaient aucune expérience de travail au titre de la sous-partie 703 (Exploitation d'un taxi aérien) ou 704 (Exploitation d'un service aérien de navette) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Les membres de l'équipage de conduite avaient des certificats médicaux valides et les licences appropriées pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

Le Metro 23 est un aéronef bimoteur à turbopropulseurs pressurisé doté d'un train d'atterrissage escamotable. L'aéronef à l'étude était configuré pour transporter 19 passagers.

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Fairchild Aircraft Incorporated*
Type, modèle et immatriculation	SA227-DC Metro 23, C-GJVW
Année de construction	1995
Numéro de série	DC-872B
Date d'émission du certificat de navigabilité	24 janvier 2018
Total d'heures de vol cellule	32 893,4 heures
Type de moteur (nombre)	Garrett TPE331-12UHR-701 G (2)
Type d'hélice (nombre)	MT-Propeller MTV-27-1-E-C-F-R (G) (2)
Masse maximale autorisée au décollage	16 500 lb (7500 kg)
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B, JP-4, JP-5, JP-8
Type de carburant utilisé	Jet A

* À l'heure actuelle, Ontic Engineering and Manufacturing détient le certificat de type pour ce type d'aéronef.

L'aéronef ne présentait aucune anomalie non corrigée ni défectuosité connue jusqu'au moment du vol à l'étude.

1.6.1.1 Moteurs

Cet aéronef est propulsé par 2 turbopropulseurs Garrett. Chaque moteur se compose d'un seul arbre avec un compresseur centrifuge à 2 étages entraîné par une turbine axiale à 3 étages, une chambre de combustion annulaire à écoulement indirect, et un réducteur intégré qui entraîne l'hélice.

Il est conçu pour fonctionner à une vitesse constante et chaque moteur est commandé au moyen d'une manette des gaz et d'une manette de commande de régime montées côte à côte sur le secteur manette dans le poste de pilotage (figure 4).

La vitesse du moteur, directement proportionnelle à la vitesse des hélices (tr/min), est affichée dans le poste de pilotage par un tachymètre (échelle en pourcentage). La puissance moteur, ou couple, est affichée dans le poste de pilotage par un indicateur de couple du moteur (échelle en pourcentage). Ces indicateurs se trouvent sur le tableau de bord, à gauche du secteur manette.

La manette des gaz est reliée à la commande de réglage de pas d'hélice et au robinet de carburant manuel. La manette de commande de régime est reliée au régulateur d'hélice et au régulateur de débit carburant de sous-vitesse.

Les manettes des gaz (figure 4) contrôlent le couple en déplaçant le robinet de carburant dans le régulateur de carburant. Le robinet de carburant ajuste le débit de carburant (puissance) en réponse directe à la position de la manette des gaz.

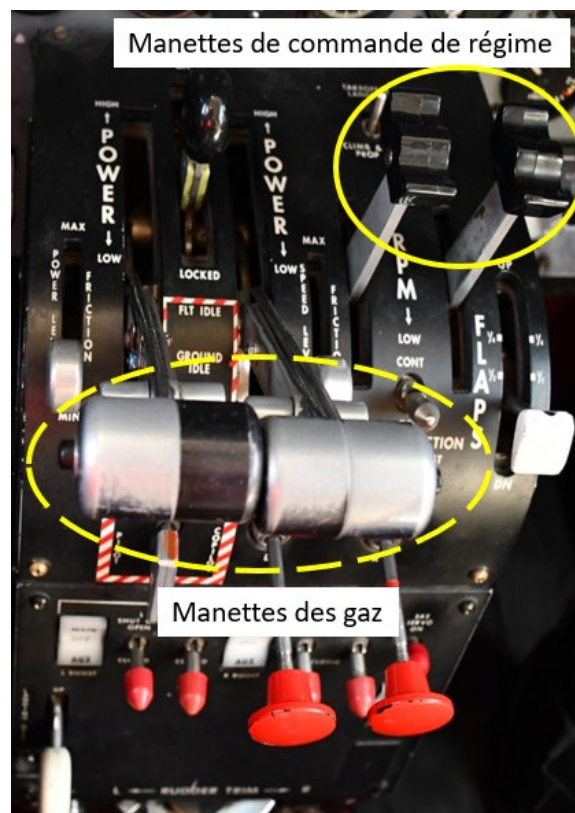
La manette des gaz a 2 modes de fonctionnement. Lorsque la manette des gaz est au-delà du cran en position de régime ralenti de vol, le moteur se trouve en mode régulation d'hélice; ce mode maintient un régime constant en variant l'angle des pales des hélices conformément au mouvement de la manette des gaz, qui détermine l'alimentation en carburant.

Lorsque la manette des gaz se trouve derrière le cran en position de régime ralenti de vol, le moteur est en mode BETA. En mode BETA, la manette des gaz modifie la charge du moteur en changeant l'angle des pales des hélices au moyen de la commande de réglage de pas d'hélice. Le régime du moteur demeure le même, conformément à la charge, en variant l'alimentation en carburant à l'aide du régulateur de débit carburant de sous-vitesse du régulateur de carburant.

La manette de commande de régime comprend les positions de haut régime et de bas régime; l'équipage de conduite peut ainsi réduire le régime du moteur afin d'aider à réduire le bruit et la consommation de carburant. Le régime dépend de la position de la manette des gaz dans l'un ou l'autre de ses 2 modes de fonctionnement.

Lorsque la manette des gaz est au-delà du cran en position de régime ralenti de vol en mode régulation d'hélice, la position de haut régime de la manette de commande de régime règle le régime du régulateur d'hélice à 100 % pour le décollage et l'atterrissage.

Figure 4. Secteur manette, indiquant l'emplacement des manettes de commande de régime (cercle plein) et des manettes des gaz (cercle en pointillés) (Source : BST)



En vol de croisière, le régime doit être réglé à 97 %, selon le manuel de vol de l'aéronef (AFM). Lorsque l'aéronef est au sol et mis en mode BETA, avec la manette des gaz derrière le cran en position de régime ralenti de vol, les positions de haut et de bas régime de la manette de commande de régime règlent la plage de régime du régulateur de débit carburant de sous-vitesse entre 71 % et 97 %.

1.6.1.2 Hélices

Le Metro 23 était à l'origine équipé de 2 hélices à 4 pales avec mise en drapeau, à vitesse constante et à pas réversible. Les 2 hélices fonctionnent à vitesse constante avec le synchrophasage automatique.

L'aéronef à l'étude était équipé de 2 hélices à 5 pales MT-Propeller à fonctionnement hydraulique permettant de modifier le pas des pales. Le mécanisme de changement de pas assure un fonctionnement en modes vitesse constante, mise en drapeau et inversion. Chaque hélice est dotée d'un moyeu en alliage d'aluminium usiné, et chaque pale est composée d'un noyau intérieur en bois recouvert de fibre composite.

Les hélices sont des modèles à simple effet où la pression hydraulique s'oppose à la force des ressorts et des contrepoids dans le moyeu de manière à produire le bon pas pour une charge moteur donnée. La pression hydraulique déplace les pales vers la position de petit pas, ce qui augmente le régime. Des ressorts et des contrepoids déplacent les pales vers la position de grand pas, ce qui réduit le régime. La pression hydraulique nécessaire au fonctionnement provient de l'huile moteur, suralimentée par la pompe à engrenages du régulateur.

1.6.1.3 Commandes de moteur et mode BETA

Lorsque la manette des gaz se trouve derrière le cran en position de régime ralenti de vol, le moteur est en mode BETA. Ce mode est utilisé pour les opérations au sol et l'inversion de poussée. En mode BETA, la manette des gaz change l'angle des pales des hélices au moyen de la commande de réglage de pas d'hélice pour effectuer l'inversion de poussée.

Le fonctionnement des hélices en mode BETA pendant le vol est interdit par le constructeur, comme indiqué dans la section Limitations de l'AFM, qui indique ce qui suit [traduction] :

AVERTISSEMENT

- **L'INVERSION DE L'HÉLICE EN VOL EST INTERDITE**
- **IL EST INTERDIT DE DÉPLACER LES MANETTES DES GAZ DERRIÈRE LE CRAN EN POSITION DE RÉGIME RALENTI DE VOL DURANT LE VOL. UNE TELLE POSITION PEUT ENTRAÎNER LA PERTE DE MAÎTRISE DE L'AVION OU PROVOQUER UNE SURVITESSE DU MOTEUR ET, PAR LA SUITE, UNE PERTE DE PUISSANCE DU MOTEUR [majuscules et gras dans l'original]¹²**

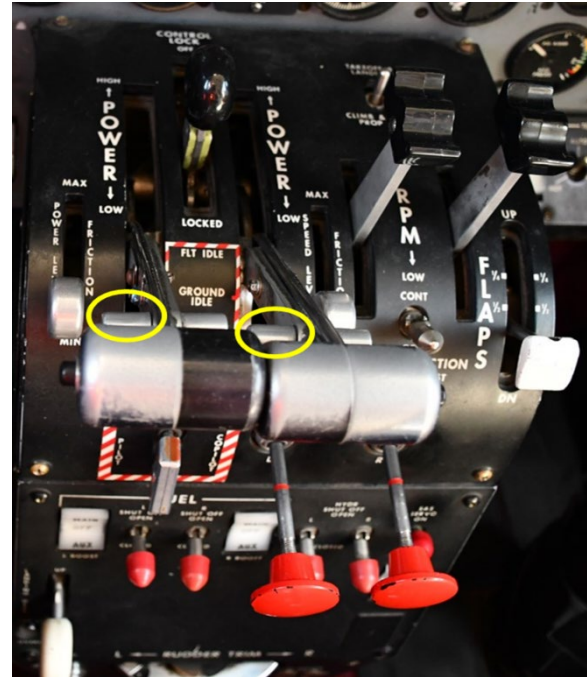
Afin d'éviter que chaque manette des gaz ne soit déplacée par inadvertance derrière la position de régime ralenti de vol et ne passe ainsi en mode BETA, une barrière physique bloque les bras de verrouillage des manettes des gaz. Pour passer en mode BETA, le pilote doit actionner les tirettes (figure 5) vers le haut contre la pression du ressort. Cette action permet de soulever les bras de verrouillage, leur permettant de franchir les barrières physiques et de déplacer les manettes des gaz derrière la position de régime ralenti de vol.

Lorsque l'aéronef est en mode BETA, 2 voyants ambrés (L BETA et R BETA) s'allument sur le panneau annonceur situé sur la console centrale supérieure.

Deux autres indications secondaires signalent que l'aéronef est en mode BETA : un changement dans les paramètres du moteur et un changement caractéristique dans le bruit du moteur ou de l'hélice.

L'Air Accident Investigation Unit d'Irlande a souligné les conséquences potentielles du passage d'un aéronef en mode BETA pendant le vol dans son rapport d'enquête décrivant un accident où un roulis similaire est survenu à bord d'un aéronef lors d'une approche interrompue qui s'est produite à Cork, en Irlande, en 2011.¹³

Figure 5. Secteur manette, montrant l'emplacement des tirettes (Source : BST)



¹² Fairchild Aircraft Incorporated, *FAA Approved Airplane Flight Manual: Fairchild Aircraft Model SA227-DC*, révision 34 (9 décembre 2014), section 1: Limitations, 6 DC propellor reversing, p. 1-2.

¹³ Air Accident Investigation Unit (AAIU)-Ireland, Formal Report: Accident: Fairchild Aircraft Corporation SA 227-BC METRO III, EC-ITP, Cork Airport, Ireland, 10 février 2011 (novembre 2014), à l'adresse https://aiiu.ie/sites/default/files/report-attachments/REPORT%202014-001_0.pdf (dernière consultation le 3 juin 2026).

1.6.1.4 Radiobalise de repérage d'urgence

L'aéronef était muni d'une ELT Artex C406-1, qui ne s'est pas déclenchée pendant l'événement. Le FDR a enregistré une valeur g verticale maximale de $1,2g$. Cependant, cette valeur a été immédiatement suivie de points de données anormaux dans tous les paramètres, indiquant une perte de signal clair et valide.

On n'a pas pu déterminer quelle était la valeur g maximale réelle au moment de l'impact avec la surface de la piste ou tout au long de la séquence de l'accident. Par conséquent, il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que la valeur g enregistrée était suffisante pour activer l'ELT. Néanmoins, l'ELT et ses composantes reliées ont été retirées de l'aéronef et expédiées au Laboratoire d'ingénierie du BST, à Ottawa, pour faire des tests.

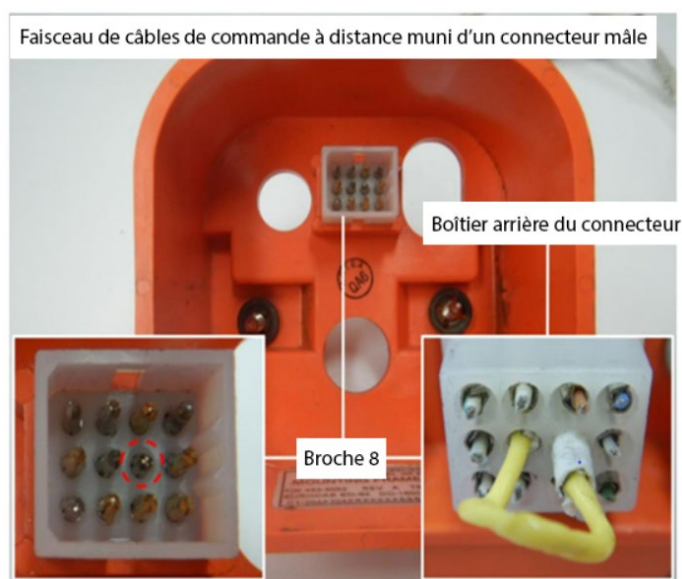
1.6.1.4.1 Test de performance d'activation de la radiobalise de repérage d'urgence

Un test de performance de l'activation de l'ELT a été exécuté au Laboratoire d'ingénierie du BST. Le commutateur à inertie a fait l'objet d'un test alors qu'il était encore fixé à la carte de circuit imprimé de l'ELT. Le commutateur a été activé à plusieurs reprises, et il était conforme aux paramètres précisés. Aucun signe d'obstruction ou de blocage n'a été détecté pendant le déplacement de la masse du capteur à inertie. Ces tests ont permis de confirmer que l'ELT fonctionnait correctement en tant que dispositif autonome.

1.6.1.4.2 Tests de transmission de la radiobalise de repérage d'urgence avec un faisceau de câbles de commande à distance muni d'un connecteur mâle à 12 broches

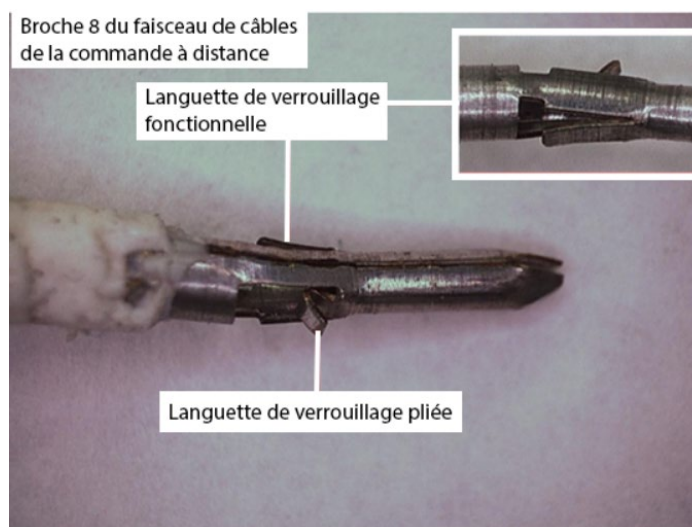
L'ELT a ensuite été testée conjointement avec le faisceau de câbles de commande à distance muni d'un connecteur mâle à 12 broches. L'ELT ne s'est pas déclenchée dans cette configuration lors du test de performance d'activation. Il convient de noter que c'est ainsi que le dispositif était configuré lorsqu'il était installé dans l'aéronef. Une inspection visuelle du boîtier arrière du connecteur du faisceau de câbles de commande à distance a révélé que la broche 8 était en retrait par rapport à sa position normale (figure 6). La broche 8 a été remise en place manuellement, puis le test a été relancé. L'ELT s'est activée et le test de performance a produit un résultat positif.

Figure 6. Ensemble du bouchon du cadre de montage avec la broche 8 retirée (Source : BST)



Le mécanisme de verrouillage de la broche 8 était constitué de 2 languettes de verrouillage situées sur les côtés opposés de la broche. L'une des languettes de verrouillage était pliée vers l'avant. L'autre était fonctionnelle. La broche 8 était également déformée en forme courbée (figure 7). Le fabricant d'ELT ne fournit aucun câblage ou faisceau de câbles de commande à distance préfabriqué pour l'installation. La fabrication et l'installation du faisceau de câbles de commande à distance ont été effectuées par le constructeur de la cellule ou un organisme de maintenance. L'enquête n'a pas permis de déterminer la cause des dommages à la broche 8.

Figure 7. Languettes de verrouillage déformées de la broche 8 du faisceau de câbles de la commande à distance, avec un gros plan en médaillon (Source de l'image principale et de l'image en médaillon : BST)



Le code hexadécimal à 15 chiffres de l'ELT figurant sur l'autocollant de l'ensemble du couvercle supérieur de protection n'était pas le même code hexadécimal que celui obtenu lors du test fonctionnel effectué au Laboratoire d'ingénierie du BST¹⁴.

Lorsqu'un entretien est effectué sur une ELT, un autocollant indiquant l'entretien effectué doit être apposé sur l'ELT à des fins de traçabilité et pour rappeler la date du prochain entretien. Aucun autocollant de ce genre n'était apposé sur l'ELT à l'étude.

1.6.1.5 Composants de pressurisation

L'enquête a permis d'inspecter les principaux composants du système de pressurisation afin de déterminer leur état et leur fonctionnement.

Le joint de la porte de la cabine a été inspecté visuellement et était en grande partie intact, à l'exception d'une déchirure apparue à la suite de l'impact pendant la séquence de l'accident. En conséquence, le joint n'a pas pu être gonflé pour être testé. Un examen physique détaillé du joint de la porte a révélé que la partie non endommagée était normale et que le joint aurait dû pouvoir fonctionner normalement pendant le vol.

Le joint de la porte de soute a été inspecté visuellement et jugé intact, sans dommages visibles attribuables à l'impact. Ce joint a été gonflé à l'air comprimé et est resté gonflé sans que l'on y trouve de fuite. Par conséquent, il aurait été en mesure de fonctionner normalement pendant le vol.

¹⁴ Dès qu'une ELT est en service, il incombe à l'exploitant de l'aéronef de s'assurer de l'exactitude du code hexadécimal.

La vanne de régulation d'échappement cabine et le régulateur de pressurisation cabine ont été retirés de l'aéronef et envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST pour faire l'objet d'inspections et de tests.

La vanne de régulation d'échappement cabine, le principal moyen de contrôler la pressurisation cabine, a été examinée et jugée exempte de dommages et de défauts. De plus, la manipulation du diaphragme en caoutchouc et de la vanne a montré qu'ils bougeaient librement, sans blocage. Les surfaces d'étanchéité ne présentaient pas de dommages, et il a été observé que le diaphragme offrait une bonne étanchéité.

Lors de l'examen du régulateur de pressurisation cabine, des rainures et des rayures évidentes ont été observées sur l'arbre du bouton de contrôle vitesse de précession. De telles rainures et rayures présentes sur l'arbre pouvaient correspondre à une situation de glissement où le bouton de contrôle vitesse de précession aurait bougé sur l'arbre, ce qui aurait empêché l'arbre de tourner lorsque le bouton de contrôle vitesse de précession fut tourné. Une telle situation aurait alors probablement donné lieu à une mesure de maintenance consistant à resserrer la vis de pression à un emplacement légèrement différent.

Lorsque l'équipage de conduite a tenté d'ajuster la pressurisation cabine, aucun changement n'a été constaté. Il est possible qu'un bouton de contrôle vitesse de précession qui glissait ait empêché l'équipage de conduite d'ajuster le taux de pressurisation cabine pendant le vol. Une telle situation aurait obligé l'équipage à recourir au contrôle manuel de la pressurisation cabine afin de maintenir le confort des passagers et de l'équipage.

On n'a pas pu effectuer de tests de pressurisation complets ni rechercher une panne du système en raison des dommages subis par le fuselage pendant l'accident.

1.7 Renseignements météorologiques

CDT9 dispose d'un système automatisé d'observations météorologiques (AWOS) qui diffuse sur une fréquence VHF (très haute fréquence) et fournit des données météorologiques mises à jour toutes les minutes.

Ces données comprennent la direction et la vitesse du vent, la visibilité, la hauteur du plafond nuageux, la température, le point de rosée et le calage altimétrique.

Dans les 7 rapports AWOS précédant l'événement, diffusés toutes les minutes entre 10 h et 10 h 06, les données météorologiques suivantes ont été fournies :

- vents soufflant du 340° à 350°M à une vitesse moyenne de 11 nœuds avec des rafales à 19 nœuds.
- visibilité de 10 milles terrestres;
- plafond couvert à 300 pieds AGL (variable de 200 à 400 pieds)
- température de 8 °C et point de rosée de 8 °C;
- calage altimétrique de 29,92 pouces de mercure

À 10 h 03 et 10 h 04, la direction des vents rapportés variait du 300°M à 010°M.

À 10 h 05, le moment de l'événement, les vents soufflaient du 350°M, ce qui a créé un vent de travers de la gauche de 100°.

1.8 Aides à la navigation

Le *Canada Air Pilot* (CAP4) indique que les 4 approches RNAV et 1 procédure de départ suivantes sont disponibles à CDT9 :

- RNAV (GNSS) Z PISTE 10 (niveau de service : navigation latérale [LNAV])
- RNAV (GNSS) Y PISTE 10 (niveau de service : LPV et LNAV) (annexe D)
- RNAV (GNSS) Z PISTE 28 (niveau de service : LNAV)
- RNAV (GNSS) Y PISTE 28 (niveau de service : LPV et LNAV)
- GRAMP ONE DEP (procédure de départ RNAV pour la piste 10/28)

1.9 Communications

Il n'y a pas eu, que l'on sache, de problème de communication entre les membres d'équipage de conduite et le contrôle de la circulation aérienne.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

CDT9 a 1 piste en gravier (piste 10/28) qui mesure 5002 pieds de longueur et 148 pieds de largeur et se trouve à une altitude de 953 pieds ASL. La piste est pourvue d'un balisage lumineux d'aérodrome télécommandé (ARCAL)¹⁵ de type K, des feux de bord de piste à haute intensité et un système indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI)¹⁶ P2 aux deux extrémités.

Il y a un habitat faunique sensible au bruit près de la piste.

L'enquête a permis de déterminer que l'état de la piste n'a pas été un facteur dans l'événement à l'étude.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef était doté d'un FDR à semi-conducteurs L3 Fairchild, modèle F1000, qui contenait environ 113 heures de données de vol, y compris le vol à l'étude. Les données du FDR ont pu être téléchargées avec succès au Laboratoire d'ingénierie du BST.

¹⁵ La page A67 du *Supplément de vol — Canada* en vigueur du 26 décembre 2024 au 20 février 2025, Section générale de NAV CANADA décrit l'utilisation de l'éclairage ARCAL de type K : les pilotes peuvent allumer durant environ 15 minutes tous les feux de l'aérodrome à partir des airs. Pour ce faire, les pilotes doivent d'abord appuyer 7 fois sur le microphone de l'aéronef afin de régler tous les feux à leur intensité maximale. Les pilotes peuvent ensuite ajuster l'intensité des feux en appuyant sur le bouton du microphone 7, 5 ou 3 fois en 5 secondes pour sélectionner respectivement le niveau élevé, moyen ou faible.

¹⁶ La page A71 du même document précise qu'un indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) P2 se prête aux aéronefs dont la hauteur entre les yeux et les roues est de 25 pieds ou moins.

L'aéronef disposait également d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) qui avait une capacité d'enregistrement de 120 minutes; les données qui y étaient stockées comprenaient celles du vol à l'étude. Les données du CVR ont été téléchargées avec succès au laboratoire du BST et comprenaient des enregistrements audio de bonne qualité du vol à l'étude.

Le FDR et le CVR ont tous deux cessé leurs enregistrements au moment de l'impact avec la piste.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef s'est déporté latéralement vers le côté sud de la piste et a glissé au bas d'un remblai contenant des roches détachées.

La première marque d'impact visible sur la piste en gravier se trouvait à 307 m (1007 pieds) du seuil de la piste 10 et à 5 m (15 pieds) à droite de l'axe de piste (figure 8).

Les marques laissées par les hélices gauche et droite, situées à environ 60 m (197 pieds) au-delà des marques d'impact initiales, étaient constituées de fibres de bois et d'éclats de bois qui recouvraient une grande partie de la piste en gravier.

Figure 8. Aéronef à l'étude immobilisé suite à l'impact avec la piste (Source : BST)



Divers composants des trains d'atterrissage principaux gauche et droit ainsi que des débris du circuit d'orientation du train d'atterrissage avant ont aussi été retrouvés sur la piste. Le cône avant, le train d'atterrissage principal droit et les feux de bord de piste endommagés se trouvaient à moins de 60 m (197 pieds) de la position finale de l'aéronef à l'étude.

La zone pressurisée du fuselage de l'aéronef à l'étude a été perforée à plusieurs endroits en raison des dommages causés par l'impact avec les roches détachées.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance de l'équipage de conduite, y compris la fatigue.

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

Lorsque l'aéronef s'est immobilisé, les deux moteurs tournaient toujours et du carburant s'écoulait de l'aéronef. Bien qu'aucun incendie ne se soit déclaré, la fuite de carburant en présence des moteurs en marche présentait un risque important d'incendie.

Avant d'attendre les instructions de l'équipage de conduite, certains passagers ont commencé à sortir de l'aéronef par les issues d'évacuation sur l'aile. Lorsque le premier officier a ouvert la porte principale de la cabine, il s'est rendu compte que les moteurs fonctionnaient toujours. Il est alors retourné dans le poste de pilotage et a appuyé sur les boutons de marche/arrêt des moteurs pour arrêter les moteurs.

Plusieurs minutes après l'accident, le personnel au sol de l'aérodrome est intervenu, et, environ 10 minutes plus tard, les pompiers volontaires d'Agnico Eagle Mines Limited sont également intervenus, tout comme le personnel médical.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP127/2023 – FDR Recovery, Flight Reconstruction and Engine BETA Analysis [Récupération des données du FDR, reconstitution du vol et analyse du mode BETA du moteur]
- LP128/2023 – CVR Data Recovery [Récupération des données du CVR]
- LP129/2023 – NVM [non-volatile memory] Recovery – GPS [global positioning system] [Récupération de la NVM [mémoire non volatile] – GPS [système de positionnement mondial]]
- LP143/2023 – ELT Analysis [Analyse de l'ELT]
- LP006/2024 – Cabin Pressurization Components Examination [Examen des composants de pressurisation cabine]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Généralités

Perimeter Aviation est un exploitant aérien régional qui offre des services de vols réguliers, d'affrètement et d'ambulance aérienne dans des localités éloignées du Manitoba et du nord de l'Ontario, en vertu des sous-parties 703 (Exploitation d'un taxi aérien), 704 (Exploitation d'un service aérien de navette) et 705 (Exploitation d'une entreprise de transport aérien) du RAC. Le vol à l'étude était effectué en vertu de la sous-partie 703.

Perimeter Aviation appartient à Exchange Income Corporation, qui a acquis Bearskin Airlines en 2018. Bien que Bearskin Airlines ne soit plus une personne morale, Exchange Income Corporation a choisi de conserver la marque Bearskin Airlines au sein de la nouvelle entreprise de transport aérien agrandie (Perimeter Aviation).

Le siège social de Perimeter Aviation se trouve à l'aéroport international Winnipeg/James Armstrong Richardson (CYWG) (Manitoba). L'opération est divisée en 2 groupes : est et ouest.

Le groupe de l'est compte 3 sous-bases :

- Aéroport de Sioux Lookout (CYXL)
- Aéroport de Thunder Bay (CYQT)
- Aéroport de Timmins (Victor M. Power) (CYTS)

Le groupe de l'ouest comprend le siège social et 1 sous-base, située à l'aéroport Thompson (CYTH) (Manitoba).

Perimeter Aviation exploite une flotte de 43 aéronefs, composée d'aéronefs DHC-8 (Dash 8) et Metro 23 (y compris des modèles CC et des DC).

1.17.2 Supervision

La plupart des membres de l'équipe de gestion des opérations aériennes sont situés à Winnipeg. Les pilotes sont supervisés par le chef pilote et 2 chefs pilotes adjoints (1 pour le groupe de l'est et 1 pour le groupe de l'ouest). Le chef pilote relève du gestionnaire des opérations. Les pilotes du Metro 23 relèvent du chef pilote adjoint au sein de leur groupe respectif.

1.17.3 Formation des équipages de conduite

Les exigences au niveau de la formation des équipages de conduite sont prescrites dans les articles 703.98 et 704.115 du RAC et dans les articles 723.98 et 724.115 des *Normes de service aérien commercial* (NSAC).

Chez Perimeter Aviation, un système de gestion de l'apprentissage est en place pour la formation des équipages de conduite, comprenant une combinaison d'apprentissage en ligne, d'apprentissage en classe et de formation pratique.

Les consignes et le programme de formation destinés aux pilotes des aéronefs Metro 23 sont fournis dans le *Flight Crew Training Manual (FCTM)*¹⁷. Ce manuel présente des programmes de formation génériques destinés aux pilotes, y compris des programmes de formation génériques pour les aéronefs Metro 23 et Merlin¹⁸, ainsi que des programmes plus spécifiques pour divers types d'aéronefs.

Le programme de formation générique sur les aéronefs Metro 23 et Merlin comprend la navigation de surface, les opérations sur gravier (uniquement pour les commandants de bord), l'entretien et les manœuvres au sol, les procédures d'urgence et l'entraînement en ligne (initial et de transition).

Le programme de formation sur l'aéronef Metro 3 et le programme de formation sur les différences du Metro 23 comprennent les travaux élémentaires, la formation au pilotage, les minimums de décollage avec une portée visuelle de piste (PVP) déclarée de 1200 pieds, la formation technique au sol (initiale et périodique) et les formulaires de formation.

Le programme de formation au pilotage utilise une combinaison de dispositifs d'entraînement au vol (DEV) et de formation sur aéronef. Afin de concevoir les leçons pour la formation utilisant des DEV, on intègre un scénario de formation au pilotage de type vol de ligne tiré de la base de données du système de gestion de la sécurité (SGS) de l'exploitant.

Un simulateur de procédures de pilotage est également utilisé si aucun DEV n'est disponible.

Il existe toute une série d'exercices de formation à effectuer en se basant sur les procédures d'exploitation normalisées (SOP) de la compagnie. Ces exercices incluent les procédures et les listes de vérifications pour les opérations normales, anormales et d'urgence.

La formation technique au sol offre une formation propre au Metro 3 et comprend un aperçu des différences entre les systèmes des Metro 3 et des Metro 23 en ce qui concerne les procédures en situation normale, anormale et d'urgence.

1.17.3.1 Opérations sur les pistes en gravier

L'article 704.51 du RAC stipule ce qui suit sur les décollages et atterrissages sur les pistes en gravier :

- (1) Il est interdit à l'exploitant aérien d'autoriser un vol à partir ou à destination d'une piste en gravier à moins que le manuel d'exploitation de la compagnie ne prévoie des procédures visant le décollage et l'atterrissage sur de telles pistes.
- (2) Il est interdit à toute personne d'effectuer le décollage ou l'atterrissage d'un avion sur une piste en gravier, à moins que la personne :
 - a) n'ait reçu de la formation au sol qui comprend les caractéristiques des surfaces de décollage et d'atterrissage, l'exécution d'évaluations d'obstacles et

¹⁷ Perimeter Aviation LP, *Flight Crew Training Manual (FCTM)*, révision 6 (1^{er} décembre 2021).

¹⁸ Les aéronefs Merlin ont d'abord été construits par Swearingen, puis par Fairchild Aircraft. Le Merlin est le prédécesseur du Metro.

- les procédures de l'exploitant aérien visant le décollage et l'atterrissage sur une piste en gravier;
- b) n'ait effectué, dans les deux années précédentes, à bord d'un avion du même type que celui qui sera utilisé, au moins un décollage et un atterrissage sur une piste en gravier;
- c) n'ait reçu du pilote en chef une attestation indiquant qu'elle est compétente pour effectuer des décollages et des atterrissages sur une piste en gravier.¹⁹

La formation sur les opérations sur piste en gravier est décrite dans le FCTM de Perimeter Aviation et dans le manuel d'exploitation de la compagnie, comme requis. La formation ne fait partie que de la formation initiale, et le temps de vol minimal consacré à ce sujet est de 0,3 heure (18 minutes). Pour satisfaire aux exigences du RAC, les pilotes doivent effectuer au moins 1 décollage et 1 atterrissage tous les 2 ans sur une piste en gravier.

L'enquête a permis de déterminer que la formation de Perimeter Aviation met l'accent de manière informelle sur le fait que les pistes en gravier ont tendance à être plus courtes²⁰ que les autres types de pistes, ainsi que sur l'importance de tenir compte de la longueur réduite de la piste pour déterminer si un serrage brusque des freins est nécessaire à l'atterrissage. La formation englobe aussi les caractéristiques des surfaces de décollage et d'atterrissage, y compris la réduction de la performance de freinage et l'augmentation des distances d'accélération-arrêt en cas d'interruption du décollage sur une piste en gravier, compte tenu du freinage brusque et de l'utilisation de l'inversion de poussée, qui peuvent endommager les hélices, les moteurs et le fuselage à cause du gravier et de la poussière. La formation ne comprend pas d'exigence particulière concernant la tenue d'un exposé avant l'atterrissage sur des pistes en gravier.

Dans le cadre de sa formation de perfectionnement, le commandant de bord du vol à l'étude a suivi une formation sur les opérations sur gravier en mars 2023. Il a effectué 4 % de ses atterrissages sur des pistes en gravier pendant qu'il était commandant de bord. Selon les exigences en matière d'expérience des SOP²¹ de Perimeter Aviation, le premier officier n'était pas qualifié pour atterrir sur une piste en gravier.

¹⁹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 704.51.

²⁰ Le BST a examiné la longueur des pistes en gravier de 20 aérodromes au Manitoba et dans le nord de l'Ontario. La longueur moyenne était de 3700 pieds.

²¹ Perimeter Aviation LP, *SA-227 Standard Operating Procedures: Policies and Procedures*, Rév. 17 (21 avril 2023), Section 4.22.1.2: First Officer Experience, p. 120.

1.17.4 Procédures d'exploitation normalisées

Perimeter Aviation exige que tous les membres de l'équipage de conduite connaissent le contenu du manuel des SOP et qu'ils appliquent les politiques et les procédures en conséquence.

Le manuel contient les instructions et les renseignements permettant au personnel d'exercer ses fonctions en toute sécurité, de même que les renseignements sur le RAC et les NSAC.

Le manuel des SOP est destiné à compléter la réglementation existante. De plus, il intègre des pratiques exemplaires de l'industrie qui peuvent compléter et renforcer les exigences de sécurité prévues dans le RAC.

1.17.4.1 Procédures d'exploitation normalisées : phraséologie

L'objectif d'une SOP dans le poste de pilotage est d'appuyer la gestion de la charge de travail, d'améliorer la communication et la gestion des erreurs et d'accroître la conscience de la situation tout en réduisant les distractions. Les SOP prévoient souvent des annonces verbales pour demander qu'une mesure soit prise, puis pour confirmer que cette mesure a bien été prise. Les SOP sont particulièrement utiles durant les étapes critiques de vol (p. ex., pendant une approche). Le préambule des SOP indique que s'il est nécessaire d'effectuer un écart par rapport aux SOP, le commandant de bord doit faire un exposé à l'équipage de conduite sur le changement.

1.17.4.2 Approches surveillées par le pilote

Une approche surveillée par le pilote (PMA) est une procédure qui peut être utilisée pendant une approche aux instruments. Elle permet d'améliorer la conscience de la situation, d'augmenter les marges de sécurité et de réduire la charge de travail, car les tâches de chaque membre de l'équipage de conduite sont définies plus clairement. La décision d'utiliser une PMA pour une approche de précision ou une approche de non-précision dépendra des circonstances où il faut manœuvrer efficacement l'aéronef pour réussir l'atterrissage, surtout dans des conditions de visibilité réduite et de plafond bas.

Une PMA commence par un exposé sur l'approche et une révision des annonces verbales qui sont attendues de la part de chaque membre de l'équipage de conduite. Le premier officier assumera le rôle de pilote aux commandes (PF), et le commandant de bord sera le pilote surveillant (PM), ce qui lui permettra de surveiller l'état et la position de l'aéronef pendant l'approche. Lorsque l'aéronef atteint le point de décision, le commandant de bord décide soit de prendre les commandes de l'aéronef et d'atterrir si la piste est visible et si l'aéronef est en mesure d'atterrir, soit d'effectuer une approche interrompue si ces conditions ne sont pas réunies.

Cette procédure n'est pas utilisée fréquemment chez Perimeter Aviation, et, lorsqu'elle l'est, c'est généralement dans de mauvaises conditions météorologiques (visibilité réduite et plafond nuageux). En conséquence, la charge de travail de l'équipage de conduite peut

augmenter en raison de l'obligation d'utiliser une phraséologie normalisée, d'accroître la surveillance et de fournir un encadrement verbal.

Une analyse des communications de l'équipage de conduite, du début de la 1^{re} approche jusqu'à l'impact de l'aéronef avec la piste (environ 16 minutes et 47 secondes plus tard), a permis de déterminer que l'équipage de conduite avait effectué 243 annonces verbales pendant cette période. Les annonces verbales étaient opérationnelles, utilisaient une phraséologie normalisée et étaient liées à l'approche, à l'approche interrompue et au retour pour la 2^e approche.

1.17.5 Procédures et politiques sur les approches stabilisées

Perimeter Aviation présente des procédures d'approche stabilisée dans ses SOP et dans son manuel d'exploitation de la compagnie, comme le recommande l'Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04 de Transports Canada (TC) :

Une approche est jugée stabilisée si elle satisfait aux conditions connexes qui sont habituellement définies par un exploitant aérien dans le manuel d'exploitation de la compagnie ou les procédures d'utilisation normalisées (SOP). Les conditions en question peuvent être associées :

- à la plage de vitesses propre au type d'aéronef;
- au réglage de puissance propre au type d'aéronef;
- à la plage d'assiettes propre au type d'aéronef;
- aux configurations propres au type d'aéronef;
- aux tolérances quant aux écarts des altitudes de franchissement;
- au taux de descente;
- à l'exécution des listes de vérifications et aux exposés des équipages de conduite.

Les critères d'approche stabilisée devraient être définis pour toutes les approches, et ils devraient préciser :

- que les approches soient stabilisées pas plus bas que 1 000 pieds au-dessus de l'élévation de l'aérodrome (AAE) dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC);
- que toutes les approches soient stabilisées pas plus bas que 500 pieds AAE dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC);
- qu'une annonce soit faite à 1000 pi AAE en IMC ou 500 pi AAE en VMC, à savoir si l'approche est stabilisée ou non;
- que l'approche demeure stabilisée jusqu'à l'atterrissage;
- que si une approche n'est pas stabilisée conformément aux présentes exigences ou qu'elle est déstabilisée par la suite, une remise des gaz est nécessaire.²²

²² Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04 : Approche stabilisée, numéro d'édition 02 (5 août 2019), p. 2 à 3.

L'ASAC recommande à tous les titulaires de certificat d'inclure une annonce d'une approche « stable » ou « non stable » dans des circonstances précises à un point de décision à une altitude déterminée (p. ex. à 1000 pieds en IMC ou à 500 pieds en VMC). Les politiques de remise des gaz non punitives sont également encouragées. Certains exploitants utilisent un point « devrait » avant l'éventuelle entrée d'approche finale plus stricte, où l'aéronef doit répondre à tous les critères précisés dans les SOP. Les équipages de conduite effectuent une vérification préliminaire au point « devrait » et ont la possibilité de corriger tout paramètre qui dépasse les critères, tandis que, lorsqu'ils atteignent le point « doit », ils doivent effectuer une remise des gaz si les critères sont dépassés.

L'examen des dossiers de formation des pilotes a révélé que les deux membres de l'équipage de conduite avaient suivi la formation prévue dans le FCTM de Perimeter Aviation sur l'angle de descente stable et constant. Les SOP présentent des consignes à suivre et précisent les facteurs d'approche stabilisée dans des conditions de règles de vol à vue (VFR) et d'IFR; cependant, il n'existe pas de programme de formation spécifique aux critères et à la prise de conscience de l'approche stabilisée.

1.17.5.1 Critères d'une approche stabilisée

La section 4.20 des SOP de Perimeter Aviation indique qu'une approche stabilisée [traduction] « exige que l'aéronef soit en configuration d'atterrissage et ait atteint la vitesse anémométrique et le taux de descente appropriés à 500 pieds AGL. Les procédures d'approche doivent être normalisées et adaptées aux conditions existantes.²³ » Les SOP indiquent également [traduction] :

À noter : [gras dans l'original] Tout écart par rapport aux critères suivants doit entraîner une approche interrompue et la présentation d'un rapport du SGS dans les 24 heures à des fins de suivi statistique.

Arrivée VFR : [gras dans l'original] L'aéronef doit être en configuration d'atterrissage et à une vitesse anémométrique cible de 140 kt [nœuds]. Au plus tard à 1000 AGL.

Arrivée IFR : [gras dans l'original] L'aéronef doit être en configuration d'atterrissage et à une vitesse anémométrique cible de 140 kt [nœuds] au plus tard à 1000 AGL²⁴.

De plus, les SOP énoncent les critères d'approche universellement acceptés utilisés par l'industrie [traduction] :

²³ Perimeter Aviation LP, *SA-227 Standard Operating Procedures: Policies and Procedures*, rév. 17 (21 avril 2023), section 4.20 : Stabilized Approach Factors, p. 117.

²⁴ Ibid.

- L'aéronef se trouve sur la bonne trajectoire de vol. Exemple : la descente doit se faire sur l'alignement de descente (ou PAPI/VASI [indicateur visuel de pente d'approche]/FPA [angle de trajectoire de vol]) jusqu'au toucher des roues.
- Seules des rectifications mineures au cap ou au tangage sont nécessaires pour maintenir la bonne trajectoire de vol
- Vitesse d'approche finale : maintenir normalement 140 nœuds, puis réduire graduellement pour atteindre la VREF au toucher des roues;
- L'aéronef présente la bonne configuration d'atterrissage
- Le taux de descente n'est pas supérieur à 1000 pi/min; si une approche exige un taux de descente supérieur à 1000 pi/min, un exposé verbal spécial devrait être donné.
- Le réglage de puissance de l'aéronef est approprié en fonction de sa configuration et ne se trouve pas en deçà de la puissance minimale d'approche définie dans le manuel d'exploitation.
- Volets d'approche : ½ ou pleins volets selon la distance d'atterrissage disponible, **¼ de volets pour un moteur inopérant** [gras dans l'original];
- Volets d'atterrissage : pleins pour un atterrissage normal avec 2 moteurs, **¼, ½ de volets ou pleins volets pour un moteur inopérant, selon la distance d'atterrissage disponible** [gras dans l'original].²⁵

1.17.5.2 Critères d'approche non stabilisée dans des conditions météorologiques de vol aux instruments

La section 4.21 des SOP de Perimeter Aviation fournit les instructions suivantes concernant les approches non stabilisées [traduction] :

- Lorsqu'une approche se détériore au point d'atteindre les critères applicables décrits dans cette section pendant une opération normale, les équipages doivent amorcer une remise des gaz.
- L'un ou l'autre des pilotes doit annoncer « **Go-around** » [**Remise des gaz**] [gras dans l'original] dès qu'il constate des critères d'instabilité et ne doit pas être contredit par l'autre pilote²⁶.

De plus, la section 4.21.2 des SOP de Perimeter Aviation fournit les consignes suivantes concernant les critères d'approche non stabilisée dans des IMC [traduction] :

²⁵ Ibid, p. 117 et 118.

²⁶ Ibid., section 4.21 : Unstable Approach, p. 118.

- Au-delà du FAF [repère d'approche finale], (ou, en l'absence de FAF, en interceptant la trajectoire d'approche finale) :
 - L'aéronef ne parvient pas à rester en position normale pour l'atterrissage, ce qui nécessite d'importants changements de cap ou de tangage pour retrouver la bonne trajectoire de vol;
 - L'aéronef n'est pas configuré avec le train d'atterrissage sorti, et les volets au moins $\frac{1}{2}$;
 - Le réglage de puissance ne convient pas aux conditions;
 - La vitesse anémométrique chute à moins de 130 nœuds avant que l'atterrissage ne soit assuré;
 - Le taux de descente est plus que 1000 pi/min;
 - Les écarts de trajectoire atteignent la déviation maximale ou 10° .²⁷

1.17.6 Approches non standards : Aéroport de Detour Lake

Agnico Eagle Mines Limited avait demandé à un entrepreneur indépendant de concevoir les approches RNAV, qui ont été approuvées par TC et publiées dans le *Canada Air Pilot* (CAP4) en février 2023.

La conception de l'approche permet d'utiliser la navigation RNAV/GNSS avec les approches LNAV et LPV.

L'approche RNAV (GNSS) Y PISTE 10 (annexe D) était considérée comme une approche non standard par Perimeter Aviation par rapport aux approches standards en forme de « T » prévoyant une trajectoire de rapprochement droite vers la piste. L'approche a été conçue en 3 segments afin d'éviter une zone sensible au bruit (faune) près de l'aéroport.

Le segment menant au point de cheminement d'approche finale (FAWP) est décalé de 18° par rapport au cap de piste de 103° . Après avoir franchi le FAWP, l'aéronef vire de 15° vers la droite, et l'approche avec le niveau de service pour LPV fournit un guidage vertical ou une trajectoire de descente²⁸ de $3,6^\circ$ jusqu'à une hauteur de 250 pieds AGL (1203 pieds ASL).

1.17.7 Système de gestion de la sécurité

Les exploitants aériens peuvent détenir des certificats d'exploitation aérienne pour plusieurs sous-parties du RAC. Même si un SGS n'est pas requis pour toutes les sous-parties, les exploitants aériens qui sont tenus d'avoir un SGS pour une partie de leurs opérations sont encouragés par TC à faire en sorte que toutes les parties de leurs opérations soient conformes à leur SGS.

Perimeter Aviation dispose d'un SGS approuvé par TC conformément à l'article 705.151 du RAC pour ses opérations aériennes et à l'article 573.02 du RAC pour son organisme de

²⁷ Ibid., section 4.21.2 : Unstable Approach Criteria in IMC, p. 118.

²⁸ La trajectoire de descente standard est de 3° .

maintenance agréé (OMA). Les renseignements relatifs au SGS sont distribués aux employés sous forme électronique et imprimée.

La base de données du SGS de Perimeter Aviation est gérée par le gestionnaire du SGS. La base de données sert à identifier les renseignements relatifs au SGS, à les classer, à les évaluer et à les distribuer aux parties concernées.

Perimeter Aviation offre à tous les employés une formation initiale sur le SGS lors de leur embauche et, par la suite, une formation périodique tous les 3 ans. Cette formation est constituée d'un cours en ligne et d'un examen.

Le manuel du SGS de Perimeter Aviation comprend une politique d'évaluation des risques qui consiste à analyser et à évaluer tous les dangers en fonction de critères établis qui sont décrits dans son guide d'évaluation des risques. Lorsqu'il n'existe aucun danger potentiel ou connu, l'évaluation globale est classifiée comme opérationnelle.

Lorsqu'une évaluation est en cours, le gestionnaire concerné est chargé de fournir un rapport au gestionnaire du SGS.

1.17.7.1 Surveillance de la sécurité et gestion des risques

Le manuel du SGS de Perimeter Aviation fournit une vue d'ensemble de la gestion des risques et des consignes sur celle-ci, établissant un processus organisé à suivre pour analyser les changements opérationnels actuels et futurs ainsi que leur incidence sur la sécurité. L'identification des dangers fait partie de ce processus, permettant d'atténuer les risques.

La section 4.4 du manuel du SGS fournit des renseignements sur l'identification des dangers exposés dans une série de rapports de la compagnie. Ces rapports portent sur la sécurité, la santé et sécurité au travail et les enjeux opérationnels.

Les dangers potentiels sont identifiés dans un registre et classés dans la base de données du SGS, qui fournit également un profil de risque individuel pour faciliter l'évaluation.

1.17.8 Chronologie des changements opérationnels à l'aérodrome de Detour Lake

En août 2021, à l'aide du processus établi par le SGS, Perimeter Aviation a entrepris l'examen d'un enjeu lié à la qualité²⁹ à la suite d'un changement opérationnel prévu qui consistait à établir une sous-base à CYTS pour soutenir l'exploitation de vols d'affrètement. Les vols d'affrètement comprendraient des vols vers CDT9.

Les besoins en personnel et en équipement ont été examinés, ainsi que les dangers potentiels. Compte tenu du guide d'évaluation des risques de la compagnie, le risque général associé aux vols vers CDT9 a été classifié comme étant faible et considéré comme acceptable sans autre mesure à prendre.

²⁹ Perimeter Aviation LP, Quality Issue: Establish Timmins, Ontario base infrastructure in support of Scheduled Charter DHC 8 flight and maintenance operations utilizing two (2) aircraft (créé le 3 août 2021; clôturé le 29 mars 2022).

L'examen a été principalement axé sur la planification logistique des opérations aériennes, la maintenance, le soutien au sol et le contrôle opérationnel, et il comprenait une évaluation de l'aérodrome lui-même. L'examen a révélé que la sous-base proposée risquait d'entacher la réputation de la compagnie si les problèmes logistiques n'étaient pas réglés.

Un contrat entre Agnico Eagle Mines Limited et Perimeter Aviation a été conclu en mars 2022. Le Dash 8 était le seul type d'aéronef à être utilisé pour le vol nolisé hebdomadaire vers CDT9, avec des restrictions liées aux conditions météorologiques (plafonds), car il n'existait alors aucune approche aux instruments approuvée ou publiée pour cet aérodrome.

En cas d'urgence, des autocars seraient utilisés pour transporter les passagers de CYTS à la mine les jours où des restrictions météorologiques étaient en vigueur à CDT9.

En février 2023, des approches IFR ont été publiées pour CDT9. Lorsque les approches ont été approuvées, Perimeter Aviation a reconnu que, bien qu'elles restaient dans les limites d'approches IFR acceptables, elles contenaient des caractéristiques inhabituelles pour ses équipages de conduite.

La haute direction de Perimeter Aviation a demandé de manière informelle aux pilotes du Dash 8 s'ils s'attendaient à ce que ces nouvelles approches IFR présentent des problèmes. Les pilotes du Dash 8 n'ont exprimé aucune préoccupation; toutefois, ils pilotaient des aéronefs dotés de fonctions d'automatisation, telles que le pilote automatique et le VNAV en route, qui facilitaient la gestion de certains aspects plus difficiles des approches IFR.

En mars 2023, la société minière a demandé à Perimeter Aviation d'exploiter un vol régulier supplémentaire pour 7 à 9 passagers entre CYYZ et CDT9, avec des escales en cours de route. Perimeter Aviation a accédé à cette demande en utilisant ses aéronefs Metro 23.

Les aéronefs Metro 23 utilisés pour ces vols nolisés n'étaient pas équipés de fonctions d'automatisation telles que le pilote automatique ou le VNAV en route pour aider les équipages de conduite et réduire leur charge de travail. De plus, étant donné que Perimeter Aviation considérait le pilotage des Metro 23 comme un poste de débutant, ses équipages de conduite de Metro 23 avaient souvent moins d'expérience. En général, l'objectif des pilotes nouvellement embauchés était d'acquérir suffisamment d'expérience et d'ancienneté pour finir par piloter le plus grand aéronef Dash 8.

En mai 2023, peu après le changement opérationnel à CDT9, un pilote expérimenté de Bearskin Airlines a piloté un aéronef Metro 23 vers l'aérodrome au cours d'un vol IFR régulier. Le pilote a rencontré des conditions IMC à son arrivée et a ensuite effectué une approche interrompue en raison des conditions et des caractéristiques d'approche. Il a atterri avec succès à sa 2^e tentative.

Le pilote a estimé que ce résultat n'était pas inattendu lorsque l'on effectue une approche non standard pour la première fois et dans des conditions météorologiques difficiles, et que la mesure d'atténuation prévue, la remise des gaz, était appropriée. Il n'a donc pas communiqué de renseignements à l'équipe des opérations de la compagnie sur les difficultés connues pendant ce vol, et il n'était pas tenu de le faire.

1.17.9 Expérience des membres des équipages de conduite

Ces dernières années, la pénurie de pilotes a été signalée comme un problème important par les exploitants aériens de l'ensemble de l'industrie de l'aviation. Cette pénurie a une incidence considérable sur la capacité des exploitants aériens à satisfaire leurs exigences opérationnelles^{30,31,32}, ce qui les oblige à augmenter leur exposition au risque en se fiant davantage à des pilotes inexpérimentés pour assurer leur viabilité commerciale. En plus, la disponibilité de personnel qualifié a été identifiée comme un thème de sécurité dans le Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien (SII) A15H0001 du BST³³.

En 2017, Perimeter Aviation a commencé à remarquer une augmentation dans le nombre de premiers officiers qui quittaient la compagnie avant de devenir commandants de bord, par rapport au taux d'attrition historique de la compagnie.

À la suite de la pandémie mondiale de COVID-19, la compagnie a constaté une augmentation du nombre de pilotes qui échouaient à leur formation initiale et qui éprouvaient des difficultés avec leur formation périodique. Elle a également remarqué que certains de ses pilotes présentaient des lacunes dans les compétences et les connaissances de base en matière de discipline aéronautique, lesquelles sont normalement acquises pendant la formation menant à l'obtention d'une licence de pilote professionnel.

À la suite d'un impact de la partie arrière du fuselage à l'atterrissage, qui s'est produit le 19 octobre 2022 à l'aéroport de Sandy Lake³⁴ et qui concernait un équipage de Perimeter Aviation pilotant un aéronef Dash 8, l'enquête du BST a révélé que l'inexpérience de l'équipage avait été un facteur dans l'incident.

Cet exemple montre que l'inexpérience de l'équipage de conduite ne se limite pas aux pilotes effectuant des vols commerciaux et comptant un nombre d'heures de vol relativement limité. Elle peut également représenter des pilotes comptant un nombre

³⁰ CBC News, « National pilot shortage poses challenge for small northern airline » (17 septembre 2023), à l'adresse <https://www.cbc.ca/news/canada/sudbury/pilot-shortage-northern-ontario-1.6966469> (dernière consultation le 5 juin 2026).

³¹ CTV News, « Attracting, retaining pilots an ongoing issue in Canada: industry analysts » (6 février 2023), à l'adresse <https://www.ctvnews.ca/business/article/attracting-retaining-pilots-an-ongoing-issue-in-canada-industry-analysts/> (dernière consultation le 5 juin 2026).

³² L. Gordon, « "Enough is enough": Canadian pilots weigh in on the shortage, wages, and FDT regulations » (31 mai 2023), à l'adresse <https://skiesmag.com/news/canadian-pilots-think-shortage-fdt-regulations/#:~:text=Media-%E2%80%99Enough%20is%20enough%E2%80%99Enough%20is%20enough'%3A%20Canadian%20pilots%20weigh%20in%20on%20ee,shortage%2C%20wages%2C%20and%20FDT%20regulations&text=For%20too%20long%2C%20ee%20Canadian,and%20smell%20ee%20Jet%2DA> (dernière consultation le 5 juin 2026).

³³ Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien (SII) A15H0001 du BST, *Améliorer la sécurité : Réduire les risques liés aux activités de taxi aérien au Canada* (7 novembre 2019), à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/rapports-reports/aviation/etudes-studies/a15h0001/a15h0001.html> (dernière consultation le 5 juin 2026).

³⁴ Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22C0093 du BST.

d'heures de vol plus élevé qui sont recrutés dans d'autres secteurs de l'industrie de l'aviation, mais qui manquent d'expérience dans leur nouvelle fonction, comme c'était le cas pour l'équipage de conduite dans cet événement-là.

Dans l'événement à l'étude, les membres de l'équipage de conduite possédaient une expérience relativement limitée dans leurs rôles respectifs de commandant de bord et de premier officier, comme le démontrent leurs heures de vol sur ce type d'aéronef et le fait qu'il s'agissait de leur premier emploi de pilotage dans le cadre d'une opération commerciale.

De plus, le commandant de bord n'avait pas volé dans des conditions météorologiques proches des minimums depuis plusieurs mois et n'avait effectué que 2 vols vers CDT9 auparavant. Lors de ces deux vols, les conditions météorologiques étaient favorables et le commandant de bord avait pu effectuer une approche VFR, ce qui signifie qu'il n'avait pas été exposé à l'approche IFR et à ses caractéristiques non standards. Le premier officier s'était rendu à CDT9 une fois auparavant. Les conditions météorologiques à ce moment étaient aussi favorables à un vol VFR.

De plus, l'équipage de conduite possédait une expérience limitée des atterrissages sur une piste en gravier.

En général, les principales mesures d'atténuation mises en œuvre par les exploitants aériens, y compris Perimeter Aviation, pour gérer la pénurie de pilotes qualifiés consistent en de nouvelles approches en matière de formation et de renforcement des compétences, ainsi qu'en l'élaboration de SOP plus claires et moins ambiguës. Il est difficile de mesurer l'efficacité de ces mesures d'atténuation pour réduire le risque lié à l'inexpérience de l'équipage de conduite.

TC est conscient du problème lié à l'inexpérience des équipages de conduite. Toutefois, comme c'est le cas pour les exploitants aériens, TC constate que ce problème est difficile à quantifier et à suivre en raison de sa nature à multiples facettes et du manque de données claires permettant de mesurer objectivement son incidence sur les opérations aériennes.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Surveillance réglementaire

TC a mené une inspection réactive³⁵ 3 jours après le jour du vol à l'étude. Les membres de l'équipage de conduite ont été interviewés, et les manuels et publications de la compagnie, les dossiers de formation, et les heures de service de vol ont été examinés. L'inspection a permis de déterminer que Perimeter Aviation se conformait à la réglementation en vigueur, et aucun problème n'a été signalé.

³⁵ La section 6.3 : Surveillance réactive du document Instruction visant le personnel (IP) SUR-001 : Procédures de surveillance, édition 09 (4 août 2020) de Transports Canada stipule qu'une inspection réactive est un outil que l'organisme de réglementation peut utiliser pour identifier et obtenir des renseignements à la suite d'un événement ou pour d'autres raisons.

1.18.2 Questions relatives aux facteurs humains

1.18.2.1 Charge de travail

La charge de travail décrit les exigences associées à une ou plusieurs tâches à accomplir, compte tenu des ressources mentales limitées de la personne moyenne³⁶.

Lorsque la charge de travail est faible à modérée et que les ressources mentales disponibles sont importantes, la performance humaine a tendance à rester élevée; toutefois, lorsque la charge de travail est élevée et que les exigences de la ou des tâches dépassent les ressources mentales limitées d'une personne, la performance commence à diminuer.

Une charge de travail élevée se produit lorsqu'une personne tente de gérer trop de tâches à la fois, ou si une seule tâche devient si difficile que la performance de la personne commence à diminuer en conséquence, que ce soit pour cette tâche ou pour des tâches secondaires³⁷.

Une augmentation de la charge de travail peut être causée par divers facteurs, comme le niveau d'expérience d'une personne. Par exemple, les débutants déclarent généralement avoir une charge de travail plus élevée que les experts lorsqu'ils effectuent la même tâche.³⁸

1.18.2.2 Attente quant au choix de la mesure à prendre

Divers facteurs influencent le temps de réaction d'une personne. L'un de ces facteurs est lié à notre attente quant au stimulus déclencheur. Dans la plupart des situations de stimulus-réponse, notre attente nous aide à nous préparer à réagir rapidement une fois que le stimulus a été perçu³⁹. Cela est important pour garantir une réponse aussi rapide que possible, en particulier dans les situations où le facteur temps est critique. Plus on attend longtemps un stimulus dont l'arrivée est connue, plus l'anticipation sera grande en se préparant à réagir au moment voulu.

Cette anticipation présente toutefois un inconvénient, car elle peut faire en sorte que la réaction souhaitée soit activée trop tôt par inadvertance.

Le faux départ d'un sprinteur en est un exemple. Lorsque les sprinteurs attendent le coup de feu, ils anticipent le son du coup de feu. Ils développent donc une grande attente à l'égard de ce signal, car ils veulent commencer la course le plus rapidement possible.

³⁶ S. Loft, P. Sanderson, A. Neal et al., « Modeling and Predicting Mental Workload in En Route Air Traffic Control: Critical Review and Broader Implications », dans *Human Factors*, vol. 49, n° 3 (juin 2007), p. 376 à 399.

³⁷ C. D. Wickens, W. S. Helton, J. G. Hollands et al., *Engineering Psychology and Human Performance* (2022), p. 477 à 479.

³⁸ O. Tolvanen, A.P. Elomaa, M. Itkonen, et al., « Eye-Tracking Indicators of Workload in Surgery: A Systematic Review », dans *Journal of Investigative Surgery*, vol. 35, numéro 6 (17 janvier 2022), p. 1340.

³⁹ C. D. Wickens, W. S. Helton, J. G. Hollands et al., *Engineering Psychology and Human Performance* (2022), p. 392.

Cependant, il arrive parfois que les sprinteurs commencent leur course trop tôt, ce qui entraîne un faux départ. Une telle situation se produit lorsque les sprinteurs sont incapables de retenir leur réaction au stimulus; ces derniers activent leur réaction par inadvertance avant d'entendre le coup de feu.

1.18.2.3 Rendement fondé sur les compétences

Il existe 3 façons générales de classer la performance humaine du point de vue du traitement de l'information : la performance fondée sur les habiletés, la performance fondée sur les règles et la performance fondée sur les connaissances.⁴⁰ La performance fondée sur les habiletés est observée dans des situations familières et des tâches qui nécessitent très peu d'attention pour être effectuées.

En général, ces tâches sont relativement routinières, prévisibles et effectuées souvent. Taper au clavier ou transcrire des renseignements d'un document de référence à une instruction écrite peut entrer dans ce niveau de performance. Ce niveau de performance n'est pas choisi; il est déjà ou devient un automatisme.

L'avantage de la performance fondée sur les habiletés est qu'elle peut être exécutée très rapidement et nécessite relativement peu d'attention en comparaison à d'autres types de performance. Ceci permet de libérer des ressources de traitement de l'information qui peuvent être appliquées à autre chose. Cependant, dans un environnement où la charge de travail est élevée et où les ressources d'attention peuvent être sollicitées, cette performance automatique est vulnérable aux manquements et oublis.

1.18.2.4 Transfert négatif de la formation

Le transfert de formation est défini comme suit : [traduction] « ce qui est appris dans un ensemble de circonstances peut être utilisé ou appliqué à une autre situation⁴¹ ». Ce phénomène n'a toutefois pas toujours un effet positif. Le transfert peut être neutre (sans effet) ou négatif.

Le transfert négatif désigne [traduction] « deux situations qui présentent des éléments stimulants similaires (ou identiques), mais des composants stratégiques ou des réactions *différentes* [...] »⁴². Le transfert négatif constitue un risque, car la formation peut conduire à des décisions ou à des actions opérationnelles erronées ou inappropriées.

⁴⁰ J. Rasmussen, « Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models », dans IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-13, no 3, (mai/juin 1983), p. 257 à 266.

⁴¹ E. Seedhouse, A. Brickhouse, K. Szathmary et al., *Human Factors in Air Transport: Understanding Behavior and Performance in Aviation* (2020), p. 137.

⁴² C. D. Wickens, W. S. Helton, J. G. Hollands et al., *Engineering Psychology and Human Performance* (2022), p. 302.

1.18.2.5 Tendance à s'en tenir au plan

La tendance à s'en tenir au plan se décrit comme la tendance des gens à poursuivre leur plan d'action initial même quand les circonstances changent et requièrent l'adoption d'un nouveau plan.^{43,44,45} Une fois qu'un plan a été établi et qu'on s'y est engagé, il devient plus difficile de reconnaître dans l'environnement des indices ou des conditions indiquant qu'un changement est nécessaire qu'il ne le serait si un plan n'avait pas déjà été établi.

Pour qu'une personne reconnaisse qu'un changement de plan s'impose et réagisse à temps (p. ex., un pilote qui constate la nécessité de dérouter vers un autre site d'atterrissage), elle doit percevoir des conditions comme étant suffisamment importantes pour qu'elle agisse immédiatement.

Les facteurs contextuels du moment sont déterminants dans la décision de poursuivre le plan ou de l'abandonner pour adopter une autre option. L'ordre dans lequel nous parvenons les indices sur la situation en développement, et leur influence relative, sont 2 aspects clés.⁴⁶ Les indices situationnels et les conditions se détériorent souvent de façon graduelle et ambiguë, pas rapidement et clairement.

Avec cette détérioration progressive des conditions, il existe presque toujours des indices initiaux manifestes qui suggèrent que la situation est maîtrisée et peut être maintenue sans que le risque augmente.⁴⁷ Cela renforce la tendance des gens à s'en tenir au plan. Souvent, les conséquences de l'abandon d'un plan sont sérieuses (p. ex., un déroutement, une approche interrompue) et une personne a besoin de preuves solides pour y apporter des changements.

Lorsqu'un objectif est sur le point d'être atteint (p. ex., lorsqu'on s'approche de la destination), la recherche démontre qu'il peut y avoir une tendance naturelle à minimiser l'importance des risques pour se concentrer sur l'atteinte de l'objectif (c.-à-d., arriver à destination).⁴⁸

La performance humaine est axée sur les objectifs, ce qui est souvent un aspect très positif. Cependant, par exemple, la combinaison d'une sous-estimation des risques et d'un souci de réalisation des objectifs peut contribuer à ce que les pilotes aient tendance à poursuivre un vol dans des conditions marginales, surtout si les conséquences du choix de l'autre solution sont graves (p. ex., causer des retards à la clientèle).

⁴³ B. A. Berman et R. K. Dismukes, « Pressing the Approach », dans *Aviation Safety World*, volume 1, numéro 6 (décembre 2006), p. 28.

⁴⁴ S. Dekker, *Safety Differently: Human Factors for a New Era*, 2^e édition (CRC Press, 2014), p. 75.

⁴⁵ J. Orasanu et L. Martin, « Errors in Aviation Decision Making: A factor in Accidents and Incidents », article présenté lors de HESSD 98, Working Conference on Human Error, Safety and Systems Development, Seattle (Washington) (1998), p. 102.

⁴⁶ S. Dekker, *Safety Differently: Human Factors for a New Era*, 2^e édition (CRC Press, 2014), p. 75.

⁴⁷ Ibid., p. 75 à 76.

⁴⁸ J.M. Orasanu et al., « Errors in Aviation Decision Making: Bad Decisions or Bad Luck? », article présenté lors de la Fourth Conference on Naturalistic Decision Making (mai 1998), p. 8.

Des mesures d'atténuation pour des situations ambiguës et incertaines dans lesquelles les pilotes ont tendance à suivre leurs plans initiaux ont été étudiées. L'une d'entre elles prévoit que la formation sur la gestion des risques devrait apprendre aux pilotes à aller au-delà de leur évaluation initiale des risques de la situation et à rechercher d'autres points de vue, surtout lorsque la conclusion de leur évaluation initiale des risques est de poursuivre le vol.⁴⁹

Une autre mesure d'atténuation dans une telle situation consiste à recadrer l'objectif de la compagnie et du pilote en passant d'une approche par défaut consistant à poursuivre le vol à l'approche contraire, soit arrêter le vol lorsque les conditions sont incertaines et les repères, ambigus. Le but de cette mesure d'atténuation est de faire passer la prise de décision à un processus qui peut évaluer adéquatement, sur le plan de la sécurité, les avantages ou les risques qui sont associés au maintien ou à la modification du plan initial⁵⁰.

Une 3^e stratégie d'atténuation pour les pilotes consiste à examiner l'influence que les normes, les valeurs, les objectifs et le système de récompense de la compagnie ont sur leur propre prise de décision opérationnelle. Cet aspect est important, parce que les pilotes partagent souvent les objectifs de la compagnie et que les opérations normales et quotidiennes comportent souvent des conflits d'objectifs inhérents.⁵¹

1.18.2.6 Expérience et prise de décisions naturaliste

La prise de décision naturaliste est axée sur la façon dont les décisions sont prises dans des contextes réels, dynamiques et sensibles au temps. Cette approche tient compte des limites cognitives humaines et se caractérise par la prise de décisions de manière routinière et non analytique, en comparant les actions en matière de valeur ou d'utilité attendue. Les experts, comme les pilotes, exerçant leurs fonctions dans des environnements sensibles au temps et dynamiques, appliquent des stratégies de prise de décisions naturaliste en fonction de leur expérience, de la tâche et du contexte opérationnel.⁵² L'expérience joue un rôle important pour obtenir des résultats positifs en prenant des décisions dans ce genre de contexte⁵³. Plus précisément, [traduction]

⁴⁹ J. Orasanu, U. Fischer et J. Davison, « Risk Perception and Risk Management in Aviation », dans : Rainer Dietrich et Kateri Jochum (dir.), *Teaming Up: Components of Safety under High Risk* (Routledge, 2004), p. 93 à 116, dans R. Key Dismukes, *Human Error in Aviation*, Critical Essays on Human Factors in Aviation series (2009), p. 270.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Ibid.

⁵² M.R. Lehto et G. Nanda, « Decision-Making Models, Decision Support, and Problem Solving », dans G. Salvendy et W. Karwowski (éds), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 5^e édition (John Wiley & Sons, 2021), p. 176.

⁵³ G. Klein, *Sources of Power: How People Make Decisions* (MIT Press, 1999), p. 147 à 175 et p. 273 à 275.

[g]râce à leur expérience, les experts ont appris à discerner toutes sortes de choses qui sont invisibles pour les autres. Voilà pourquoi ils peuvent évoluer librement dans leur domaine, tandis que les novices doivent cheminer prudemment sur le même terrain⁵⁴.

Cela s'explique principalement par 2 processus clés : l'appariement de formes et la simulation mentale. L'appariement de formes désigne [traduction]

la capacité de l'expert à détecter les caractéristiques typiques et à remarquer les événements qui ne se sont pas produits [mais qui auraient dû se produire] et d'autres anomalies qui sont incompatibles avec la forme. La simulation mentale couvre la capacité à distinguer les événements qui se sont produits précédemment et ceux qui sont susceptibles de se produire à l'avenir.⁵⁵

Les gens qui possèdent une expérience considérable comprennent les objectifs et les priorités, quels indices sont importants et ce à quoi il faut s'attendre ensuite, ainsi que les façons typiques de réagir dans des situations données. Ce type de prise de décision est efficace et exécuté rapidement.

Il est toutefois vulnérable à 3 catégories de problèmes : une expérience inadéquate chez le décideur, des renseignements insuffisants dans la situation en cours et une tendance du décideur à trouver une raison d'écarter un indice ou un élément d'information.⁵⁶ En outre, il a été démontré que les facteurs de stress tels que la pression temporelle, le bruit et l'ambiguïté réduisent les renseignements que les gens peuvent prendre en compte lorsqu'ils prennent des décisions.⁵⁷

Pour acquérir une expertise et devenir un décideur efficace, il faut obtenir une formation et une expérience considérables dans le monde réel.

1.18.2.7 Dérive organisationnelle

Les recherches sur la sécurité des systèmes ont démontré que les accidents surviennent habituellement sous l'effet d'une combinaison de facteurs, qui peuvent comprendre des manquements et oublis de la part de la personne, tout en étant aussi influencés par le comportement organisationnel⁵⁸.

L'un des scénarios organisationnels dans des systèmes complexes est la possibilité de dériver vers la défaillance. Cette dérive se produit lorsque les éléments de ces systèmes complexes interagissent, évoluent et s'adaptent à de nouvelles situations d'une manière qui pousse les opérations à l'intérieur de la marge de sécurité, souvent en raison d'un manque de ressources.

⁵⁴ Ibid., p. 148.

⁵⁵ Ibid., p. 149.

⁵⁶ Ibid., p. 274 à 275.

⁵⁷ Ibid., p. 275 à 276.

⁵⁸ S. Dekker, *Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems* (2011), p. 14 à 22.

Puisque cette dérive est graduelle ou progressive, elle n'est pas facile à repérer. De plus, on a tendance à juger la dérive de la performance organisationnelle en fonction du succès du changement le plus récent et non de son éloignement par rapport à la conception initiale⁵⁹.

1.18.3 Identification des dangers

L'identification des dangers est définie comme [traduction]

[I]l'identification des causes potentielles d'accidents qui ne se sont pas encore produits, afin de les prévenir ou, si cela n'est pas possible ou faisable, de réduire les pertes s'ils se produisent⁶⁰ ».

Traditionnellement, les techniques d'identification des dangers, telles que l'analyse par arbre de défaillances ou l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets, reposent sur un modèle linéaire de causalité des accidents où 1 événement en entraîne un autre, chaque événement dépendant de l'événement précédent jusqu'à ce qu'il aboutisse à un accident.

Cette approche pour déterminer la causalité des accidents s'explique mieux par le concept de décomposition analytique : en décomposant un système plus complexe en ses éléments constitutifs et en analysant chaque élément à part, on finira par comprendre comment ces éléments fonctionneront lorsque le système sera reconstitué⁶¹.

L'hypothèse est que ces composants interagiront de manière directe et connue, tandis que l'examen à part de ces éléments nous permettra de comprendre comment ils fonctionneront dans le contexte du système dans son ensemble.

Bien que cette hypothèse fût peut-être vraie pour les types de systèmes que ces modèles étaient initialement destinés à analyser, les systèmes actuels, tels que les systèmes de transport, sont nettement plus complexes et interconnectés [traduction] :

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ N. G. Leveson, *Shortcomings of the Bow Tie and Other Safety Tools Based on Linear Causality* (2019), à l'adresse <http://sunnyday.mit.edu/Bow-tie-final.pdf> (dernière consultation le 9 juin 2026).

⁶¹ N. G. Leveson et J. P. Thomas, *STPA Handbook* (mars 2018), à l'adresse https://psas.scripts.mit.edu/home/get_file.php?name=STPA_handbook.pdf (dernière consultation le 9 juin 2026).

Il est aujourd'hui beaucoup plus difficile d'anticiper tous les comportements potentiels des systèmes avant que ceux-ci ne soient opérationnels, de les comprendre, de planifier les activités en conséquence et de se prémunir contre eux. La complexité crée des « inconnus » qui ne peuvent être identifiés en décomposant les comportements du système en chaînes d'événements. De plus, la complexité fait en sorte que des propriétés importantes des systèmes (telles que la sécurité) ne sont pas liées au comportement de composants individuels du système, mais plutôt aux interactions entre les composants. Des accidents peuvent se produire en raison d'interactions dangereuses entre des composants qui n'ont pas subi de défaillance et qui, en fait, satisfont à leurs exigences⁶².

L'exploitation de systèmes complexes, tels que le transport aérien commercial, comporte une multitude de dimensions différentes, telles que les facteurs liés à l'équipage, les caractéristiques de l'aéronef, les conditions météorologiques et le trafic. Chacune de ces dimensions peut présenter un danger pour l'opération en fonction de son état à un moment donné, étant donné que ces dimensions sont dynamiques et non statiques. Ainsi, les conditions météorologiques varient entre un vent calme et un ciel dégagé à des vents forts et une visibilité réduite. Les conditions météorologiques qui sont présentes à un moment donné détermineront si elles seront considérées comme un danger.

Cependant, étant donné que ces dimensions font partie d'un système complexe, elles ne restent pas isolées les unes des autres. Elles interagissent, et le risque devient donc cumulatif entre les diverses dimensions d'une opération particulière. C'est ce que l'on peut qualifier de danger multidimensionnel, où le risque posé par ce danger dépend de l'état de chaque dimension et de leur potentiel d'interaction dans une situation donnée.

Par exemple, si un pilote effectuant un vol doit gérer sa fatigue, des conditions météorologiques marginales et un aéronef sans fonctions automatisées, il est possible que tous ces aspects de l'exploitation soient proches de leur limite individuelle établie, sans toutefois la dépasser. Cependant, le risque opérationnel cumulatif est beaucoup plus élevé que l'évaluation de chaque dimension individuelle, étant donné que ces risques ne restent pas isolés les uns des autres, mais interagissent en fait de manière inattendue et potentiellement dangereuse.

1.18.4 Pressions opérationnelles

Dans son rapport SII A15H0001,⁶³ le BST a examiné pourquoi le secteur du taxi aérien au Canada connaissait plus d'accidents et plus de pertes de vie que tous les autres secteurs de l'aviation commerciale.

⁶² Ibid., p. 7.

⁶³ Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien (SII) A15H0001 du BST, *Améliorer la sécurité : Réduire les risques liés aux activités de taxi aérien au Canada* (7 novembre 2019), à l'adresse www.bst.gc.ca/fra/rapports-reports/aviation/etudes-studies/a15h0001/a15h0001.html (dernière consultation le 9 juin 2026).

La SII cherchait à mieux comprendre les pressions auxquelles l'industrie devait faire face et les problèmes de sécurité rencontrés dans ses activités quotidiennes. Le rapport a produit 19 thèmes de sécurité.

Un de ces thèmes était celui des pressions opérationnelles. Le secteur du taxi aérien subit de nombreuses pressions pouvant amener à des risques opérationnels par souci d'accomplir des vols.

Cette pression peut provenir de plusieurs sources : pression de la concurrence entre exploitants aériens, pression générée à l'interne, ou pression auto-induite. Peu importe la source, la pression à atteindre les objectifs opérationnels peut compromettre la sécurité.

Dans l'événement à l'étude, plusieurs pressions opérationnelles étaient présentes. Par exemple, le vol avait presque atteint sa destination, l'équipage de conduite avait déjà effectué une approche interrompue et les passagers étaient titulaires de postes clés (ingénieurs, directeurs, etc.) de la société minière qui avait attribué à Perimeter Aviation le contrat de prestation de services de vols à destination de CDT9.

1.18.5 Liste de surveillance du BST

La Liste de surveillance du BST énumère les principaux enjeux de sécurité qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr.

La gestion de la sécurité figure sur la **Liste de surveillance**. Un SGS est un cadre de gestion reconnu à l'échelle internationale qui permet aux entreprises de cerner les dangers, de gérer les risques et d'améliorer la sécurité de leurs activités, idéalement avant qu'un accident survienne. Bien que l'enjeu de la gestion de la sécurité figure sur la Liste de surveillance depuis 2010 et que la sensibilisation du secteur à l'égard des SGS ait lentement augmenté depuis lors, les rapports d'enquête du BST continuent de faire état de lacunes et de préoccupations dans le secteur du transport aérien. Comme le démontre cet événement, le simple fait de disposer d'un SGS n'est pas toujours suffisant. Perimeter Aviation avait mis en place un SGS, mais celui-ci n'identifiait pas formellement les dangers liés à la modification des opérations à CDT9.

MESURES À PRENDRE

La **gestion de la sécurité** restera sur la Liste de surveillance du secteur de **transport aérien** jusqu'à ce que

- TC mette en œuvre de la réglementation obligeant tous les exploitants commerciaux à adopter des processus formels pour la gestion de la sécurité;
- les exploitants qui ont un système de gestion de la sécurité démontrent à TC qu'il fonctionne bien et donc permet de déceler les risques et de mettre en œuvre des mesures efficaces pour les atténuer.

2.0 ANALYSE

2.1 Généralités

Rien n'indique que la défaillance d'un système de l'aéronef ait contribué à l'événement à l'étude. Par conséquent, l'analyse portera sur les facteurs opérationnels suivants qui ont contribué à la perte de maîtrise de l'aéronef par l'équipage de conduite et à l'impact avec la piste : la décision de poursuivre la 2^e approche aux instruments, les critères d'approche stabilisée et le déclenchement du mode BETA (inversion de poussée) avant le toucher des roues et l'atterrissage. L'analyse portera aussi sur l'évacuation, sur l'évaluation par l'exploitant aérien des risques liés à la nouvelle sous-base, sur l'identification des dangers et sur l'expérience de l'équipage.

2.2 Décision de continuer la 2^e approche

Compte tenu de la nature des facteurs cognitifs et contextuels qui poussent les pilotes à poursuivre un vol, il leur est extrêmement difficile d'interrompre leur plan ou de choisir une autre option sans que des indices évidents les encouragent à le faire. Ces indices et conditions propres à la situation se détériorent souvent de manière progressive et ambiguë, et non pas rapidement et de manière évidente, ce qui complique la détermination d'un changement de risque dans une situation particulière.

En plus, la performance humaine est axée sur les objectifs. La combinaison d'une sous-estimation des risques et d'un souci de réalisation des objectifs peut contribuer à ce que les pilotes aient tendance à poursuivre le vol dans des conditions météorologiques marginales, surtout si les conséquences du choix de l'autre solution sont graves (p. ex., causer des retards aux passagers).

Lors de la 2^e approche vers l'aérodrome de Detour Lake (CDT9), 2 facteurs clés ont influencé la décision par l'équipage de conduite de poursuivre l'approche et de tenter d'atterrir à CDT9 : d'une part, une concentration rétrécie sur l'objectif d'atterrissage de l'aéronef; d'autre part, des pressions opérationnelles qui l'ont encouragé à poursuivre l'approche.

Ce rétrécissement de la concentration est causé par la proximité de la destination prévue et par la charge de travail de l'équipage. Lorsque les équipages de conduite sont proches de leur destination prévue, leur attention se concentre souvent sur leur objectif principal, qui est d'atterrir l'aéronef. En conséquence, ils peuvent minimiser les risques liés à la poursuite de l'approche, tels que des conditions météorologiques marginales, en cherchant à atteindre leur objectif. Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite était arrivé à CDT9, avait effectué une première tentative d'atterrissage et avait vu la piste avant d'exécuter une approche interrompue.

La charge de travail d'un équipage de conduite peut également contribuer à rétrécir son attention. Étant donné que l'aéronef n'était pas équipé d'un système de pilote automatique, l'équipage de conduite pilotait manuellement vers un aérodrome avec une approche non

standard, tout en étant confronté à des conditions météorologiques difficiles, y compris un vent de travers de 100° (vent trois-quarts arrière).

La charge de travail liée à la gestion de ces facteurs a probablement été exacerbée par l'inexpérience de l'équipage avec ceux-ci. Lors des 2 occasions précédentes où le commandant de bord avait volé vers CDT9, les conditions météorologiques étaient favorables et il avait effectué une approche selon les règles de vol à vue (VFR); par conséquent, le commandant de bord n'était pas familier avec l'approche aux instruments et ses caractéristiques non standards. Le premier officier s'était rendu à CDT9 une fois avant ce vol, mais aussi dans des conditions météorologiques favorables. De plus, le commandant de bord n'avait pas volé dans des conditions météorologiques proches des minimums météorologiques d'approche depuis plusieurs mois.

Un autre indicateur de la charge de travail élevée de l'équipage de conduite était la coordination accrue pour accomplir leur travail, comme en témoigne le nombre important de communications entre les 2 membres d'équipage pendant les 2 approches. L'équipage de conduite a effectué une approche surveillée par le pilote (PMA) pendant sa 2^e approche. Une PMA vise à améliorer la conscience de la situation et à séparer plus explicitement les rôles et les tâches pendant l'approche par visibilité réduite et nuages bas. En théorie, le commandant de bord est libéré pour surveiller le premier officier qui effectue l'approche et lui donner des consignes et un encadrement, ce qui peut réduire la charge de travail et fournir une marge de sécurité pendant la transition entre les instruments et l'obtention du contact visuel avec la piste à l'altitude minimale de descente ou au point de décision. Cependant, étant donné que cette procédure avait été rarement employée et que l'on ne maîtrisait pas la bonne phraséologie pour faire des annonces verbales standards, la charge de travail de l'équipage de conduite a été alourdie.

La charge de travail élevée exercée pendant les 2 approches aurait eu une incidence négative sur la capacité de l'équipage de conduite à traiter les renseignements sur la stabilité de ses approches et aurait contribué à rétrécir son attention, car il se concentrait sur le pilotage de l'aéronef. L'attention que l'équipage de conduite consacrait à la tentative d'atterrissage de l'aéronef a probablement nui au traitement complet d'autres indicateurs liés à l'état de l'aéronef qui auraient pu modifier son évaluation des risques liés à la poursuite de l'approche.

L'enquête sur des questions de sécurité (SII) menée par le BST dans le secteur des taxis aériens au Canada a permis de déterminer que la pression opérationnelle peut influencer la prise de décision d'un pilote. Diverses pressions opérationnelles ont influencé la prise de décision par l'équipage de conduite lors de la 2^e approche. Le fait d'avoir déjà effectué une approche interrompue a accru la pression qui était exercée sur l'équipage de conduite pour réussir sa 2^e tentative. Cette situation a probablement influencé la décision par l'équipage de conduite de poursuivre la 2^e approche malgré les indications d'une approche non stabilisée, telles qu'une vitesse d'approche rapide et un taux de descente élevé.

Il est probable que les conséquences d'une 2^e approche interrompue, c'est-à-dire le déroutement vers une autre destination, aient contribué à la décision de poursuivre la

2^e approche malgré les indications d'une approche non stabilisée. D'autant plus que l'équipage de conduite avait déjà amorcé un déroutement alors qu'il se dirigeait vers CDT9 en raison d'un problème de pressurisation de l'aéronef avant de poursuivre sa route vers la destination initiale.

Enfin, le fait que les passagers étaient titulaires de postes clés à la société minière qui avait attribué à Perimeter Aviation LP (Perimeter Aviation) le contrat de fourniture de services de vol à destination de CDT9 a probablement ajouté à la pression exercée pour atterrir.

Les pressions opérationnelles évoquées ci-dessus auraient influencé la décision de l'équipage de conduite de poursuivre la 2^e approche, et ce, malgré la présence de renseignements indiquant qu'il effectuait une approche non stabilisée.

Compte tenu de la nature des facteurs cognitifs et contextuels qui poussaient l'équipage de conduite à poursuivre l'approche, il lui aurait été difficile d'interrompre son plan ou de choisir une autre option sans que des indices plus clairs et évidents l'incitent à le faire.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La proximité de la destination prévue et la charge de travail élevée subie par l'équipage de conduite ont entraîné un rétrécissement de son attention, ce qui, conjointement avec diverses pressions opérationnelles, a influencé sa décision de poursuivre la 2^e approche et de tenter l'atterrissage.

2.3 Critères d'une approche stabilisée

Une approche est considérée comme stabilisée lorsqu'elle satisfait à l'ensemble des conditions typiquement définies par un exploitant aérien dans son manuel d'exploitation de la compagnie ou dans ses procédures d'exploitation normalisées (SOP). Si une approche n'est pas stabilisée conformément à ces exigences, ou si elle devient non stabilisée par la suite, le pilote doit effectuer une approche interrompue.

Transports Canada (TC) encourage les exploitants aériens à ajouter des critères d'approche stabilisée à leurs SOP et à leurs programmes de formation. Perimeter Aviation a suivi cette recommandation dans ses SOP; cependant, son programme de formation ne couvre pas les critères d'une approche stabilisée. Sans formation précise consacrée à ce sujet, l'équipage de conduite avait une connaissance générale des critères d'approche stabilisée. Cependant, cette connaissance n'était probablement pas suffisante pour lui permettre de se rappeler exactement quelles étaient les attentes de la compagnie, en particulier pendant une approche, qui constitue une phase du vol où la charge de travail est élevée.

De plus, les SOP relatives aux critères d'approche stabilisée chez Perimeter Aviation sont assez ambiguës en ce qui concerne les limites réelles des divers critères. La terminologie employée dans les SOP, telle que de « petits » ou « grands » changements de cap/tangage, ou un réglage de puissance « non adapté » aux conditions, et l'absence d'une tolérance de vitesse acceptable définie pour la cible de 140 nœuds sont tous autant de facteurs qui contribuent à l'incertitude lorsqu'il s'agit de déterminer ce qui constitue exactement une approche non stabilisée.

Non seulement cette incertitude impose un fardeau supplémentaire aux ressources mentales de l'équipage de conduite pour analyser les divers indices pouvant indiquer une approche non stabilisée, mais elle peut aussi conduire à des situations où l'équipage de conduite estime que l'approche est stabilisée malgré des renseignements indiquant le contraire.

Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite a constaté que l'aéronef n'était pas aligné sur la piste pendant la 1^{re} approche vers CDT9 et a effectué une approche interrompue. L'enquête a pu obtenir des données sur la vitesse anémométrique, le taux de descente, l'altitude-pression et la trajectoire/position de l'aéronef à partir de l'enregistreur de données de vol (FDR) et du dispositif GPS (système de positionnement mondial) de l'aéronef pour les 1^{re} et 2^e approches.

Selon ces données, il a été déterminé que pendant la 2^e approche, les critères d'approche stabilisée de Perimeter Aviation n'étaient pas satisfaits. À plusieurs reprises lors de la 2^e approche, les taux de descente se situaient entre 1000 pi/min et 2000 pi/min. De plus, le dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS) a généré une alerte sonore « sink rate » [taux de descente] à une distance de 1,6 mille marin (NM) et une alerte sonore « pull up » [remontez] à une distance de 0,75 NM.

La combinaison d'une période de charge de travail élevée, où il aurait été difficile de reconnaître et de traiter les signes d'une approche non stabilisée, et de la compréhension limitée des critères par l'équipage de conduite a probablement contribué à ce qu'il surestime la stabilité de la 2^e approche et poursuive sa tentative d'atterrir l'aéronef.

L'une des façons dont les exploitants aériens peuvent aider les équipages de conduite à surveiller les approches non stabilisées consiste à mettre en place des entrées d'approche finale. Les entrées d'approche finale représentent des altitudes précises auxquelles les critères d'approche stabilisée sont évalués par l'équipage de conduite et des annonces verbales conformes aux SOP sont faites afin que l'évaluation de l'état de l'aéronef soit explicite plutôt qu'implicite.

Normalement, il existe un point « devrait » auquel les critères sont évalués avec la possibilité de corriger tout paramètre qui dépasse les seuils établis avant que l'aéronef n'atteigne un point « doit », où les critères sont réévalués, mais sans possibilité de correction. À un point « doit », si un critère dépasse la limite précisée dans les SOP de l'exploitant aérien, l'équipage de conduite doit effectuer une remise des gaz.

Fait établi quant aux risques

Si les critères d'approche aux instruments stabilisée n'indiquent pas explicitement la manière dont les équipages de conduite doivent évaluer la stabilité d'une approche, il existe un risque que les équipages de conduite ne se rendent pas compte qu'une approche est non stabilisée pendant cette phase du vol où la charge de travail est élevée.

2.4 **Activation du mode BETA avant le toucher des roues et l'atterrissage**

Les pilotes ne sont pas formés à mettre un aéronef en mode BETA pendant qu'il est encore en vol et les SOP ne donnent pas cette directive; de plus, il est interdit de le faire, car il s'ensuivrait une importante réduction de la vitesse anémométrique. Si les 2 manettes des gaz ne sont pas placées en mode BETA en même temps, un roulis peut être déclenché en raison de l'asymétrie de poussée créée lorsque chaque moteur répond à la commande sollicitée. Comme l'a démontré l'enquête menée par l'Air Accident Investigation Unit d'Irlande sur un accident similaire survenu en 2011, les conséquences de cette action peuvent être catastrophiques.

Dans l'événement à l'étude, l'activation involontaire du mode BETA avant le toucher des roues était le résultat de divers facteurs humains qui avaient influencé la performance humaine.

L'équipage de conduite gérait plusieurs variables pendant les 2 approches, ce qui a contribué à une charge de travail élevée; il s'agissait notamment des variables suivantes :

- conditions météorologiques qui constituent un défi;
- une approche non standard;
- exécution d'une PMA;
- pilotage d'un aéronef entièrement manuel, sans aide automatisée.

Après que l'aéronef est sorti des nuages et que l'équipage de conduite a établi un contact visuel avec la piste 10, le commandant de bord est devenu le pilote aux commandes (PF) et a demandé que les volets soient réglés à leur maximum. À ce moment-là, le commandant de bord consacrait la majeure partie de ses ressources mentales au pilotage manuel de l'aéronef. Lorsque l'aéronef s'est trouvé à une altitude de 171 pieds au-dessus de l'élévation de l'aérodrome (AAE) et à 0,5 NM du seuil de piste, le commandant de bord a constaté que la vitesse indiquée en nœuds (KIAS) de l'aéronef, d'environ 150 nœuds, était encore nettement supérieure à la vitesse de toucher des roues cible de 115 KIAS. Il a donc dû tenter de ralentir rapidement l'aéronef.

De plus, compte tenu des conditions météorologiques en vigueur à ce moment-là, l'aéronef subissait un vent trois-quarts arrière de 6 à 10 nœuds et un vent de travers de 9 à 16 nœuds. Le commandant de bord a donc cherché aussi à maintenir l'alignement de l'aéronef sur le cap de la piste pendant le dernier segment de l'approche.

En présence d'une charge de travail élevée, la performance sur des tâches secondaires peut être réduite. À titre d'exemple de tâche secondaire dans cet événement, citons la gestion des manettes des gaz, y compris leur mise en mode BETA. L'indice utilisé par les pilotes pour

enclencher le mode BETA est le toucher des roues de l'aéronef sur la piste. Pour mettre les manettes des gaz en mode BETA, un pilote doit actionner un ensemble de tirettes situées sur chaque manette des gaz. Si l'on n'actionne pas les tirettes, une butée mécanique empêche les manettes des gaz de passer en mode BETA.

Dans l'événement à l'étude, la mise des manettes des gaz en mode BETA était une action très pratiquée et automatique pour le commandant de bord; il n'avait donc pas à consacrer beaucoup d'attention à l'exécution de cette action.

Compte tenu des ressources mentales nécessaires pour gérer l'état de l'aéronef pendant l'approche finale, les actions du commandant de bord sur les manettes des gaz n'étaient probablement pas des décisions conscientes, mais plutôt le résultat d'un processus de performance humaine qui reposait sur les compétences et qui était donc plus vulnérable à un manque d'attention.

Alors que l'aéronef s'approchait de la piste, le commandant de bord a estimé qu'il fallait serrer les freins à fond dès le toucher des roues. Cette décision était principalement motivée par 2 facteurs : la vitesse de l'aéronef lorsqu'il en a pris les commandes et le fait que la piste était en gravier.

La piste à CDT9 mesure 5002 pieds de long, mais la plupart des pistes en gravier au Canada sont beaucoup plus courtes; elles ont en moyenne une longueur de 3700 pieds. La formation du commandant de bord pour les opérations sur piste en gravier faisait ressortir le fait que les pistes en gravier ont tendance à être plus courtes, de sorte que les pilotes doivent atterrir et ralentir l'aéronef le plus rapidement possible. La formation ne comprenait pas l'exigence de la tenue d'un exposé avant l'atterrissage sur des pistes en gravier.

La mise en pratique par le commandant de bord de sa formation pour atterrir et s'arrêter sur une piste en gravier de longueur moyenne dans l'événement à l'étude a démontré un transfert négatif de la formation. En tentant d'atterrir à CDT9, le commandant de bord n'a pas pu se souvenir de la longueur réelle de la piste, qui était d'environ 1300 pieds de plus qu'une piste en gravier typique desservie par Perimeter Aviation. Il s'est plutôt fié à ce qu'il avait appris lors de sa formation, probablement parce que sa charge de travail élevée l'empêchait de se souvenir de ce fait et compte tenu de son expérience limitée sur les pistes en gravier. Par conséquent, le commandant de bord s'est attendu à devoir serrer brusquement les freins dès le toucher des roues, alors que la situation ne justifiait probablement pas une telle action.

Compte tenu de la charge de travail liée au maintien de la maîtrise de l'aéronef et de la nature automatique de la mise des manettes des gaz en mode BETA, il est probable que cette attente ait déclenché une activation anticipée du mode BETA en prévision du toucher des roues.

L'enquête a permis de déterminer que l'aéronef est passé 2 fois en mode BETA pendant la 2^e approche. L'activation initiale découlait probablement du fait que les deux tirettes avaient été actionnées prématurément dans une situation de charge de travail élevée, en prévision d'un serrage des freins brusque, alors que les manettes des gaz étaient ramenées

en arrière pour continuer à réduire la vitesse de l'aéronef. Ce raté a été rapidement reconnu par l'équipage de conduite et corrigé.

Lorsque le moteur droit est passé en mode BETA pour la 2^e fois, il y a eu une perte de contrôle qui a entraîné une assiette en piqué et un roulis vers la droite de l'aile droite, qui a percuté la piste. Quelques secondes plus tard, le train d'atterrissage avant et le train d'atterrissage principal droit se sont affaissés, l'hélice droit a ensuite heurté la surface de la piste environ 305 m (1000 pieds) après le seuil de piste, suivi par l'hélice gauche. L'aéronef s'est déporté à droite (sud) de l'axe de piste, quittant la surface de la piste et glissant au bas d'un remblai. L'aéronef s'est immobilisé à l'endroit à environ 47 m (154 pieds) de la piste, en direction sud-sud-ouest.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le commandant de bord en était venu à s'attendre catégoriquement à devoir serrer brusquement les freins en raison de sa formation sur les pistes en gravier et de la vitesse de l'aéronef. Cette attente, combinée à la charge de travail élevée du commandant de bord et à la nature machinale de l'activation du mode BETA, l'a amené à enclencher par inadvertance le mode BETA avant que l'aéronef ne touche le sol, ce qui a entraîné une perte de maîtrise et l'impact de l'aéronef avec la piste.

2.5 Évacuation

L'aéronef a été considérablement endommagé pendant la séquence de l'accident; toutefois, les moteurs ont continué de fonctionner lorsque l'aéronef s'est immobilisé.

Avant que l'équipage de conduite ne puisse donner l'ordre d'évacuation, les passagers ont commencé à sortir de l'aéronef par les 2 issues sur l'aile. Ce n'est qu'après avoir ouvert la porte principale de la cabine que le premier officier s'est rendu compte que les moteurs fonctionnaient encore et il les a alors arrêtés.

Compte tenu de la nature de ses blessures, le commandant de bord a eu besoin de l'aide du premier officier pour sortir de l'aéronef. Dans les minutes qui ont suivi l'impact avec la piste, le personnel de l'aire de trafic de l'aérodrome est intervenu et, 10 minutes plus tard, le corps de pompiers volontaires de la mine est intervenu de concert avec le personnel médical.

Fait établi quant aux risques

Si les passagers n'attendent pas les instructions de l'équipage de conduite avant de sortir de l'aéronef, ils risquent de se retrouver dans une situation dangereuse où ils pourraient être blessés.

2.6 Évaluation par l'exploitant aérien des risques liés à la nouvelle sous-base

En août 2021, à l'aide du processus établi par le SGS, Perimeter Aviation a lancé un examen d'un enjeu lié à la qualité en vue de l'établissement d'une sous-base à l'aéroport de Timmins (Victor M. Power) (CYTS), à partir de laquelle des vols nolisés seraient effectués vers CDT9.

L'examen a été effectué à l'aide de l'analyse des risques et des procédures figurant dans le manuel du SGS de la compagnie. Un rapport sur les résultats a été rédigé par la direction des opérations aériennes après l'examen et l'identification des dangers. L'évaluation finale du risque était classifiée comme faible.

En mars 2023, Agnico Eagle Mines Limited a demandé un vol nolisé supplémentaire pouvant transporter 7 à 9 employés de l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (CYYZ) à CDT9, avec des escales en cours de route. En mai 2023, Perimeter Aviation a commencé à effectuer ces vols nolisés supplémentaires en utilisant des avions Fairchild SA227-DC Metro 23 (Metro 23) plutôt que des avions Dash 8, qui étaient utilisés auparavant. Le Dash 8 est équipé d'une technologie d'automatisation, telle que le pilote automatique, tandis que le Metro 23 ne dispose d'aucune aide automatisée et doit être piloté manuellement.

Même si le type d'avion utilisé pour effectuer ces vols nolisés est passé du Dash 8 au Metro 23 et que l'aérodrome avait récemment mis en place une approche non standard selon les règles de vol aux instruments (IFR), Perimeter Aviation n'a réalisé aucune nouvelle évaluation des risques.

Fait établi quant aux risques

Si les exploitants aériens ne tiennent pas compte des dangers potentiels et n'effectuent pas d'évaluation officielle des risques en cas de changements opérationnels (p. ex. une nouvelle approche non standard ou des changements d'équipement utilisé), il se peut qu'un danger soit ignoré et que, par conséquent, son risque ne soit pas atténué.

2.7 Identification des dangers

Les processus d'identification des dangers et d'évaluation des risques les plus couramment utilisés aujourd'hui, et ceux susceptibles d'être employés par la plupart des exploitants relevant de la sous-partie 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), ciblent les dangers individuels présents dans l'environnement opérationnel, mais ont tendance à ne pas identifier les dangers multidimensionnels.

L'identification des risques opérationnels est plus difficile lorsque les diverses dimensions d'un danger sont introduites progressivement, avec de petits changements au fil du temps qui ne dépassent pas le seuil de ce qui est considéré comme un danger en soi.

L'incidence de ces changements progressifs peut finir par modifier le contexte opérationnel d'une manière qui réduit les marges de sécurité sans que les organisations s'en aperçoivent.

Perimeter Aviation avait prévu à l'origine de n'utiliser que des avions Dash 8 pour effectuer les vols nolisés vers CDT9, et au moment où la compagnie a commencé ces

opérations, l'aérodrome ne disposait pas d'une approche IFR. L'évaluation initiale des risques par Perimeter Aviation était principalement axée sur la logistique de la prestation de services dans cet endroit éloigné et sur l'évaluation de l'aérodrome lui-même.

Les opérations ont évolué au fil du temps. Premièrement, il y a eu la publication d'une approche IFR comportant des caractéristiques non standards. Ensuite, ce fut l'utilisation des aéronefs Metro 23 pour répondre à une nouvelle demande de la société minière. Contrairement aux Dash 8, la flotte de Metro 23 n'était pas équipée de systèmes automatisés et était généralement pilotée par des équipages de conduite moins expérimentés.

Ces changements ont fait en sorte d'introduire progressivement dans les opérations de nouvelles dimensions qui, au moment du vol à l'étude, avaient toutes interagi afin de réduire les marges de sécurité qui existaient lorsque Perimeter Aviation a commencé à fournir des services à CDT9, créant ainsi un danger multidimensionnel.

Cependant, ce danger multidimensionnel n'a jamais été identifié, ce qui illustre un concept connu sous le nom de dérive organisationnelle, où des changements progressifs érodent peu à peu le niveau de sécurité sous-jacent d'une opération d'une manière difficile à détecter, compte tenu de la complexité du système.

Dans l'événement à l'étude, la combinaison des dimensions suivantes a formé un danger multidimensionnel qui a finalement contribué à l'événement :

- une approche IFR avec des caractéristiques non standards;
- un équipage de conduite avec moins d'expérience;
- un aéronef sans fonctions d'aide à l'automatisation;
- un vol dans des conditions météorologiques sous-optimales (plafonds minimums et vents de travers importants).

Ces dimensions étaient connues de la compagnie et étaient gérées individuellement de diverses manières, tant de manière formelle (p. ex. formation et procédures) qu'informelle (p. ex. discussions liées à la complexité de l'approche IFR). La compagnie n'a pas examiné le risque lié à cette opération de manière cumulative, ce qui est courant dans la plupart des compagnies de l'industrie de l'aviation qui emploient des méthodes traditionnelles d'évaluation des risques.

Toutes ces dimensions se situaient dans les limites établies et respectaient les normes obligatoires au moment de l'événement à l'étude, chacun fonctionnant dans des tolérances acceptables. Par exemple, il existait une approche IFR valide qui avait déjà été utilisée avec succès à de nombreuses reprises lors de vols précédents; le personnel opérationnel était formé et détenait une licence; l'aéronef ne présentait aucun défaut mécanique important (à l'exception du problème de pressurisation présent pendant le vol à l'étude); le Metro 23 est un aéronef couramment utilisé dans l'industrie; et les conditions météorologiques étaient proches des limites du vol, mais ne les dépassaient pas. Pourtant, ces dimensions se sont combinées pour entraîner une perte de maîtrise et un impact avec la piste.

Compte tenu de la manière dont les évaluations des risques sont effectuées dans l'industrie de l'aviation, il est très difficile d'anticiper comment des dimensions individuelles interagiront pour influencer l'environnement opérationnel.

Le système d'aviation moderne peut se prémunir contre les dangers individuels, comme le prouve le bilan de sécurité global de l'industrie; cependant, comme l'a révélé la SII du BST sur le secteur des taxis aériens au Canada, les opérations visées par la sous-partie 703 du RAC sont complexes. Le défi consiste donc à déterminer comment les facteurs individuels peuvent interagir et créer potentiellement de nouveaux dangers plus complexes, qui ne sont pas faciles à anticiper.

Dans l'événement à l'étude, l'identification des dangers multidimensionnels a été compliquée par la nature progressive des changements apportés aux opérations de Perimeter Aviation à CDT9, alors que les divers éléments du danger avaient été introduits progressivement d'une manière qui ne semblait pas nécessiter de réévaluation complète et formelle du niveau de risque.

Une approche à suivre pour atténuer la difficulté de l'identification des dangers multidimensionnels et de la dérive organisationnelle consiste à reconnaître leur nature progressive et à aborder les petits changements opérationnels de manière collective et en les examinant plus minutieusement.

Dans le secteur du taxi aérien, où les marges bénéficiaires sont faibles et les ressources sont limitées, il peut être difficile d'effectuer davantage d'évaluations des risques pour des changements opérationnels mineurs. Cependant, la nature du système d'aviation moderne est telle que les dangers ne proviennent pas uniquement de facteurs individuels, mais aussi du mode d'interaction entre les divers facteurs.

Le processus d'identification des dangers et d'évaluation des risques est peu susceptible de changer, compte tenu de ses profondes racines au sein de l'industrie. Toutefois, les membres du personnel opérationnel et de sécurité qui savent que les systèmes complexes peuvent dériver progressivement vers la défaillance et qui sont conscients des limites des approches actuelles en matière d'identification des dangers seront mieux préparés à identifier certains de ces dangers plus complexes avant qu'ils ne puissent avoir une incidence négative sur les opérations.

Fait établi quant aux risques

Si les processus d'identification des dangers ne permettent pas de reconnaître les dangers multidimensionnels, il est possible que ces dangers complexes ne soient pas identifiés, ce qui entraînerait une compréhension incomplète du niveau de risque d'une opération.

2.8 **Expérience des membres des équipages de conduite**

Les recherches indiquent que l'expérience joue un rôle essentiel dans le type de prise de décision qui a lieu dans des environnements dynamiques, où le facteur temps est critique et où les risques sont élevés, comme ceux auxquels les pilotes sont confrontés dans le poste de pilotage. L'inexpérience constitue un risque pour la sécurité, car il réduit la résilience d'une opération face à des situations imprévues et non standards. Les pilotes inexpérimentés n'ont pas encore acquis les ressources nécessaires pour distinguer les renseignements clés, comprendre leur signification, déterminer les résultats probables et formuler la meilleure ligne de conduite à adopter à un moment donné. En conséquence, leur perception du risque est altérée et leur prise de décision peut être influencée dans des situations critiques pour la sécurité.

Des mesures de protection, telles que la formation, la mise en œuvre de SOP et le choix des pilotes, ont contribué à atténuer l'incidence du manque d'expérience des équipages de conduite. Toutefois, elles ne permettent pas d'aborder entièrement le risque opérationnel, car la question de l'expérience des équipages de conduite a une incidence plus directe sur les résultats dans les situations qui se situent à la limite ou en dehors de l'enveloppe normale d'exploitation, où la formation n'a peut-être pas eu lieu et où il n'existe pas de procédures ou d'instructions particulières. Dans ces situations, l'inexpérience des pilotes joue un rôle plus important dans les actions et les décisions prises, et elle présente donc un risque plus élevé que l'aéronef se retrouve dans un état indésirable.

Bien que l'expérience des équipages de conduite soit un danger identifié par les intervenants de l'ensemble de l'industrie et que la plupart comprennent son potentiel de conséquences négatives, telles qu'une sortie de piste, il reste difficile d'évaluer le risque opérationnel, vu la fréquence à laquelle les pilotes sont confrontés à des situations de vol plus difficiles où l'expérience est susceptible d'être un facteur contributif important.

L'enquête sur l'événement à l'étude a permis de révéler que l'inexpérience de l'équipage de conduite dans certains aspects de cette opération, tels que l'approche non standard, le vol dans des conditions météorologiques proches des minimums et les opérations sur piste en gravier, a probablement augmenté sa charge de travail, ce qui a été un facteur contributif important dans une grande partie de l'analyse de cet événement.

L'enquête a aussi permis de déterminer que Perimeter Aviation avait déjà identifié que l'inexpérience de l'équipage de conduite représentait un danger opérationnel, ce qui correspond avec la situation d'autres exploitants aériens dans des secteurs de l'industrie au Canada (p. ex. les sous-parties 703 [Exploitation d'un taxi aérien], 704 [Exploitation d'un service aérien de navette] et 705 [Exploitation d'une entreprise de transport aérien] du RAC). L'identification explicite de ce danger ainsi que l'élaboration de diverses mesures d'atténuation visant à réduire son risque par un si grand nombre d'exploitants indiquent que l'exposition à ce danger est en augmentation. Cette exposition accrue est probablement due aux tendances de l'industrie liées à la pénurie de personnel qualifié, qui oblige les exploitants à se fier davantage à des pilotes inexpérimentés pour assurer leur viabilité.

commerciale. Cette tendance n'a fait que s'accélérer après la pandémie mondiale de la COVID-19.

Cependant, les exploitants ne sont pas certains que les approches actuelles en matière de formation et de procédures peuvent permettre d'atténuer suffisamment le risque posé par les pilotes inexpérimentés. Cette incertitude est probablement due à la difficulté de recueillir des données permettant de mieux comprendre les manifestations de ce risque dans les opérations ainsi que de cerner des mesures d'atténuation efficaces.

Fait établi quant aux risques

Si les dangers liés à l'inexpérience des équipages de conduite ne sont pas mieux compris, les exploitants pourraient être incapables de mettre en place de la formation et des procédures permettant d'atténuer les risques de ces dangers et l'expérience des équipages de conduite deviendra un facteur contributif plus fréquent des accidents d'aviation.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des facteurs qui ont causé l'événement ou qui y ont contribué.

1. La proximité de la destination prévue et la charge de travail élevée subie par l'équipage de conduite ont entraîné un rétrécissement de son attention, ce qui, conjointement avec diverses pressions opérationnelles, a influencé sa décision de poursuivre la 2^e approche et de tenter l'atterrissage.
2. Le commandant de bord en était venu à s'attendre catégoriquement à devoir serrer brusquement les freins en raison de sa formation sur les pistes en gravier et de la vitesse de l'aéronef. Cette attente, combinée à la charge de travail élevée du commandant de bord et à la nature machinale de l'activation du mode BETA, l'a amené à enclencher par inadvertance le mode BETA avant que l'aéronef ne touche le sol, ce qui a entraîné une perte de maîtrise et l'impact de l'aéronef avec la piste.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des facteurs dans l'événement qui présentent un risque pour le système de transport. Ces facteurs peuvent, ou non, avoir causé l'événement ou y avoir contribué, mais ils pourraient présenter un risque dans le futur.

1. Si les critères d'approche aux instruments stabilisée n'indiquent pas explicitement la manière dont les équipages de conduite doivent évaluer la stabilité d'une approche, il existe un risque que les équipages de conduite ne se rendent pas compte qu'une approche est non stabilisée pendant cette phase du vol où la charge de travail est élevée.
2. Si les passagers n'attendent pas les instructions de l'équipage de conduite avant de sortir de l'aéronef, ils risquent de se retrouver dans une situation dangereuse où ils pourraient être blessés.
3. Si les exploitants aériens ne tiennent pas compte des dangers potentiels et n'effectuent pas d'évaluation officielle des risques en cas de changements opérationnels (p. ex. une nouvelle approche non standard ou des changements d'équipement utilisé), il se peut qu'un danger soit ignoré et que, par conséquent, son risque ne soit pas atténué.
4. Si les processus d'identification des dangers ne permettent pas de reconnaître les dangers multidimensionnels, il est possible que ces dangers complexes ne soient pas identifiés, ce qui entraînerait une compréhension incomplète du niveau de risque d'une opération.

5. Si les dangers liés à l'inexpérience des équipages de conduite ne sont pas mieux compris, les exploitants pourraient être incapables de mettre en place de la formation et des procédures permettant d'atténuer les risques de ces dangers et l'expérience des équipages de conduite deviendra un facteur contributif plus fréquent des accidents d'aviation.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Perimeter Aviation LP

Après l'événement à l'étude, Perimeter Aviation LP (Perimeter Aviation) a effectué les révisions suivantes à ses procédures d'exploitation normalisées (SOP) pour le Fairchild SA227-DC Metro 23 (Metro 23) :

- ajouté une politique d'approche aux instruments qui précise que [traduction] « l'approche aux instruments appropriée doit être programmée dans le système de navigation de l'aéronef et volée sans égards aux conditions météorologiques rapportées ou observées à l'aérodrome de destination.⁶⁴ »;
- ajouté des directives concernant des tentatives multiples d'approche qui précisent qu'après une approche interrompue, l'approche suivante doit faire l'objet d'un nouvel exposé complet qui comprend une discussion sur la gestion des menaces et des erreurs (TEM)⁶⁵;
- modifié la section portant sur l'exposé de l'approche aux instruments pour y inclure l'exigence d'aborder la distance d'atterrissage utilisable (LDA), la TEM et l'approche non standard⁶⁶;
- révisé les sections portant sur les conditions d'une approche stabilisée et les procédures dans le cas d'une approche non stabilisée pour y inclure des annonces standards pour l'approche stabilisée et l'exigence que l'approche soit stabilisée à 1000 pieds au-dessus de l'élévation de l'aérodrome (AAE) dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC)⁶⁷.

Perimeter Aviation a effectué les améliorations suivantes à ses systèmes et ses processus :

- un outil d'évaluation des risques liés aux vols d'exploitation a été mis en œuvre afin de soutenir l'évaluation des risques aux aérodromes desservis par la compagnie ou que la compagnie songe à desservir avec des vols nolisés ou par de l'expansion;
- des dispositifs Garmin 750Xi ont été installés dans les aéronefs Metro 23 soutenant la similitude entre les aéronefs de la flotte et la vision synthétique pour les équipages de conduite et permettant d'obtenir les paramètres de suivi des données de vol (FDM).

Perimeter Aviation a effectué les ajustements suivants à son programme de formation des équipages de conduite :

⁶⁴ Perimeter Aviation LP, *SA-227 Standard Operating Procedures: Policies and Procedures*, Rév. 27 (17 Septembre 2025), Section 2.17.1 Instrument Approach Policy, p. 109 et 110.

⁶⁵ Ibid., Section 2.17.2 Multiple Approach Attempts, p. 110.

⁶⁶ Ibid., Section 2.17.4.2 Instrument Approach Briefing, p. 112 à 114.

⁶⁷ Ibid., Section 2.18 Stabilized Approach Factors and Section 2.19 Unstable Approach p. 121 et 122.

- les conditions et critères pour les approches stabilisées sont maintenant abordés dans l'exposé au sol fait avant les séances périodiques annuelles pour tous les membres des équipages de conduite;
- un scénario d'entraînement type vol de ligne (LOFT) est maintenant effectué sur un cycle périodique de 6 mois pour tous les membres d'équipages de conduite;
- mis en place un cours portant sur le commandement pour tous les membres des équipages de conduite ayant reçu une promotion, y compris pour les personnes ayant été promues dans les 12 mois précédant la création du cours;
- planification de réunions périodiques pour l'embauche de pilotes, la progression de la formation et la promotion de premiers officiers au poste de commandant de bord.

Perimeter Aviation a réalisé les investissements suivants dans des programmes et initiatives de surveillance :

- créé un poste permanent de responsable de la sécurité des opérations aériennes;
- mis en place un programme de FDM qui comprend une surveillance continue et des alertes quotidiennes pour les critères d'approches non stabilisées pour sa flotte de Dash 8 et de Metro 23;
- mis en place un audit de sécurité en service de ligne (LOSA);
- formulé une politique portant sur la surveillance de la performance des pilotes où des vérifications de compétence en vol sont effectuées sur une base régulière pour vérifier la conformité aux SOP et en guise de supervision.

Perimeter Aviation a effectué les actions suivantes en matière de maintenance de ses aéronefs :

- lancé une campagne d'inspection de sa flotte pour s'assurer que les radiobalises de repérage d'urgence (ELT) étaient installées conformément aux directives du fabricant;
- modifié le formulaire de vérification pour l'inspection annuelle applicable.

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 15 avril 2026. Le rapport a été officiellement publié le 15 juillet 2026.

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.

5.0 ANNEXES

Annexe A – Manuel de référence rapide de Perimeter Aviation LP pour la procédure de descente d'urgence du Fairchild SA227-DC Metro 23



SA227 (Metro 23) QRH

2.1 Emergency Descent

If cabin pressure is lost while at high altitude, execute the following procedure:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------|
| 1. CREW OXYGEN MASKS..... | DON |
| 2. PASSENGER OXYGEN CONTROL | ON |
| 3. COMMUNICATIONS | ESTABLISH |
| 4. PASSENGER OXYGEN MASKS | ADVISE PASSENGERS |
| 5. SPEED LEVERS | HIGH RPM |
| 6. POWER LEVERS | FLIGHT IDLE |
| 7. AIRSPEED..... | 175 KIAS MAXIMUM |
| 8. LANDING GEAR | DOWN |
| 9. FLAPS | ONE-HALF |
| 10. ALTITUDE | AS REQUIRED |

Advise ATC, continue CHECKLIST

- | | |
|------------------------|-------------|
| 11. Power Levers | AS REQUIRED |
| 12. Flap | AS REQUIRED |
| 13. Gear | AS REQUIRED |
| 14. Masks | AS REQUIRED |
| 15. Fuel | EVALUATED |

LAND AS SOON AS PRACTICABLE

NOTE

A pitch attitude of approximately 11 degrees nose down will allow the airplane to stabilize very close to the gear limit speed of 175 KIAS in the 1/2 flaps configuration.

This procedure results in a descent from 25,000 feet to 15,000 feet within three minutes when initiated from cruise power and airspeed.

Emergency descent shall be made to the higher of 10,000 ASL or MOCA.

Annexe B – Manuel de référence rapide de Perimeter Aviation LP pour procédure en cas de défaillance de la basse pression cabine du Fairchild SA227-DC Metro 23



SA227 (Metro 23) QRH

2.2 Cabin – Low Pressure Malfunction

**CABIN
ALTITUDE**

NOTE

The cabin altitude warning light illuminates when the cabin pressure is equivalent to a pressure altitude between 9,500 and 10,000 feet

1. Cabin Altitude VERIFIED
2. Cabin Differential VERIFIED
3. Cabin Altitude & Rate Knobs SET
4. Cabin Pressure Controller AUTO
5. Bleed Air Switches ON
6. Cabin Dump Switch NORMAL
7. AWI Switch OFF
8. Cabin Diff. AUTO CONTROL AS REQUIRED
If unable to control cabin altitude with auto control, then continue to step 9.
9. Manual Control Knob FULL CLOCKWISE
10. Cabin Pressure Selector MANUAL
11. Cabin Diff. MANUAL CONTROL AS REQUIRED
12. O2 Masks AS REQUIRED
13. Descent AS REQUIRED

CAUTION

CABIN ALTITUDE HAS EXCEEDED 9,500 TO 10,000 FEET.

IF CABIN ALTITUDE EXCEEDS 13,000 FEET, CREW MUST DON OXYGEN MASKS BEFORE FURTHER TROUBLESHOOTING.

DO NOT EXCEED MAX CABIN DIFFERENTIAL OF 7.0 PSI. IN MANUAL CONTROL, CABIN PRESSURE CHANGES ARE EXTREMELY SENSITIVE TO CONTROL INPUTS.

NOTE

If aircraft altitude is less than 9,500 feet, crew should assume cabin altitude warning system has malfunctioned.

Annexe C – Liste minimale d'équipement de Perimeter Aviation LP

PERIMETER AVIATION				MINIMUM EQUIPMENT LIST	
MODELS SA226/SA227 SERIES				Amendment: 2	Page: 21-05 -1
				Date: Mar. 3, 2022	
ATA SYSTEM & SEQUENCE NUMBERS		1.	2. NUMBER INSTALLED		
Cat.			3. NUMBER REQUIRED FOR DISPATCH		
			4. REMARKS OR EXCEPTION		
21-AIR CONDITIONING					
5. Automatic Pressurization Controller	C	1	0		(O) May be inoperative for unpressurized flight. OR
	C	1	0		(O) May be inoperative for pressurized flight provided manual pressurization controller is operative.

PLACARDING:

- Placard as specified in the MCM.
- Where practical affix placard on or adjacent to the affected indicator and/or control, if not then to a location on the flight deck clearly visible to both flight crew-members.

OPERATING PROCEDURES:

CASE 1: Unpressurized Flight

- Select the Cabin Dump switch to the Dump position.
OR
- Select Manual Selector Valve to the Manual position and select full decrease.
- The Bleed Air Switches may be ON or OFF as required for air conditioning.

For flights carrying persons other than flight deck crew:

- Limit altitude to 10,000' ASL or between 10,000' ASL and 13,000' ASL for not more than 30 minutes.
- Limit rate of climb and descent to approximately 500 feet per minute for comfort.

For flights carrying flight deck crew only:

- Ensure sufficient oxygen supply is available for crew if flight above 10,000' ASL is planned for more than 30 minutes.

CASE 2: Pressurized Flight

- Maintain pressurization using the Manual Control and monitor throughout the flight.

Note: The Bleed Air Switches must be ON for PRESSURIZED flight.

1 of 2

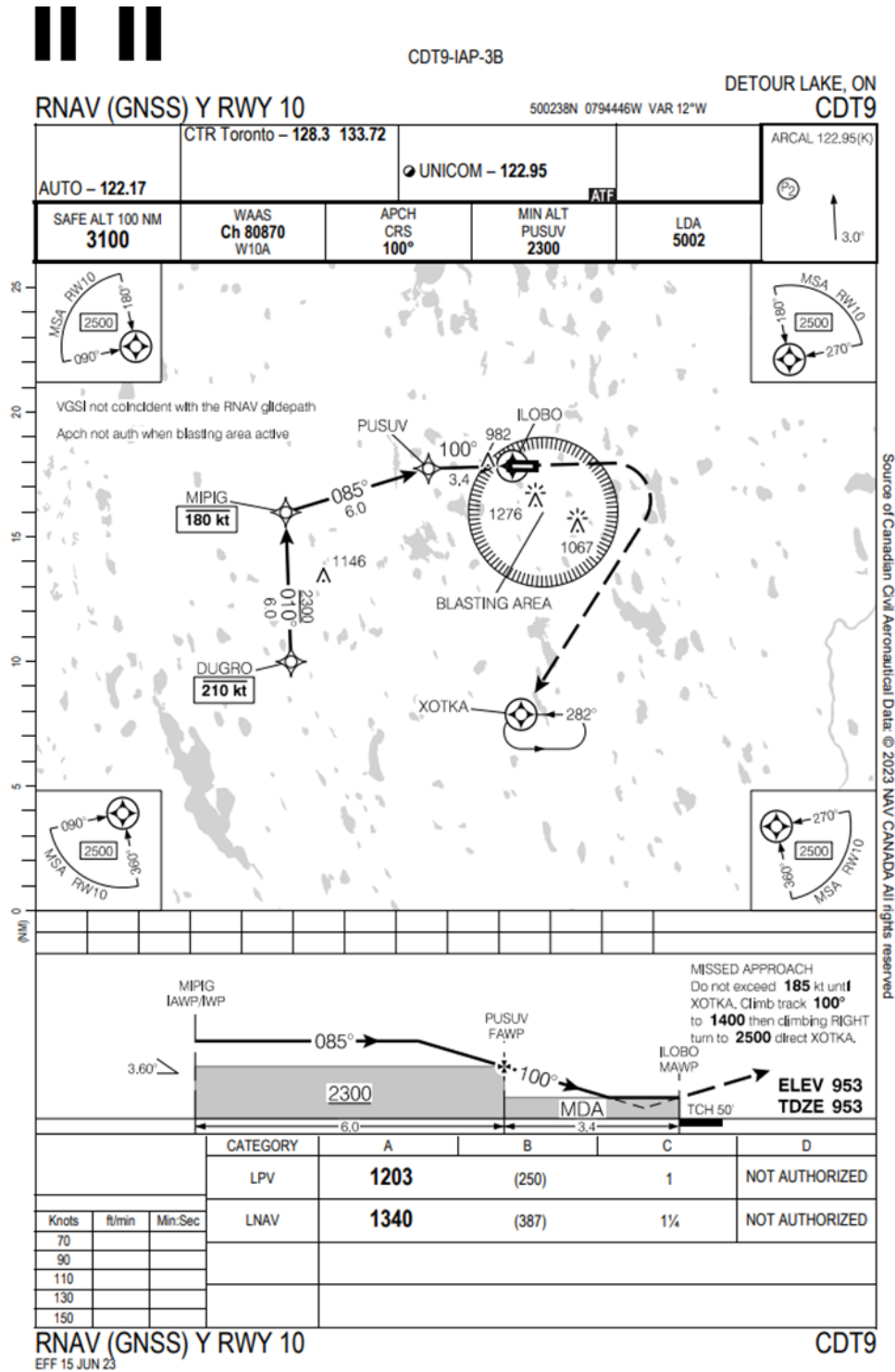
PERIMETER AVIATION	MINIMUM EQUIPMENT LIST	
MODELS SA226/SA227 SERIES	Amendment: 2	Page: 21-05 -2
	Date: Mar. 3, 2022	

2. Select Manual Position on the Cabin Pressure Selector.
3. Regulate pressure by adjusting Manual Control Valve not to exceed 7 psi Pressure Differential.
4. Prior to landing, the pressure differential must be eliminated by use of the Manual Control.

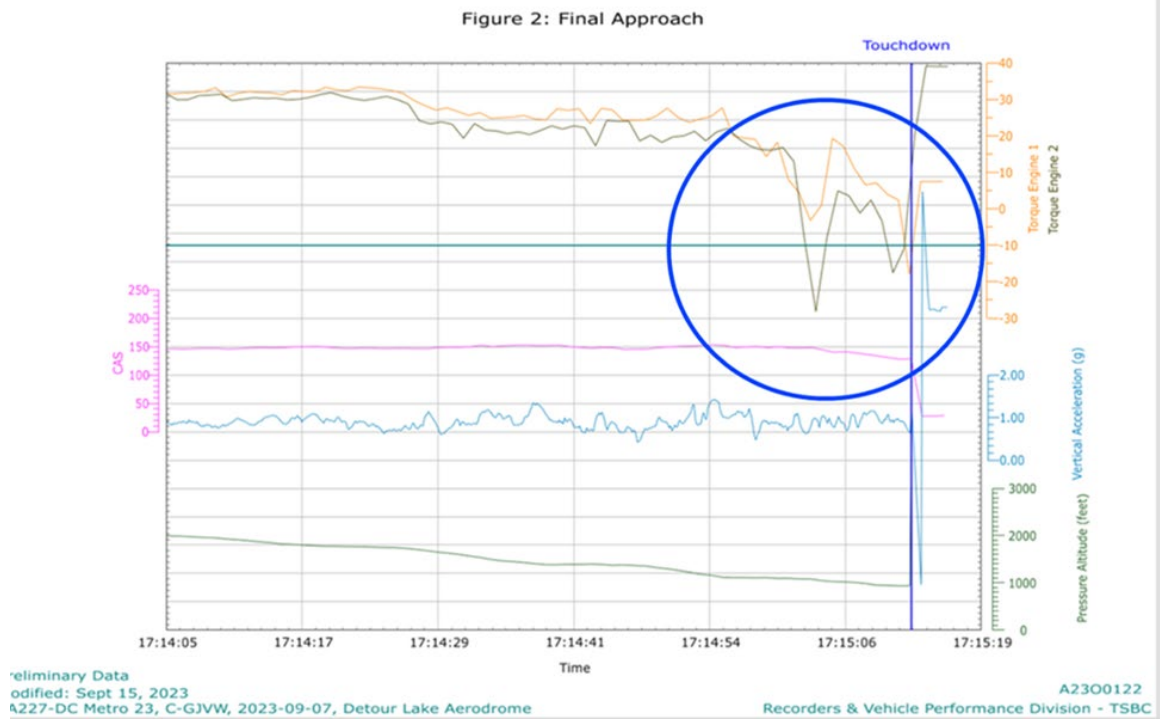
MAINTENANCE PROCEDURES:

None required.

Annexe D – Carte d’approche RNAV (GNSS) Y piste 10 à l’aérodrome de Detour Lake (à ne pas utiliser pour la navigation)



Annexe E – Graphique de l'enregistreur de données de vol capté au moment de la courte finale à l'atterrissage, indiquant quand les valeurs de couple négatives ont été enregistrées (encerclées)



Source : BST