



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada



# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22C0093

## IMPACT DE LA PARTIE ARRIÈRE DU FUSELAGE À L'ATERRISSAGE

Perimeter Aviation LP  
de Havilland DHC-8-314, C-GJYZ  
Aéroport de Sandy Lake (Ontario)  
19 octobre 2022

## 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](http://www.bst.gc.ca).

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

## CONDITIONS D'UTILISATION

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

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

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

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

Avisez le BST par écrit si 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 A22C0093 (publié le 21 mai 2024).

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](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2024

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A22C0093

N° de cat. TU3-10/22-0093F-PDF

ISBN 978-0-660-71794-4

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](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

## Table des matières

<b>1.0 Renseignements de base.....</b>	<b>6</b>
1.1 Déroulement du vol.....	6
1.2 Personnes blessées.....	8
1.3 Dommages à l'aéronef.....	8
1.4 Autres dommages.....	8
1.5 Renseignements sur le personnel.....	9
1.5.1 Commandant de bord.....	9
1.5.2 Premier officier.....	10
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	10
1.6.1 Voyant « TOUCHED RUNWAY ».....	11
1.6.2 Inspection suite à un atterrissage dur.....	11
1.7 Renseignements météorologiques.....	12
1.8 Aides à la navigation.....	12
1.9 Communications.....	12
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	12
1.10.1 Renseignements généraux.....	12
1.10.2 Indicateurs de trajectoire d'approche de précision simplifiée pour l'aérodrome.....	13
1.11 Enregistreurs de bord.....	14
1.11.1 Système de gestion de vol.....	14
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	15
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	17
1.14 Incendie.....	17
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	17
1.16 Essais et recherche.....	17
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST.....	17
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	18
1.17.1 Exploitant aérien.....	18
1.17.2 Formation et politiques sur les approches stabilisées.....	20
1.17.3 Procédures d'exploitation normalisées.....	20
1.17.4 Système de gestion de la sécurité.....	24
1.18 Renseignements supplémentaires.....	26
1.18.1 Constructeur.....	26
1.18.2 Approches stabilisées.....	27
1.18.3 Facteurs humains.....	32
<b>2.0 Analyse.....</b>	<b>34</b>
2.1 Généralités.....	34
2.2 Appariement des membres d'équipage de conduite.....	34
2.3 Critères d'une approche stabilisée.....	35
2.4 Contrôle du tangage pendant l'approche et l'atterrissage.....	36

2.5	Utilisation de systèmes de gestion de la sécurité pour aborder les approches non stabilisées .....	37
<b>3.0</b>	<b>Faits établis .....</b>	<b>39</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	39
3.2	Faits établis quant aux risques.....	39
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>40</b>
4.1	Mesures de sécurité prises.....	40
4.1.1	Perimeter Aviation LP.....	40
<b>Annexes.....</b>		<b>41</b>
	Annexe A – Tracés des données de vol.....	41

# RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22C0093

## IMPACT DE LA PARTIE ARRIÈRE DU FUSELAGE À L'ATERRISSAGE

Perimeter Aviation LP  
de Havilland DHC-8-314, C-GJYZ  
Aéroport de Sandy Lake (Ontario)  
19 octobre 2022

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

### Résumé

Le 19 octobre 2022 à 21 h 30, heure avancée du Centre, l'aéronef de Havilland DHC-8-314 (immatriculation C-GJYZ, numéro de série 368) exploité par Perimeter Aviation LP a quitté l'aéroport de Pikangikum (Ontario) pour effectuer un vol selon les règles de vol aux instruments à destination de l'aéroport de Sandy Lake (Ontario), avec 3 membres d'équipage et 28 passagers à son bord.

À 21 h 58, heure avancée du Centre, pendant l'atterrissage de nuit sur la piste 29, le train d'atterrissage principal de l'aéronef est entré en contact avec la piste à environ 350 pieds au-delà du seuil de la piste. L'aéronef a rebondi et a brièvement pris les airs à nouveau alors que le premier officier, qui était le pilote aux commandes, tentait de poursuivre l'atterrissage. Il a cabré l'aéronef pour tenter d'adoucir le toucher des roues qui devait s'ensuivre. Après que l'aéronef s'est posé fermement pour la 2<sup>e</sup> fois, il a indiqué qu'il allait remettre les gaz et a commencé à pousser les manettes des gaz. Le commandant de bord, qui était le pilote surveillant, s'est aperçu qu'il y avait eu impact de la partie arrière du fuselage et a pris les commandes de l'aéronef en réglant les manettes des gaz à la position de ralenti. Il a terminé la course à l'atterrissage alors qu'il restait environ 1600 pieds de piste et a circulé normalement jusqu'à l'aire de trafic.

Il n'y a eu aucun blessé confirmé. La structure inférieure de la partie arrière du fuselage de l'aéronef a subi des dommages importants.

## 1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

Le 18 octobre 2022, l'équipage de conduite de l'aéronef à l'étude a été informé par le centre de contrôle des opérations du système (SOCC) de Perimeter Aviation LP (Perimeter Aviation) qu'elle effectuerait le vol 663/664<sup>1</sup> entre l'aéroport de Pikangikum (CYPM) (Ontario) et l'aéroport de Sandy Lake (CZSJ) (Ontario) le lendemain. Le commandant de bord avait d'abord été affecté à un autre vol, mais il a été réaffecté au vol à l'étude après que des changements ont été apportés à son horaire. Le premier officier (P/O), quant à lui, avait été affecté à l'origine au vol 663/664.

Le 19 octobre, le vol 664 sur l'appareil de Havilland DHC-8-314 devait quitter CYPM à 18 h 30<sup>2</sup> et arriver à CZSJ à 19 h. Cependant, en raison d'un retard au sol, l'aéronef a quitté CYPM à 21 h 30, pendant les heures d'obscurité.

Il y avait 28 passagers, 1 agente de bord et 2 pilotes à bord. Le commandant de bord s'est désigné pour exercer les fonctions de pilote surveillant (PM) et a désigné le P/O pour exercer celles de pilote aux commandes (PF).

Alors que l'aéronef était en vol de croisière à 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) en route vers CZSJ, l'équipage de conduite a procédé à un exposé d'approche. Le PF a planifié une approche à vue de CZSJ sur la piste 29 avec guidage de navigation verticale assistée par satellite, et le PM a ensuite programmé l'approche LPV (performance d'alignement de piste avec guidage vertical) pour la piste 29 dans le système de gestion de vol (FMS). Les pilotes ont ensuite discuté de l'utilisation de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision simplifié (APAPI). Tous deux savaient qu'avec le guidage de l'APAPI, l'aéronef se poserait dans les 1000 premiers pieds de la piste, et, conformément au document *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP)* de Perimeter Aviation,<sup>3</sup> ils en ont tenu compte, sachant qu'ils allaient effectuer un atterrissage court à CZSJ. Après avoir consulté les tableaux de performance d'atterrissage correspondant à la masse de l'aéronef, les pilotes ont déterminé que la vitesse de référence à l'atterrissage ( $V_{ref}$ ) était de 105 nœuds et ont réglé leurs curseurs de vitesse<sup>4</sup>. À 21 h 41, les pilotes ont reçu le dernier bulletin météorologique automatisé pour CZSJ, qui indiquait des conditions météorologiques de vol à vue et des vents légers du nord-ouest.

<sup>1</sup> Le vol 663/664 de Perimeter Aviation est un vol en plusieurs étapes qui dessert plusieurs destinations entre Winnipeg (Manitoba) et le nord-ouest de l'Ontario. La route entre l'aéroport de Pikangikum (Ontario) et l'aéroport de Sandy Lake (Ontario) constituait 1 des étapes du vol 664.

<sup>2</sup> Toutes les heures sont exprimées en heure avancée du Centre (temps universel coordonné moins 5 heures).

<sup>3</sup> Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP)* (1<sup>er</sup> août 2021), section 2.8.4 : Short Field Landing, p. 150 (voir la section 1.10.1 *Renseignements généraux* du présent rapport).

<sup>4</sup> Les curseurs de vitesse sont des indicateurs sur les anémomètres qui peuvent être déplacés; ils servent à rappeler visuellement aux pilotes les vitesses de décollage et d'atterrissage importantes.

À 21 h 50, le commandant de bord et le P/O ont vu le message « LPV APPR INHIBITED » affiché sur le FMS de l'aéronef, indiquant une déféctuosité. En conséquence, les capacités d'approche LPV de l'aéronef ont été bloquées durant le reste du vol. Peu après, le PF a entamé une descente à vue vers CZSJ.

À 10 milles marins (NM), pendant le virage sur la trajectoire d'approche finale, le PF a mis l'aéronef en palier à 4000 pieds ASL. Après avoir confirmé avec le PF qu'il était à l'aise de poursuivre le vol à vue, le PM a demandé au PF de poursuivre la descente à vue. Le PF a débrayé le pilote automatique et a piloté l'aéronef manuellement durant le reste du vol.

Lorsque l'aéronef s'est trouvé à 5 NM en finale de la piste 29 à 3200 pieds ASL (2254 pieds au-dessus du sol [AGL]), le PM a déterminé que l'approche et l'atterrissage étaient possibles, même si l'aéronef volait à plus de 500 pieds au-dessus de la pente de 3,29° d'approche de l'APAPI<sup>5</sup>.

À 21 h 57, l'aéronef se trouvait à 3 NM du seuil, et il a franchi 2300 pieds ASL (1354 pieds AGL) en descente à une vitesse indiquée de 120 nœuds (KIAS) et à un taux de descente de 1000 pi/min. À ce moment-là, les volets ont été réglés à 15°, le train d'atterrissage a été sorti, les manettes des gaz ont été réglées à un couple de 15 % et les hélices ont été réglées à une vitesse de 1200 tr/min. L'aéronef se trouvait encore à environ 300 pieds au-dessus de la pente d'approche de 3,29° de l'APAPI.

Environ 1 minute plus tard, l'aéronef a atteint 500 pieds AGL à 1,2 NM du seuil, avec un taux de descente de 900 pi/min, une vitesse de 109 KIAS et un couple moteur de 10 %. Le PM a annoncé que l'approche était stabilisée et a conseillé au PF de maintenir le profil de descente. Simultanément, le PF a réduit le taux de descente à 500 pi/min et a augmenté le couple moteur. Le PM a mentionné à nouveau les voyants de l'APAPI et a informé le PF qu'un ajustement était nécessaire pour maintenir la bonne trajectoire d'approche.

À 21 h 58 min 35 s, l'aéronef était toujours au-dessus de la pente d'approche de l'APAPI, et le PF a réduit le couple moteur à environ 10 % à 0,63 NM du seuil de la piste. La vitesse indiquée en nœuds est restée relativement constante, entre 109 et 112 KIAS.

L'aéronef est ensuite descendu sur la pente d'approche de l'APAPI, et le PF a augmenté le couple de 10 % à environ 57 %, et a réduit le taux de descente à environ 160 pi/min. Alors que l'aéronef se trouvait à 0,2 NM du seuil de piste, le PF a réduit les réglages des manettes des gaz au ralenti de vol, ce qui s'est traduit par un couple d'environ 0 %; il a par la suite diminué l'angle de tangage de l'aéronef de 2°. Immédiatement après, pendant l'arrondi, le PF a effectué une commande prononcée en cabré (3 secondes avant l'impact de la partie arrière du fuselage avec la piste), augmentant ainsi l'angle de tangage pendant l'arrondi. Au même moment, le couple a commencé à augmenter progressivement à partir du ralenti de vol.

---

<sup>5</sup> Voir la section 1.10.2 *Indicateurs de trajectoire d'approche de précision simplifiée pour l'aérodrome* du présent rapport pour obtenir une explication de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision simplifiée (APAPI) et de la pente de guidage.

À 21 h 58 min 58,6 s, le train d'atterrissage principal de l'aéronef a touché la piste 350 pieds après le seuil, à un taux de descente de 950 pi/min, et l'angle de tangage a augmenté rapidement jusqu'à 5,8°. Une fraction de seconde plus tard, lorsque les amortisseurs oléopneumatiques du train d'atterrissage principal se sont comprimés, l'accélération verticale maximale enregistrée était de 3,61 *g*. L'angle de tangage de l'aéronef a atteint 7,24° tandis que le pilote augmentait le couple à 10 %. À ce moment, la partie arrière du fuselage de l'aéronef a heurté la piste.

À 21 h 58 min 59,7 s, l'aéronef a rebondi à une hauteur d'environ 1,5 pied, et le PF a rapidement réduit l'angle de tangage à 2,2°.

Quelques secondes plus tard, alors que l'aéronef se posait à nouveau et que le voyant de référence air-sol s'allumait, le PM a remarqué que l'indicateur « TOUCHED RUNWAY » [Piste touchée] s'était également allumé. Quelques instants plus tard, le PF a demandé une remise des gaz et a augmenté le régime des manettes de gaz. Le commandant de bord, ayant constaté qu'un impact de la partie arrière du fuselage s'était produit, a refusé la remise des gaz et a pris les commandes de l'aéronef.

À 21 h 59 min 17 s, l'aéronef a terminé sa course à l'atterrissage à environ 1900 pieds du seuil d'arrivée, alors qu'il restait environ 1600 pieds de piste. L'aéronef a ensuite circulé normalement jusqu'à l'aire de trafic.

Conformément à la liste de vérification associée à un impact de la partie arrière du fuselage, l'équipage de conduite a effectué une inspection externe de l'aéronef et a communiqué avec le département de l'entretien de Perimeter Aviation.

## **1.2 Personnes blessées**

Il n'y a pas eu de blessé confirmé parmi les 28 passagers à bord. Aucun des 3 membres d'équipage n'a été blessé.

## **1.3 Dommages à l'aéronef**

L'aéronef a subi des dommages importants à la structure inférieure de la partie arrière du fuselage.

## **1.4 Autres dommages**

Il n'y a pas eu d'autres dommages.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 1. 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	1 <sup>er</sup> octobre 2023	1 <sup>er</sup> août 2023
Heures de vol total	7721	2368
Heures de vol sur la série DHC-8-100	294	55,1
Heures de vol sur la série DHC-8-300	2940	49,9
Heures de vol total comme commandant de bord (aéronefs monomoteurs)	213	2028
Heures de vol comme commandant de bord sur ce type (séries 100 et 300)	13,7	0
Heures de vol comme commandant en second sur ce type (séries 100 et 300)	3220	92,3
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	25,5	19,5
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	90	94
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	214,5	105

### 1.5.1 Commandant de bord

Le commandant de bord a été embauché par Perimeter Aviation en juin 2022 en tant que P/O sur les aéronefs des séries DHC-8-100 et DHC-8-300. Avant de se joindre à Perimeter Aviation, il avait travaillé pour un exploitant aérien à la Barbade, accumulant environ 3000 heures de vol comme P/O sur des aéronefs DHC-8 des séries 100 et 300. Il détenait un certificat médical de catégorie 1 valide sans restriction.

Il a réussi sa formation initiale sur l'aéronef DHC-8 de Perimeter Aviation le 16 juillet 2022 et son contrôle de compétence pilote (CCP) sur DHC-8-100 et DHC-8-300 le 17 juillet 2022. Il a effectué 69 heures de formation préparatoire au poste de P/O, puis a été promu au poste de commandant de bord. Il a ensuite suivi 126,5 heures de formation préparatoire au poste de commandant de bord, portant à 195,5 heures la durée totale de sa formation préparatoire, alors que 20 heures sont exigées.<sup>6</sup> Il a réussi sa vérification de compétence en ligne de commandant de bord du DHC-8 le 14 octobre 2022. Avant de se joindre à Perimeter Aviation, le commandant de bord ne possédait aucune expérience de vol dans le nord du Canada.

Le jour de l'événement, le 19 octobre 2022, le commandant de bord en était à sa 2<sup>e</sup> journée de vol après sa vérification de compétence en ligne et avait accumulé 13,7 heures comme commandant de bord de DHC-8 au cours des 2 jours de vol précédant l'événement.

<sup>6</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien, Norme de service aérien commercial, Norme 725 : Exploitation d'une entreprise de transport aérien - Avions*, subdivision 725.124(33)(d)(iv)(B)(l).

Les dossiers indiquent que le commandant de bord possédait la licence et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Selon un examen des horaires de travail et de repos du commandant de bord, il avait eu une période de repos de 39 heures entre les périodes de service de vol. Rien n'indique que la fatigue a nui au rendement du commandant de bord.

### 1.5.2 Premier officier

Le P/O a été embauché par Perimeter Aviation en juillet 2022. Avant de se joindre à la compagnie, il avait travaillé pour un exploitant aérien chez qui il avait accumulé environ 2200 heures sur un Cessna 172. Le P/O était titulaire d'un certificat médical de catégorie 1 valide sans restrictions et avait obtenu sa qualification de vol aux instruments en mai 2022. Son poste à Perimeter Aviation était son premier poste de vol commercial dans un environnement à 2 membres d'équipage de conduite, ainsi que sa première expérience de vol dans le nord du Canada.

Le 14 septembre 2022, le P/O a terminé sa formation initiale de pilotage sur le DHC-8. Le lendemain, il a réussi son CCP sur les séries DHC-8-100 et DHC-8-300. Il a effectué 73,9 heures de formation préparatoire et a réussi sa vérification de compétence en ligne sur DHC-8 pour les P/O le 13 octobre 2022.

Le jour de l'événement, le 19 octobre 2022, marquait le 3<sup>e</sup> jour de vol du P/O depuis sa vérification de compétence en ligne. Il avait accumulé 18,4 heures pendant les 3 jours de vol précédant l'événement.

Le P/O avait les licences et qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Selon un examen de ses horaires de travail et de repos, il avait eu une période de repos de 15 heures entre les périodes de service de vol. Rien n'indique que la fatigue a nui au rendement du P/O.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le DHC-8-314 est un aéronef bimoteur pressurisé à turbopropulseurs et à aile haute muni d'un train d'atterrissage escamotable. L'aéronef à l'étude est certifié pour un équipage de conduite composé d'un minimum de 2 pilotes; il a une configuration de passagers et de marchandises qui lui permet de transporter jusqu'à 45 passagers, avec un minimum de 1 membre d'équipage de cabine. Il est immatriculé comme appareil commercial au nom de Perimeter Aviation et a été construit par de Havilland Inc. (actuellement De Havilland Aircraft of Canada Limited) en 1993.

L'examen du carnet de route et des dossiers techniques de l'aéronef n'a révélé aucune défectuosité non corrigée qui aurait pu contribuer à l'événement.

Tableau 2. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	de Havilland Inc.
Type, modèle et immatriculation	DHC-8-314, C-GJYZ
Année de construction	1993

Numéro de série	368
Date d'émission du certificat de navigabilité	5 octobre 2012
Total d'heures de vol cellule	57 349 heures
Type de moteur (nombre)	Pratt and Whitney Canada PW123B (2)
Type d'hélice ou de rotor (nombre)	Hamilton Standard, M/N – 14SF-23 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	43 000 livres
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

### 1.6.1 Voyant « TOUCHED RUNWAY »

Le voyant « TOUCHED RUNWAY » situé sur le panneau annonceur avertit l'équipage de conduite que la structure inférieure de la partie arrière du fuselage de l'aéronef est entrée en contact avec la piste. Le système consiste en un coupe-circuit frangible en cas de contact queue-sol, monté sur la section inférieure de la partie arrière du fuselage, qui allume un voyant d'avertissement rouge sur le panneau annonceur d'alarme du plafond dans le poste de pilotage. Le coupe-circuit ne peut pas être réinitialisé et doit être remplacé après s'être activé. L'allumage du voyant d'avertissement « TOUCHED RUNWAY » nécessite une inspection de l'aéronef par des membres qualifiés du personnel de maintenance avant d'entreprendre tout autre vol<sup>7</sup>.

### 1.6.2 Inspection suite à un atterrissage dur

La section 05-50-11 du manuel de maintenance d'aéronefs des DHC-8-311, DHC-8-314 et DHC-8-315 précise les procédures d'inspection à entreprendre après un atterrissage dur et avant la remise en service de l'aéronef<sup>8</sup>. Les atterrissages durs sont enregistrés par l'enregistreur de données de vol (FDR) et sont exprimés en accélération verticale ( $N_z$ ). Les inspections sont classées au niveau 1 ou 2, en fonction de la masse de l'aéronef à l'atterrissage.

Dans le cas d'aéronefs dont la masse à l'atterrissage est inférieure à 42 000 livres :

- une inspection de niveau 1 est requise si la  $N_z$  se situe entre 2,20 et 2,49 g;
- une inspection de niveau 2 est requise si la  $N_z$  est de 2,50 g ou plus.

<sup>7</sup> De Havilland Inc. (Bombardier Inc.), *Dash 8 Series 300 Model 311/314/315 Operating Data*, Revision 33 (5 décembre 2014), Section 22.40, p. 7.

<sup>8</sup> De Havilland Inc., *De Havilland Dash 8 Series 300 Aircraft Maintenance Manual*, (révisé 15 juillet 2021), section 05-50-11 : Hard Landing Inspection, p. 1.

Dans le cas d'aéronefs dont la masse à l'atterrissage se situe entre 42 000 et 43 000 livres :

- une inspection de niveau 1 est requise si la  $N_z$  se situe entre 1,40 et 1,69 *g*;
- une inspection de niveau 2 est requise si la  $N_z$  est de 1,70 *g* ou plus.

Après l'événement, au cours duquel l'aéronef à l'étude a fait un premier contact avec la piste avec une  $N_z$  de 3,61 *g*, une inspection de niveau 1 et une inspection de niveau 2 ont été effectuées.

## 1.7 Renseignements météorologiques

Au moment de l'événement, les conditions météorologiques à CZSJ étaient propices à une approche à vue. Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) diffusé à 22 h le 19 octobre 2022 pour CZSJ faisait état des conditions suivantes :

- vents du 320° vrai à 4 nœuds;
- visibilité de 9 milles terrestres;
- ciel dégagé;
- température de -1 °C et point de rosée de -3 °C.
- calage altimétrique de 29,85 pouces de mercure.

Les conditions météorologiques n'ont pas été considérées comme un facteur dans le présent événement.

## 1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9 Communications

Sans objet.

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

### 1.10.1 Renseignements généraux

CZSJ est un aérodrome certifié situé dans la collectivité de la Première Nation de Sandy Lake, dans le nord de l'Ontario. L'aéroport a 1 piste, la piste 11/29, orientée est-ouest, à surface en gravier de 3507 pieds de longueur et de 100 pieds de largeur. Au moment de l'événement, 2 approches de navigation de surface (RNAV) étaient disponibles : une pour la piste 11 et l'autre pour la piste 29. L'altitude de la zone de toucher des roues pour la piste 29 est de 946 pieds ASL.

Selon les SOP de Perimeter Aviation, la piste de CZSJ est considérée comme une piste courte sur laquelle une technique d'atterrissage court est nécessaire pour s'assurer que l'aéronef franchit le seuil à environ 30 pieds AGL et se pose dans les 500 premiers pieds de la piste<sup>9</sup>.

### 1.10.2 Indicateurs de trajectoire d'approche de précision simplifiée pour l'aérodrome

La piste 29 de CZSJ est dotée d'un indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI). Ces indicateurs servent de guide visuel pour la pente d'approche lorsque les pilotes effectuent une approche à vue pendant la nuit. Le *Supplément de vol — Canada* définit 4 catégories de PAPI, en fonction de la hauteur entre les yeux<sup>10</sup> et les roues de l'aéronef: P1, P2, P3 et AP<sup>11</sup>. L'indicatif AP apparaît dans la section « Balisage » de l'entrée du *Supplément de vol — Canada* consacrée à CZSJ, et il indique que la piste 29 a un PAPI simplifié (APAPI).

Les APAPI comprennent 2 feux disposés en barre de flanc du côté gauche de la piste (figure 1). Lorsque l'aéronef se trouve :

- a) au-dessus de la pente d'approche, les deux feux sont blancs.
- b) sur ou tout près de la pente d'approche, le feu le plus rapproché du bord de la piste est rouge et le feu le plus éloigné est blanc.
- c) en dessous de la pente d'approche, les deux feux sont rouges.<sup>12</sup>

<sup>9</sup> Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP)* (1<sup>er</sup> août 2021), section 2.8.4 : Short Field Landing, p. 150.

<sup>10</sup> La hauteur entre les yeux et les roues est « la distance verticale en vol entre la trajectoire des yeux du pilote et celle des roues [...] Cette distance est définie par l'angle de la pente d'approche et celui de tangage pour la masse maximale autorisée à l'atterrissage à la vitesse  $V_{REF}$  ». (Source : Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada [AIM de TC], AGA—Aérodromes* [6 octobre 2022], section 7.6.4.1, p. 75.)

<sup>11</sup> NAV CANADA, *Canada Flight Supplement* (effective 20 April 2023 to 15 June 2023), General, p. A85.

<sup>12</sup> Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC), AGA—Aérodromes* (6 octobre 2022), section 7.6.3, p. 74.

La géométrie de l'APAPI à CZSJ a été inspectée le 17 octobre 2022. Il a été déterminé que le « centre » du guidage en approche verticale se trouvait à une pente de 3,29° par rapport à la piste, alors que le guidage en approche verticale nominale était de 3,00°. Par conséquent, si l'aéronef s'était trouvé directement au « centre » de la pente, son alignement de descente aurait été de 3,29°. Le point cible de l'atterrissage d'après l'alignement de descente de 3,29° se trouve à environ 330 pieds du seuil de la piste.

### 1.11 Enregistreurs de bord

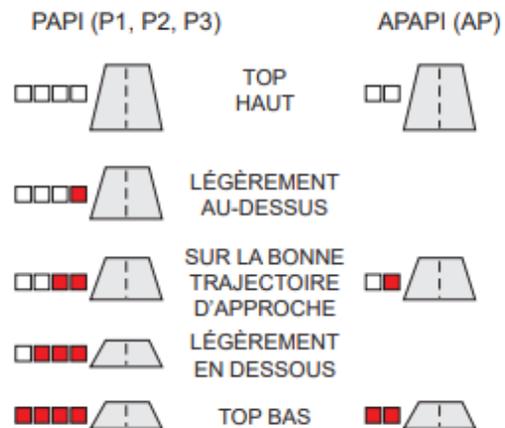
L'aéronef à l'étude était équipé d'un enregistreur de conversations dans le poste de pilotage (CVR) capable d'enregistrer 120 minutes de données sonores et d'un FDR qui enregistrerait divers paramètres, y compris l'indication de référence air-sol, l'indication de voyant « TOUCHED RUNWAY » et les données d'accélération verticale ( $N_z$ ). L'aéronef était également muni d'un ordinateur gérant le FMS, qui assurait le contrôle centralisé des capteurs de navigation de l'aéronef, de la planification de vol informatisée et de la gestion du carburant.

Le CVR et le FDR ont été retirés de l'aéronef et envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario) pour le téléchargement des données. Le CVR a fourni l'enregistrement audio des communications entre le commandant de bord et le P/O avant et pendant l'événement. Les données qui ont révélé une décélération verticale ( $N_z$ ) de 3,61 *g* lors du contact initial avec la piste ont été tirées du FDR tout comme d'autres paramètres pour le vol à l'étude (annexe A).

#### 1.11.1 Système de gestion de vol

Les données de l'ordinateur gérant le FMS ont été téléchargées dans l'aéronef, et un examen a révélé le message « LPV2 APPR INHIBITED » dans les données des deux unités du FMS. Deux défaillances, « Antenna Offset Config Not Confirmed » et « Loss of Guidance Function », ont été enregistrées au cours de l'essai intégré au démarrage et ont entraîné le blocage de l'approche. Selon la mémoire interne non volatile du FMS, l'une des unités du FMS a déclenché les défaillances lors d'une perte de puissance, ce qui a entraîné l'inhibition du LPV. Environ 1 seconde après la perte de puissance, le GPS (système de positionnement mondial) s'est réinitialisé et a recommencé à fonctionner normalement. Cependant, étant donné que les défaillances avaient été signalées pendant l'essai intégré, le LPV est resté bloqué pendant toute la durée du vol, même si le GPS fonctionnait comme prévu.

Figure 1. Indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) et PAPI simplifié (APAPI) (Source : Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC), AGA—Aérodromes* (6 octobre 2022], figure 7-7, p. 75.)



## 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Les premières marques faites par le train d'atterrissage principal de l'aéronef à l'étude lors de son atterrissage sur la piste 29 de CZSJ se trouvaient à environ 350 pieds du seuil de la piste. La partie arrière du fuselage est entrée en contact avec la piste tout de suite après (figure 2).

Figure 2. Marque d'impact faite par le fuselage de l'aéronef montrant le point d'impact sur la piste 29 (Source : Aéroport de Sandy Lake)



L'aéronef a subi des dommages importants sur la structure inférieure de la partie arrière du fuselage, qui consistaient en la déformation des cloisons et des marques sur le revêtement inférieur (figure 3). De plus, le coupe-circuit en cas de contact queue-sol s'est rompu pendant l'impact.

Figure 3. Vue extérieure de la partie arrière du fuselage de l'aéronef à l'étude, montrant le coupe-circuit en cas de contact queue-sol manquant (Source : BST)



L'aéronef a été inspecté sur place par le personnel de maintenance de la compagnie, en consultation avec l'avionneur. L'aéronef a ensuite été ramené à l'installation de maintenance de l'exploitant en vertu d'un permis de vol délivré par la compagnie pour y être réparé.

L'aéronef a fait l'objet d'une inspection suite à un atterrissage dur (niveau 1 et niveau 2), qui a donné lieu au remplacement de tous les composants amortissants du train d'atterrissage principal. Une inspection des moteurs, des bâtis moteurs et des nacelles n'a révélé aucune anomalie. L'aéronef a également subi des dommages structurels intérieurs. On a constaté un flambage des éléments structurels dans la zone d'impact avec la piste (figure 4).

Figure 4. Dommages structurels intérieurs sous le plancher et au-dessus du coupe-circuit en cas de contact queue-sol manquant (Source : BST)



### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'information recueillie au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance de l'équipage de conduite.

### 1.14 Incendie

Sans objet.

### 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

### 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 :

- LP100/2022 – NVM Recovery — FMS [Récupération des données de la mémoire non volatile — FMS]
- LP097/2022 – CVR Data Recovery [Récupération des données du CVR]
- LP096/2022 – FDR Performance Analysis [Analyse de la performance du FDR]

## 1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

### 1.17.1 Exploitant aérien

Perimeter Aviation est un exploitant aérien régional qui offre des services de vols réguliers, d'affrètement et d'ambulance aérienne dans de nombreuses localités éloignées du Manitoba et du nord-ouest de l'Ontario, en vertu des sous-parties 703 (taxi aérien), 704 (service aérien de navette) et 705 (transport aérien) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Le siège social de Perimeter Aviation est à Winnipeg (Manitoba).

Au moment de l'événement à l'étude, Perimeter Aviation exploitait 6 aéronefs de Havilland DHC-8-100 et 6 aéronefs de Havilland DHC-8-300 en vertu de la sous-partie 705 du RAC.

#### 1.17.1.1 Pilotes de ligne des DHC-8

Au moment de l'événement à l'étude, l'effectif budgétisé de Perimeter Aviation comptait 40 commandants de bord et 44 P/O pour les opérations sur les DHC-8, et environ 75 % de cet effectif budgétisé avait été pourvu.

Entre le 1<sup>er</sup> octobre 2021 et le 1<sup>er</sup> octobre 2022, le roulement des pilotes de DHC-8 de la compagnie a été considérable : 34 pilotes de DHC-8 ont quitté la compagnie, dont 13 commandants de bord et 21 P/O. Durant cette même période, la compagnie avait embauché 18 nouveaux pilotes de DHC-8, y compris les pilotes dans l'événement à l'étude.

#### 1.17.1.2 Affectation et appariement des membres d'équipage de conduite

Le manuel d'exploitation de l'entreprise (COM) de Perimeter Aviation comporte une section relative aux restrictions d'appariement des membres d'équipage et à l'expérience minimale, qui indique ce qui suit [traduction] :

Conformément à la Norme de service aérien commercial [NSAC] 725.108, les restrictions relatives à l'appariement des membres d'équipage de conduite établissent les niveaux d'expérience minimums pour cet équipage. Les restrictions relatives à l'appariement des membres d'équipage de conduite s'appliquent lorsque l'une des situations suivantes concerne le commandant de bord ou le commandant en second lorsqu'ils sont à l'emploi de Perimeter Aviation LP :

- après la nomination initiale à titre de commandant de bord ou de commandant en second;
- après la première promotion du poste de commandant en second à celui de commandant de bord sur tout type d'avion, sauf s'il s'agit du même type d'avion;

[...] Lorsque des restrictions relatives à l'appariement des membres d'équipage s'appliquent, elles entrent en vigueur après la réussite du contrôle de compétence du pilote dans le nouveau poste ou le nouveau type, et elles demeurent en vigueur jusqu'à la fin de la période de consolidation de ce membre d'équipage de conduite.

[...] Les heures qui s'appliquent aux restrictions relatives à l'appariement des membres d'équipage comptent également aux fins de l'entraînement en ligne et de la période de consolidation stipulées à l'article 725.106 des NSAC<sup>13</sup>.

Conformément aux *Normes de service aérien commercial*<sup>14</sup>, le COM de Perimeter Aviation précise ce qui suit en ce qui concerne la période de consolidation [traduction] :

La période de consolidation est le délai dans lequel un/une pilote doit acquérir une première expérience opérationnelle sur l'aéronef pour lequel il/elle a réussi un premier CCP. Cette période est destinée à renforcer et à améliorer la rétention de l'entraînement initial du/de la pilote.

[...] La période de consolidation doit se dérouler selon l'une des limites de temps suivantes :

- 50 heures en 60 jours;
- 75 heures en 90 jours;
- 100 heures en 120 jours<sup>15</sup>.

Les deux pilotes de l'événement à l'étude avaient terminé la période de consolidation en effectuant plus de 50 heures de vol dans les 60 jours suivant leur CCP, pendant leur période de formation préparatoire. Même si le commandant de bord en était à son 2<sup>e</sup> jour de vol et le P/O, à son 3<sup>e</sup> depuis leur vérification de compétence en ligne, l'appariement des membres de l'équipage de conduite du vol à l'étude était conforme aux exigences de Perimeter Aviation et de la réglementation.

Les opérations quotidiennes de Perimeter Aviation sont gérées par la directrice ou le directeur de service du SOCC. La personne qui joue ce rôle est déléguée par la ou le gestionnaire des opérations et est [traduction] « responsable de la mise en œuvre et de la communication efficaces du plan opérationnel quotidien des vols réguliers et des vols affrétés en dirigeant les ressources disponibles<sup>16</sup> ».

La direction de Perimeter Aviation approuve l'affectation mensuelle des pilotes et n'a pas apparié au départ les pilotes dans l'événement à l'étude, puisqu'il existait une pratique informelle consistant à ne pas affecter au même vol des pilotes ayant une expérience limitée dans leur rôle. Bien que les 2 pilotes avaient répondu à toutes les exigences pour effectuer le vol, ils avaient tous 2 une expérience limitée dans leur rôle : le commandant de bord en était à son 2<sup>e</sup> jour dans ce rôle, tandis que le P/O en était à son 3<sup>e</sup>. Cependant, le SOCC de la compagnie a apparié les pilotes dans l'événement à l'étude lors d'un changement

<sup>13</sup> Perimeter Aviation LP, *Company Operations Manual (COM) Policies and Procedures*, révision 17 (30 mars 2022), section 8.3.2 : Crew Pairing Restrictions and Minimum Experience (705), p. 162 et 163.

<sup>14</sup> Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien, Normes de service aérien commercial*, norme 725 : Exploitation d'une entreprise de transport aérien - Avions, paragraphe 725.106(7).

<sup>15</sup> Perimeter Aviation LP, *Company Operations Manual (COM) Policies and Procedures*, révision 17 (30 mars 2022), section 8.4.13 : Consolidation Period (705), p. 168.

<sup>16</sup> Ibid., section 3.2.8 : SOCC Duty Manager, p. 48.

d'affectation quotidien<sup>17</sup>. L'enquête a permis de déterminer que les changements d'affectation quotidiens par le SOCC n'avaient pas de processus en place pour éviter d'apparier 2 pilotes avec une expérience limitée dans leurs rôles pour le même vol.

### 1.17.2 Formation et politiques sur les approches stabilisées

Bien que le RAC ne l'exige pas, la formation et la sensibilisation aux facteurs qui contribuent à une approche stabilisée est une mesure recommandée aux exploitants aériens conformément à l'Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2014-03 de Transports Canada<sup>18</sup>.

Un examen des dossiers de formation des pilotes et du manuel de formation des équipages de conduite<sup>19</sup> de Perimeter Aviation a permis de déterminer que les facteurs d'une approche stabilisée ne sont pas intégrés à la formation initiale ou périodique à l'échelle de la flotte de Perimeter Aviation. Il ne faut pas confondre cette formation avec la formation sur l'approche stabilisée avec angle de descente constant (SCDA), que la compagnie a effectivement mise en place pour l'ensemble de sa flotte<sup>20</sup>.

L'ASAC 2014-13 recommande également que les exploitants aériens examinent la base de données de leur système de gestion de la sécurité (SGS) pour déterminer la fréquence des approches non stabilisées afin de faire une évaluation proactive des dangers et risques qu'elles posent. Entre octobre 2021 et octobre 2022, Perimeter Aviation a effectué environ 34 000 vols. Au cours de cette période, 36 approches interrompues et 3 approches non stabilisées ont été signalées à la compagnie par l'intermédiaire de son SGS.

### 1.17.3 Procédures d'exploitation normalisées

Perimeter Aviation exige que le personnel connaisse le contenu des SOP et applique les politiques et les procédures en conséquence.

Le manuel contient les instructions et les renseignements permettant au personnel concerné d'exercer ses fonctions en toute sécurité, de même que les renseignements qu'exigent le RAC et les *Normes de service aérien commercial*. Les SOP sont destinées à compléter, et non à remplacer, la réglementation existante. Elles intègrent également des pratiques exemplaires de l'industrie qui peuvent aller au-delà des exigences du RAC.

Les sections qui suivent donnent un aperçu de plusieurs politiques et procédures comprises dans les SOP qui sont pertinentes pour l'enquête.

<sup>17</sup> Il s'agit d'une action de routine, étant donné que l'exploitant aérien peut avoir besoin d'effectuer un changement d'affectation quotidien lorsque la disponibilité d'un pilote est touchée et que ce pilote n'est donc plus en mesure d'effectuer un vol auquel il avait été affecté à l'origine.

<sup>18</sup> Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2014-03, *Utilisation des SGS pour examiner les dangers et les risques associés aux approches non stabilisées*, numéro 01 (27 juin 2014).

<sup>19</sup> Perimeter Aviation LP, *Flight Crew Training Manual (FCTM)*, révision 6 (1<sup>er</sup> décembre 2021).

<sup>20</sup> Ibid., section 12.7 : Stabilized Constant Descent Angle (SCDA) Non-Precision Approach Training, p. 221.

### 1.17.3.1 Critères d'une approche stabilisée

D'après la section 2.7.21 des SOP, en situation normale et dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC), l'aéronef doit se trouver sur une approche stabilisée au plus tard à 500 pieds au-dessus de l'élévation de l'aérodrome<sup>21</sup>.

Voici les facteurs d'une approche stabilisée, comme ils sont énumérés dans les SOP [traduction] :

- l'aéronef se trouve sur la bonne trajectoire de vol;
- seules des rectifications mineures au cap ou au tangage sont nécessaires pour maintenir la bonne trajectoire de vol;
- la vitesse anémométrique n'est pas supérieure à la  $V_{ref} + 20$  nœuds de vitesse indiquée (pour l'angle des volets sélectionné) ni inférieure à la  $V_{ref}$  plus tout facteur de correction associé (vent, etc.);
- 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;
- tous les exposés verbaux ont été donnés, et toutes les listes de vérification ont été effectuées.

[...]

**Remarque :** En cas d'écart par rapport aux critères ci-dessus, une remise des gaz doit être enclenchée. Un rapport du SGS doit être présenté dans un délai de 24 heures à des fins de suivi statistique<sup>22</sup>.

Bien que ces directives exigent que la puissance soit maintenue au-dessus du réglage minimum défini dans le manuel d'exploitation, le manuel d'exploitation du DHC-8<sup>23</sup> ne mentionne aucun réglage minimum de ce genre. Le réglage de puissance recommandé le plus proche dans les SOP, d'après les conditions présentes au moment de l'événement, est un réglage de puissance de 10 % de couple avec les volets réglés à 15°, les deux moteurs en marche et une vitesse d'aéronef de 120 nœuds. Selon les SOP, ce réglage de puissance recommandé et la configuration de l'aéronef se traduiraient par un taux de descente de 1000 pi/min pendant l'approche<sup>24</sup>.

<sup>21</sup> Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP), Policies and Procedures*, (01 août 2021), section 2.7.21: Stabilized Approach Factors, p. 143.

<sup>22</sup> Ibid., p. 142 et 143.

<sup>23</sup> De Havilland Inc. (Bombardier Inc.), *Dash 8 Series 300 Model 311/314/315 Operating Data*, révision 33 (5 décembre 2014).

<sup>24</sup> Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP), Policies and Procedures*, (1<sup>er</sup> août 2021), section 2.7.23 : Target Power Settings, p. 144.

### 1.17.3.2 Procédure d'atterrissage normal

Les SOP expliquent qu'il est essentiel que les pilotes établissent une approche stabilisée en finale pour s'assurer que l'aéronef se trouve dans un état énergétique approprié (avec l'assiette, la puissance et la performance adéquates qui en découle) pour l'atterrissage. Dans les 500 derniers pieds de l'approche, seuls des ajustements minimaux doivent être apportés aux réglages des manettes des gaz, et l'aéronef doit être compensé en fonction de l'état énergétique approprié pour suivre une trajectoire constante<sup>25</sup>.

Les SOP décrivent également l'approche des volets à 15 °. Pendant cette approche, à 20 pieds au-dessus de la zone de poser, le pilote doit « amener en douceur l'aéronef en cabré pour l'arrondi, tout en réduisant la puissance au besoin, ce qui permet à l'aéronef de descendre sur la piste.<sup>26</sup> » Pendant l'arrondi, le changement d'assiette en tangage est d'environ 4° ou 5° (d'environ 0° à 1° de cabré à 4° à 5° de cabré).<sup>27</sup>

#### 1.17.3.2.1 Annonces d'assiette en tangage

Pendant l'atterrissage, les annonces d'assiette en tangage (tableau 3) doivent être verbalisées. Si le PF n'ajuste pas la puissance, le tangage et la vitesse lorsqu'une annonce est faite, le PM doit annoncer à nouveau « Attitude » (assiette) et le PF doit prendre des mesures correctives pour éviter un impact de la partie arrière du fuselage. Les SOP préviennent que si un arrondi est effectué avec une assiette en tangage supérieure à 6° sur un aéronef de la série DHC-8-300, la partie arrière du fuselage de l'aéronef pourrait entrer en contact avec la piste<sup>28</sup>.

Tableau 3. Annonces d'assiette en tangage (Source : Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures [SOP], Policies and Procedures*, [1<sup>er</sup> août 2021], Section 2.8.3.1 : Pitch Awareness Calls, p. 148, traduction par le BST.)

Lieu	PM – Annonce	PF – Réponse
Tangage de 5 degrés	« 5 degrés »	« OK »
Tangage de 6 degrés ou plus • LDG ATT 6 DEG [assiette d'atterrissage de 6 degrés] – (message DH3 AD)	< tangage de l'aéronef > « degrés »	« Correction »

### 1.17.3.3 Procédure d'approche à vue

Bien que les SOP de Perimeter Aviation décrivent en détail les approches selon les règles de vol aux instruments, elles ne décrivent pas les approches à vue et ne fournissent pas de profil de descente selon les règles de vol à vue (VFR). Elles ne fournissent que le profil du circuit VFR (figure 5).

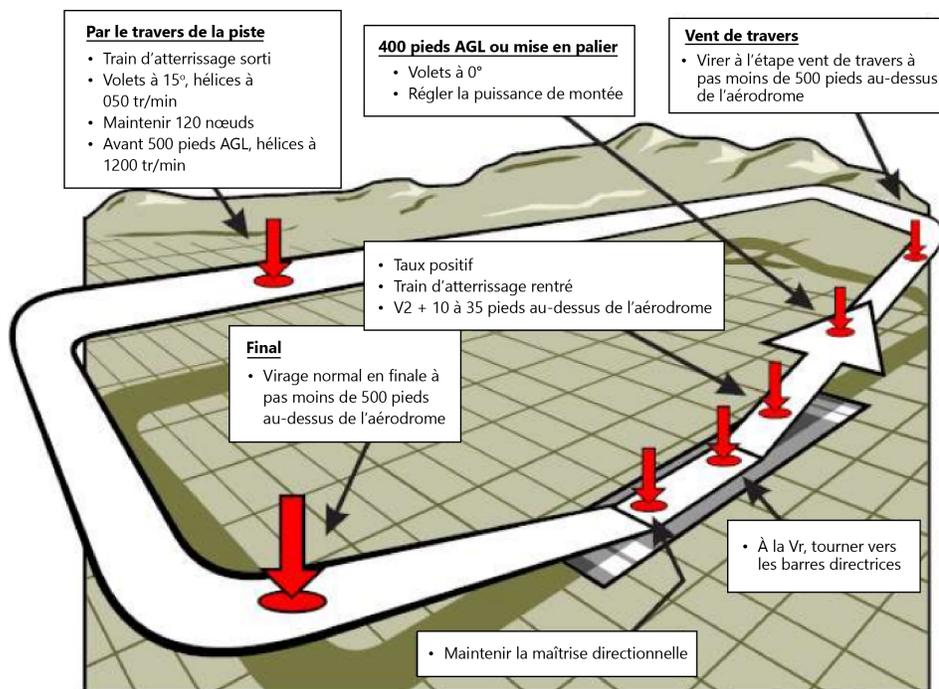
<sup>25</sup> Ibid., section 2.8.3 : Normal Landing, p. 147.

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> Ibid.

<sup>28</sup> Ibid., section 2.8.3.1 : Pitch Awareness Calls, p. 149.

Figure 5. Diagramme du circuit des règles de vol à vue figurant dans les procédures d'exploitation normalisées de Perimeter Aviation LP (Source : Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures [SOP], Policies and Procedures*, [1<sup>er</sup> août 2021], section 5.9 : VFR Circuit, p. 258, traduit par le BST.)



### 1.17.3.3.1 Annonces d'approche à vue

Les SOP prévoient également des annonces pour les approches stabilisées ou non stabilisées dans des conditions de vol à vue, qui doivent être verbalisées à l'endroit indiqué (tableau 4).

Tableau 4. Annonces standard pour une approche à vue (Source : Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures [SOP], Policies and Procedures*, [01 August 2021], Section 1.2.13.1 : Enroute Calls, a. Visual Conditions, p. 30, traduction par le BST.)

Lieu	PM – Annonce	PF – Réponse
Indication « 500 » par le dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS)	« <b>Stable, prélèvements fermés, vérification d'atterrissage terminée</b> », ou « <b>Non stable</b> »	« <b>OK</b> » « <b>Remise des gaz, puissance maximale</b> »

Les SOP précisent en outre ceci [traduction] :

Une approche aux instruments doit être chargée dans le FMS avec la carte d'approche applicable disponible pour toutes les approches à vue.

[...] S'il n'y a pas de guidage visuel de disponible pour la piste (c.-à-d. du VASIS [indicateur visuel de pente d'approche] ou du PAPI), l'équipage de conduite doit, dans la mesure du possible, donner un exposé sur un point de descente à vue<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Ibid., section 2.7.20.6 : Visual Approach Calls, p. 141 et 142.

Les critères suivants relatifs au point de descente à vue sont également présentés [traduction] :

Il est donc suggéré que l'équipage évalue la distance minimale requise par rapport à l'aéroport pour effectuer une descente normale jusqu'au point de poser de la piste. Dans la plupart des cas, une pente de 3°.

[...] Pour utiliser cette technique, il faut disposer d'une méthode quantifiée pour déterminer la distance par rapport au seuil de piste, en utilisant les aides à la navigation au sol ou la distance GPS<sup>30</sup>.

Les SOP expliquent comment calculer mathématiquement une pente de descente de 3°<sup>31</sup> pour assurer la sécurité des opérations lorsque l'assistance avec guidage vertical n'est pas disponible. Le calcul repose sur la règle du 1 sur 60 et équivaut à une pente d'environ 300 pieds verticaux par NM.

#### 1.17.4 Système de gestion de la sécurité

Perimeter Aviation dispose d'un SGS approuvé par Transports Canada. Selon le manuel du SGS de la compagnie, les services de celle-ci sont divisés en 4 groupes dans la base de données du SGS de la compagnie : opérations aériennes; sécurité et qualité; maintenance; services commerciaux. Les rapports du SGS qui sont présentés sont attribués à 1 de ces 4 groupes pour approfondir l'enquête<sup>32</sup>.

Conformément au SGS de la compagnie, l'équipage de conduite a signalé cet événement. Le service des opérations aériennes de la compagnie a enquêté sur l'événement et a rempli le dossier pour le rapport du SGS, en exposant en détail l'analyse des causes profondes, les facteurs de causalité ainsi que le plan de correction ou d'atténuation de l'enquête.

Dans le cadre de son enquête, la compagnie a établi un lien avec un événement similaire mettant en cause l'un de ses aéronefs DHC-8-314, qui avait heurté la partie arrière de son fuselage à l'atterrissage à l'aéroport de Big Trout Lake (CYTL) (Ontario) le 27 octobre 2022, soit un peu plus de 1 semaine après l'événement survenu à CZSJ.

L'un des éléments de l'analyse des causes profondes de l'enquête menée par la compagnie a permis de déterminer que l'approche et l'atterrissage non stabilisés avaient constitué un facteur. Au cours de l'analyse des causes profondes, le service des opérations aériennes de Perimeter Aviation n'a pas analysé les données de vol enregistrées par l'un ou l'autre des 2 FDR, que ce soit pour comprendre les vols individuels ou pour déterminer si les approches non stabilisées étaient un problème isolé ou systémique. Le rapport contenait un plan de correction et d'atténuation des facteurs de causalité des approches non stabilisées.

<sup>30</sup> Ibid., p. 142.

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Perimeter Aviation LP, *Safety Management System Manual (SMS), Policies and Procedures*, révision 9 (14 avril 2022), p. 11 et 12.

Sous la rubrique « Causal Factors » (Facteurs de causalité) du rapport du SGS, le rapport faisait état de [traduction] « dommages attribuables à l'impact avec le sol », de l'« impact de la queue » et du « programme, du contenu et des méthodes de formation »<sup>33</sup>.

Le plan de correction et d'atténuation qui est exposé en détail dans le rapport sur les facteurs de causalité comprenait les éléments suivants<sup>34</sup> [traduction] :

- Définir les restrictions des P/O et envoyer de la sensibilisation au tangage aux équipages.
- Mettre en œuvre des critères relatifs aux approches et à l'atterrissage qui sont clairs pour les Dash 8 de série 300.
- Retirer les membres d'équipage de leurs fonctions en attendant les résultats de l'enquête.
- Réviser et modifier le processus et les attentes en ce qui concerne la formation préparatoire.
- Examiner le commandement et la prise de décisions avec le commandant de bord.
- Dispenser un entraînement sur simulateur supplémentaire pour le commandant de bord.
- Réviser le programme de formation.
- Mettre en œuvre une politique formelle d'appariement entre les commandants de bord détenant une licence restreinte et les P/O détenant une licence restreinte.

#### 1.17.4.1 Programme de suivi des données de vol

Le BST a mené une enquête sur les antécédents de vol de l'aéronef DHC-8-314 de Perimeter Aviation, y compris sur les données de vol antérieures. Le BST a analysé les données du FDR des deux aéronefs. Les données correspondaient à un total combiné de 246 vols. Cette quantité de données de vol a été considérée comme une représentation statistiquement pertinente de l'exploitation de l'aéronef DHC-8-314 par l'exploitant aérien.

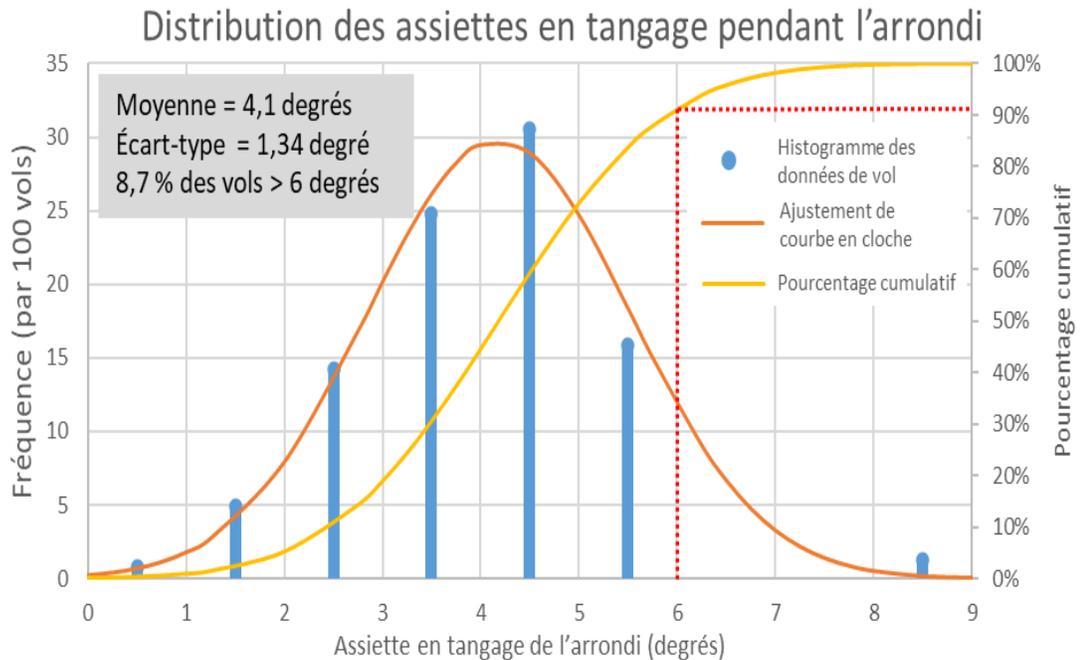
Le pic de l'assiette en tangage atteint par les aéronefs pendant l'atterrissage a suscité un intérêt particulier. Le BST a créé des algorithmes sur mesure pour analyser les données de vol et détecter ainsi le pic atteint par l'assiette en tangage pendant les derniers instants de l'arrondi et le poser (figure 6).

---

<sup>33</sup> Perimeter Aviation LP, Safety Management System Report n° 22-1021-13-1144 (20 février 2023), p. 9.

<sup>34</sup> Ibid., p. 9-13.

Figure 6. Graphique montrant les assiettes en tangage pendant l'arrondi (Source : BST)



L'assiette en tangage à laquelle la partie arrière du fuselage de l'aéronef DHC-8-314 touche le sol varie de 6,8° à 11,9°, selon le degré de compression du train d'atterrissage principal.

Les SOP de l'exploitant aérien indiquent que le tangage ne doit pas dépasser 6° pendant l'arrondi. Cependant, les résultats de l'analyse statistique montrent que 8,7 % des atterrissages enregistrés présentaient une assiette en tangage qui dépassait ce seuil.

Les programmes et logiciels de suivi des données de vol (FDM) sont capables de détecter ces risques et d'autres risques potentiels. Un programme fonctionnel pourrait permettre de recenser de manière proactive les tendances négatives en matière de sécurité et de fournir des renseignements en temps opportun, ce qui permettrait à l'exploitant aérien de mettre en œuvre des mesures supplémentaires pour atténuer les risques posés par ces dangers. Au moment de l'événement à l'étude, Perimeter Aviation n'avait pas de programme de FDM.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Constructeur

#### 1.18.1.1 Sensibilisation au tangage

En 2003, à la suite d'une série d'incidents d'impact de la partie arrière du fuselage où les pilotes avaient réagi instinctivement en cabrant l'aéronef rapidement pour stopper un taux de descente excessif près du sol, le constructeur de l'aéronef a produit une vidéo de formation s'intitulant « Dash 8-Q400 Pitch Awareness ». <sup>35</sup> La vidéo souligne l'importance de

<sup>35</sup> De Havilland Inc. (Bombardier), « Dash 8-Q400 Pitch Awareness » [vidéo], (2003).

surveiller l'assiette en tangage et de gérer l'énergie de l'aéronef en contrôlant un taux de descente excessif par une application de puissance plutôt que par une augmentation de l'assiette en tangage près du sol.

Dès le début de la vidéo, on mentionne que le contenu de la vidéo s'applique également aux aéronefs de la série DH8C (y compris la série DHC-8-300). Bien que le Dash 8-Q400 (DH8D) soit environ 23 pieds plus long que les aéronefs de la série DHC-8-300, lorsque les amortisseurs oléopneumatiques du train d'atterrissage sont compressés lors d'un atterrissage dur, le fuselage des 2 appareils touche le sol à environ 7° d'assiette en tangage.

Suite à plusieurs événements d'impact de la partie arrière du fuselage, le constructeur a émis une lettre de service le 11 septembre 2008.<sup>36</sup> Cette lettre de service s'adressait uniquement aux exploitants de DH8D (Dash 8-Q400) et réitérait l'importance de la surveillance de l'assiette en tangage durant l'arrondi et le poser. La lettre recommandait d'inclure des annonces normalisées concernant des assiettes en tangage de 5 et 6 degrés dans les procédures (similaires au tableau 3), et de gérer le taux de descente sous 200 pieds AGL par la gestion des manettes des gaz. La lettre faisait aussi référence à la vidéo de formation « Dash 8-Q400 Pitch Awareness » et suggérait aux exploitants aériens d'administrer de la formation initiale et périodique sur la surveillance de l'assiette en tangage.

Bien que la lettre de service ne s'adressait qu'aux exploitants de DH8D (Dash 8-Q400), et donc n'avait pas été envoyée aux exploitants de DH8-C-300, Perimeter Aviation avait tout de même inclus, dans ses SOP, les annonces normalisées concernant les angles d'assiette en tangage de 5 et 6 degrés. Selon Perimeter Aviation, au moment de l'événement, la compagnie ignorait que le fabricant avait produit une vidéo de sensibilisation au tangage et qu'il avait recommandé aux exploitants aériens de proposer à leurs équipages une formation à la sensibilisation au tangage.

## 1.18.2 Approches stabilisées

### 1.18.2.1 Description

Comme l'ont établi des enquêtes précédentes du BST<sup>37</sup> et d'organismes de sécurité dans d'autres pays, les approches non stabilisées posent un risque élevé aux opérations aériennes.

<sup>36</sup> Bombardier Inc., Service Letter DH8-400-SL-00-020 : Q400 pitch awareness training (11 septembre 2008).

<sup>37</sup> Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A20Q0013, A19A0055, A18W0129, A17F0052, A16A0032, A15P0217, A15O0015, A14O0218, A14Q0148, A14F0065, A13O0098, A12Q0161, A12P0034, A12O0005, A12W0004, A11H0002 et A10P0244 du BST.

## D'après l'alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2015-04

Les approches précipitées ou non stabilisées demeurent un facteur important en matière d'impacts sans perte de contrôle (CFIT) et accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA). [...] [L]e concept d'approche stabilisée est couramment décrit comme le maintien d'une vitesse, d'un taux de descente et d'une trajectoire de vol verticale et latérale stables en configuration d'atterrissage.<sup>38</sup>

En se fondant sur les constatations et conclusions du Go-Around Safety Forum publiées le 26 juin 2013, la Flight Safety Foundation (FSF) indique dans son rapport final sur le projet sur la décision et l'exécution d'une remise des gaz que [traduction] « [l]e fait de ne pas remettre les gaz est le principal facteur de risque en matière d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA) et la principale cause de sorties de piste ».<sup>39</sup>

Le rapport ajoute ceci : [traduction] « Bien que la remise des gaz soit considérée comme étant une manœuvre de vol normale, elle est rarement exécutée. »<sup>40</sup> Les procédures de remise des gaz font partie de la formation initiale et des formations périodiques des pilotes. Pendant la formation, les pilotes sont préparés à cette manœuvre et l'exécutent en environnement contrôlé. L'altitude à laquelle la décision d'effectuer une remise des gaz est prise détermine les difficultés liées à cette manœuvre. Si une remise des gaz s'avère nécessaire, le PF doit agir immédiatement. Lorsque l'aéronef est en descente et se trouve près du sol, cette décision devient critique en raison de la perte d'altitude entre le moment où le pilote amorce la remise des gaz et le moment où l'appareil commence à monter.

Selon les constatations du Go-Around Safety Forum, un pilote professionnel en service court-courrier n'effectue une remise des gaz, en moyenne, que 1 ou 2 fois par an. Il est possible que la faible fréquence d'exécution de cette manœuvre explique en partie la réticence des pilotes à l'exécuter.<sup>41</sup>

### 1.18.2.2 Avantages d'une approche stabilisée

De nombreux organismes reconnaissent les avantages d'une approche stabilisée pour la sécurité, dont l'Organisation de l'aviation civile internationale, la Federal Aviation Administration des États-Unis, l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne, et Transports Canada Aviation civile.<sup>42</sup>

<sup>38</sup> Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2015-04, numéro d'édition : 02, Approche stabilisée (5 août 2019).

<sup>39</sup> Flight Safety Foundation, Final Report to Flight Safety Foundation, Go-Around Decision Making and Execution Project (mars 2017), section 4, p. 6.

<sup>40</sup> Ibid., section 3.3, p. 4.

<sup>41</sup> Flight Safety Foundation, Go-around Safety Forum 18 June 2013 Brussels: Findings and Conclusions (26 juin 2013), chapitre 2, p. 5.

<sup>42</sup> Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2015-04, *Approche stabilisée*, numéro d'édition : 02, (5 août 2019).

D'après la FSF<sup>43</sup>, ces avantages comprennent entre autres :

- une meilleure conscience situationnelle de la part de l'équipage de conduite;
- plus de temps et d'attention pour surveiller les communications avec le contrôle de la circulation aérienne, les conditions météorologiques et le fonctionnement des systèmes;
- plus de temps pour la surveillance et le soutien par le PM;
- des limites d'écart des paramètres de vol et des hauteurs minimales de stabilisation définies pour appuyer la décision d'atterrir ou de remettre les gaz.

Des limites précises aux écarts excessifs par rapport aux éléments d'approche, ainsi qu'une altitude limite pour la stabilisation, fournissent aux pilotes (PF et PM) un cadre de référence commun, ce qui réduit la possibilité d'ambiguïté. Dans un tel contexte, les écarts sont détectés plus rapidement, et les annonces sont plus rapides et plus précises.

### 1.18.2.3 Norme de l'industrie pour les critères d'une approche stabilisée

Quoique la réglementation ne l'exige pas, la plupart des exploitants aériens, y compris Perimeter Aviation, ont incorporé des critères d'approche stabilisée dans leurs SOP en réponse aux recommandations de l'ASAC 2015-04.<sup>44</sup>

Pour aider les exploitants aériens à élaborer ces critères, de nombreuses organisations ont établi des lignes directrices sur les facteurs à considérer ou à définir dans le cadre de ces critères. Ces lignes directrices sont en général très semblables et adhèrent au concept de stabilité; toutefois, certaines se distinguent des autres quant au degré de spécificité de certains facteurs. Au Canada, les exploitants aériens ont adapté chacun de leur côté ces lignes directrices, au besoin, en fonction de leurs propres types d'aéronefs et d'activités.

L'enquête s'est penchée sur les critères établis par Perimeter Aviation pour une approche stabilisée, tels qu'ils sont décrits dans ses SOP<sup>45</sup>. Le tableau 5 compare ces lignes directrices relatives à l'approche stabilisée avec les considérations recommandées qui sont présentées dans l'ASAC 2015-04.

---

<sup>43</sup> Flight Safety Foundation, « Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit, Briefing Note 7.1 — Stabilized Approach », *Flight Safety Digest* (août–novembre 2000).

<sup>44</sup> Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2015-04, *Approche stabilisée*, numéro d'édition : 02 (5 août 2019).

<sup>45</sup> Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP), Policies and Procedures*, (01 August 2021), section 2.7.21: Stabilized Approach Factors, p. 142 et 143.

Tableau 5. Comparaison entre les facteurs de l'approche stabilisée recommandés à définir par les exploitants aériens, selon l'Alerte à la sécurité de l'Aviation civile 2015-04 de Transports Canada, et les critères de l'approche stabilisée décrits dans les procédures d'exploitation normalisées de Perimeter Aviation LP (Sources : Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile [ASAC] 2015-04, *Approche stabilisée*, numéro d'édition : 02 [5 août 2019], et Perimeter Aviation LP, *Dash 8 Standard Operating Procedures [SOP], Policies and Procedures*, [1<sup>er</sup> août 2021], section 2.7.21 : Stabilized Approach Factors, p. 142 et 143.)

Facteurs recommandés dans l'ASAC 2015-04, <i>Approche stabilisée</i>	Critères de l'approche stabilisée des <i>Dash 8 Standard Operating Procedures (SOP)</i>
Plage de vitesses propre au type d'aéronef	La vitesse anémométrique n'est pas supérieure à la $V_{ref} + 20$ nœuds de vitesse indiquée (pour l'angle des volets sélectionné) ni inférieure à la $V_{ref}$ plus tout facteur de correction associé (vent, etc.).
Réglage(s) de puissance propre(s) au type d'aéronef	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.
Plage d'assiettes propre au type d'aéronef	Seules des rectifications mineures au cap ou au tangage sont nécessaires pour maintenir la bonne trajectoire de vol.
Configuration(s) propre(s) au type d'aéronef	L'aéronef présente la bonne configuration d'atterrissage.*
Tolérances quant aux écarts des altitudes de franchissement	L'aéronef se trouve sur la bonne trajectoire de vol.
Taux de descente	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.
Exécution des listes de vérifications et des exposés des équipages de conduite	Tous les exposés verbaux ont été donnés, et toutes les listes de vérification ont été effectuées.

\* Les critères de l'approche stabilisée des SOP précisent que le Dash 8 est considéré comme étant configuré dans des conditions météorologiques de vol aux instruments avec les volets à 15° et le train d'atterrissage sorti. Dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC), les volets sont à 15° ou 35°, le train d'atterrissage étant sorti.

Cette comparaison a révélé que dans les SOP de Perimeter Aviation, ainsi que dans le manuel *Dash 8 Series 300 Model 311/314/315 Operating Data* de de Havilland, ce ne sont pas tous les facteurs entrant en ligne de compte dans l'exécution d'une approche stabilisée réussie qui sont définis de façon détaillée. Les réglages de puissance, l'assiette de l'aéronef et la configuration de l'aéronef dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) sont tous laissés à la discrétion du pilote pendant cette phase du vol, et le pilote doit déterminer quelles sont les conditions les plus propices à une approche stabilisée.

#### 1.18.2.4 Risques d'une approche non stabilisée

À la suite des recommandations de son groupe de travail sur la réduction des accidents à l'approche et à l'atterrissage (ALAR), la FSF a créé et distribué une trousse à outils ALAR, visant à réduire le nombre d'accidents à l'approche et à l'atterrissage (ALA). Dans cette trousse, la FSF a déclaré que les approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage sont la principale cause des ALA.

Les approches exigent que les équipages de conduite surveillent constamment les paramètres de vol tels que la vitesse anémométrique, l'angle d'approche et les repères visuels. Les approches non stabilisées accroissent la charge de travail de l'équipage de conduite comparativement aux approches stabilisées puisque les ajustements plus fréquents sont nécessaires pour rétablir et conserver les paramètres de vol appropriés.

Parmi les accidents enregistrés en 2022 par l'Association du Transport Aérien International, certains des facteurs contributifs les plus courants liés à la gestion des menaces et des erreurs étaient<sup>46</sup> :

- le non-respect des SOP (26 %);
- les erreurs de manipulation et de commande de vol (21 %);
- le pilotage brusque de l'aéronef et les écarts verticaux, latéraux ou de vitesse (15 %);
- les approches non stabilisées et les atterrissages longs (13 %).

Des recherches réalisées en 2013 ont indiqué que de 3 % à 4 % de toutes les approches sont non stabilisées et que 97 % d'entre elles se poursuivent jusqu'à l'atterrissage.<sup>47</sup>

Lors d'un événement survenu en 2015<sup>48</sup> lié à un aéronef DHC-8 qui avait subi un atterrissage dur et un impact de la partie arrière du fuselage, l'approche non stabilisée de l'aéronef a été liée à une conscience situationnelle réduite. Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite avait une expérience limitée des atterrissages de nuit, sans guidage vertical du FMS, sur une piste dans le nord du Canada. Aucun des deux pilotes ne s'est rendu compte que l'approche était non stabilisée, et le PM n'a pas anticipé ou perçu l'action du PF, qui avait réduit la puissance du moteur à un couple de 0 % 1 seconde avant l'atterrissage et avait modifié l'angle de tangage. Par conséquent, les pilotes n'ont pas eu le temps de réagir et d'empêcher l'impact de la partie arrière du fuselage. Au moment de l'événement, aucun des deux pilotes n'avait visionné la vidéo de formation de sensibilisation au tangage offerte par le fabricant.

Dans un autre rapport d'enquête du BST portant sur un impact sans perte de contrôle survenu à Resolute Bay (Nunavut) en 2011,<sup>49</sup> le BST a cerné l'impératif de réduire la fréquence des approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage. Le Bureau a recommandé que

---

<sup>46</sup> Association du Transport Aérien International, *IATA Annual Safety Report – 2022, Executive Summary and Safety Overview*, numéro 59 (mars 2023), p. 6.

<sup>47</sup> J.M. Smith, D.W. Jamieson et W.F. Curtis, « Failure to Mitigate », *AeroSafety World*, Flight Safety Foundation, vol. 8, n° 1 (février 2013).

<sup>48</sup> Rapport d'enquête aéronautique A15O0015 du BST.

<sup>49</sup> Rapport d'enquête aéronautique A11H0002 du BST.

Transports Canada exige que les exploitants régis par la sous-partie 705 du RAC surveillent les approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage et en réduisent la fréquence.

### **Recommandation A14-01 du BST**

Dans sa réponse de mars 2018 à cette recommandation, Transports Canada (TC) a fourni des données provenant de certains exploitants assujettis à la sous-partie 705 du RAC et les résultats du bulletin interne de procédure (BIP) n° 2016-01, qui montraient que le taux d'approches non stabilisées qui se poursuivaient jusqu'à l'atterrissage avait considérablement diminué depuis 2014. De plus, l'évaluation par TC des exploitants assujettis à la sous-partie 705 du RAC par l'intermédiaire des activités du BIP n° 2016-01 avait affiché des résultats encourageants. Ainsi, dans son évaluation de mars 2019 de la réponse de TC, le Bureau estimait que le risque résiduel associé à cette recommandation était faible. Par conséquent, la réponse à la recommandation A14-01 dénotait une **attention entièrement satisfaisante**.<sup>50</sup>

## **1.18.3 Facteurs humains**

### **1.18.3.1 Charge de travail et expertise**

La charge de travail dépend du nombre de tâches à accomplir dans un laps de temps donné. La charge de travail augmente lorsque le nombre de tâches à accomplir augmente ou lorsque le délai accordé diminue. Une charge de travail excessive survient lorsque l'exécution d'une tâche nécessite plus de ressources (incluant le temps) que celles qui sont disponibles, ce qui entraîne une diminution des performances. 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.<sup>51</sup>

L'expertise de l'équipage est nécessaire pour qu'un exploitant aérien puisse gérer la nature variable et imprévisible des opérations aériennes. Les nouveaux membres d'équipage ont besoin de temps pour acquérir leurs connaissances et leurs compétences, ainsi qu'un modèle mental de leur environnement de travail.

C'est pourquoi beaucoup d'exploitants aériens ont pris des mesures pour aider le personnel inexpérimenté à se perfectionner. En 2019, le BST a publié le Rapport d'enquête sur une

<sup>50</sup> Réévaluation de la réponse à la recommandation A14-01 du BST, à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2014/rec-a1401.pdf> (dernière consultation le 29 avril 2024).

<sup>51</sup> O. Tolvanen, A.P. Elomaa, M. Itkonen, H. Vrzakova, R. Bednarik, & A. Huotari, « Eye-Tracking Indicators of Workload in Surgery: A Systematic Review », *Journal of Investigative Surgery*, vol. 35, numéro 6 (17 janvier 2022), p. 1340.

question de sécurité du transport aérien A15H0001<sup>52</sup> dans le but d'améliorer la sécurité en réduisant les risques liés aux activités de taxi aérien au Canada. L'enquête a examiné le thème de la sécurité lié à la disponibilité de personnel qualifié et a abordé des questions telles que la formation et le risque associé à l'inexpérience. D'après les renseignements recueillis, certains exploitants aériens avaient adopté les mesures suivantes :

- Jumelage durant un certain temps d'un commandant de bord nouvellement embauché ou promu avec des premiers officiers expérimentés;
- affectation des nouveaux pilotes à la maintenance ou à d'autres fonctions au sol, comme la régulation des vols, avant de leur confier un poste de pilote. Ainsi, ces pilotes peuvent apprendre les rouages de la compagnie, et la compagnie peut mieux les connaître;
- élaboration de politiques en matière de jumelage, par exemple une politique interdisant le jumelage de pilotes inexpérimentés, en vertu de laquelle un novice doit être associé à un pilote plus expérimenté. Par exemple : utiliser une liste des pilotes inexpérimentés pour optimiser les jumelages et éviter d'apparier 2 membres d'équipage moins expérimentés; ou mettre en place une politique en vertu de laquelle un nouveau pilote devra accumuler 1000 heures de vol avec un pilote expérimenté avant de pouvoir être apparié avec un autre pilote;
- mise en place d'un programme de mentorat de pilotes appariant des pilotes débutants avec des pilotes chevronnés. De nombreux exploitants font ainsi pour favoriser le transfert des connaissances au sein de la compagnie. Ce programme de mentorat pourrait aussi servir à intégrer les nouveaux commandants de bord de la compagnie.<sup>53</sup>

Travailler sous la supervision d'un membre d'équipage expérimenté permet aux nouveaux membres d'équipage d'acquérir un modèle mental plus riche, d'apprendre à appliquer leurs connaissances dans des situations réelles pour prendre des décisions plus efficaces, et d'accroître leur confiance en eux<sup>54</sup>.

Lorsque des commandants de bord débutants sont appariés à des P/O expérimentés, les commandants de bord peuvent se concentrer sur leur rôle de commandant de bord et compter sur le soutien des P/O expérimentés. Dans le même ordre d'idées, un commandant de bord expérimenté qui connaît bien ses propres tâches est mieux placé pour encadrer un nouveau P/O.

<sup>52</sup> Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien 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](http://www.bst.gc.ca/fra/rapports-reports/aviation/etudes-studies/a15h0001/a15h0001.html) (dernière consultation le 29 avril 2024).

<sup>53</sup> Ibid., section 4.2.2.2.2 : Mesures prises par les exploitants pour gérer ces questions.

<sup>54</sup> P.R. Messmer, S.G. Jones et B.A. Taylor, « Enhancing knowledge and self-confidence of novice nurses: The 'Shadow-A-Nurse' ICU program » dans *Nursing Education Perspectives*, volume 25, numéro 3 (mai-juin 2004), p. 132.

## 2.0 ANALYSE

### 2.1 Généralités

Rien n'indique qu'il y ait eu une défaillance de la cellule ou des moteurs pendant le vol à l'étude avant l'impact de la partie arrière du fuselage. Les membres d'équipage de conduite possédaient les licences nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur, et rien n'indique que leur performance ait été dégradée par des facteurs physiologiques ou médicaux comme la fatigue. Par conséquent, l'analyse portera sur les points suivants :

- l'expérience et l'appariement des membres des équipages de conduite;
- les critères d'une approche stabilisée;
- l'exécution de l'approche et de l'arrondi à l'atterrissage;
- le système de gestion de la sécurité (SGS) et les procédures de la compagnie.

### 2.2 Appariement des membres d'équipage de conduite

L'équipage de conduite du vol à l'étude respectait les exigences réglementaires, puisque les deux pilotes avaient terminé leur formation, leur période de consolidation, leur formation préparatoire et leur vérification de compétence en ligne. En réalité, Perimeter Aviation LP (Perimeter Aviation) avait fourni 195,5 heures de formation préparatoire au commandant de bord et 73,9 heures au premier officier (P/O), alors que seulement 20 heures sont exigées. Bien que l'équipe de direction de Perimeter Aviation avait pour pratique informelle de ne pas appairer de nouveaux pilotes au cours de l'affectation mensuelle des pilotes, la compagnie n'avait pas mis en place de processus destiné à éviter d'appairer sur un même vol des pilotes ayant une expérience limitée dans leur rôle lors du changement d'affectation quotidien au centre de contrôle des opérations du système (SOCC).

Le jour de l'événement, le commandant de bord en était à sa 2<sup>e</sup> journée de vol dans le rôle de commandant de bord et sur le type d'aéronef à l'étude depuis sa vérification de compétence en ligne, et il avait peu d'expérience de vol dans les régions nordiques éloignées du Canada. Le premier officier (P/O) avec qui il avait été apparié comptait un certain nombre d'heures de vol sur des aéronefs monomoteurs, mais une expérience très limitée sur des aéronefs multimoteurs. Il en était à son 3<sup>e</sup> jour de vol depuis sa vérification de compétence en ligne. À l'instar du commandant de bord, il n'avait pas effectué beaucoup de vols dans cette région du Canada, et son expérience dans les environnements multipilote était limitée, tout comme son expérience sur le DHC-8.

Étant donné que le P/O avait relativement peu d'expérience sur le type d'aéronef et dans un environnement multipilote, il a eu besoin de plus de supervision et d'encadrement de la part du commandant de bord que n'aurait exigé un P/O expérimenté. Cependant, le commandant de bord n'avait qu'une expérience limitée dans son rôle lui aussi. De ce fait, l'exercice de son rôle de commandant de bord a entraîné une charge de travail supérieure à

celle d'un commandant de bord plus expérimenté, ce qui lui a laissé moins de ressources cognitives à utiliser pour observer et soutenir le P/O.

Comme le souligne le rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001, certains exploitants de taxis aériens ont mis en œuvre une politique pour limiter l'appariement de membres d'équipage de conduite qui, bien qu'ayant suivi toute leur formation, n'ont pas encore acquis suffisamment d'expérience opérationnelle pour atténuer les risques associés à une situation où des pilotes peu expérimentés dans leur rôle effectuent un vol ensemble. Cette stratégie est particulièrement efficace en période de roulement élevé des pilotes, lorsqu'un plus grand nombre de pilotes inexpérimentés peuvent être affectés aux vols.

La pratique informelle de Perimeter Aviation en matière d'affectation quotidienne des pilotes ne tenait pas compte de l'expérience des pilotes lorsqu'il s'agissait d'apparier des membres d'équipage. Compte tenu de la nature des activités de Perimeter Aviation, des différents types d'expertise requis et du récent taux élevé de roulement des pilotes, cette pratique peut réduire les marges de sécurité.

#### Fait établi quant aux risques

Si un exploitant aérien ne tient pas compte du niveau d'expérience d'un pilote dans son processus formel d'affectation quotidien des membres d'équipage, il y a un risque que les marges de sécurité soient compromises par l'affectation au même vol de 2 pilotes ayant une expérience limitée dans leur rôle.

### 2.3 Critères d'une approche stabilisée

Les exploitants aériens ne sont pas tenus par la réglementation de fournir dans leurs procédures les critères d'une approche stabilisée. Toutefois, étant donné l'historique d'accidents à l'approche et à l'atterrissage (ALA) et les nombreuses études, rapports et recommandations sur ce sujet, la plupart des exploitants aériens, y compris Perimeter Aviation, ont adopté un principe d'approche stabilisée et ont incorporé des critères d'approche stabilisée dans leurs procédures d'exploitation normalisées (SOP). Les exploitants aériens élaborent leurs propres critères d'approche stabilisée et se fondent souvent sur des lignes directrices publiées par Transports Canada.

Les détails exacts de ces critères sont souvent différents d'un exploitant aérien à l'autre. Les SOP de Perimeter Aviation qui étaient en vigueur au moment de l'événement à l'étude comprenaient une section décrivant les exigences relatives à une approche stabilisée. Elles indiquaient que le réglage de puissance de l'aéronef devrait être approprié en fonction de sa configuration et ne pas se trouver en deçà de la puissance minimale d'approche définie dans le manuel d'exploitation de l'aéronef. Un examen du manuel *Dash 8 Series 300 Model 311/314/315 Operating Data* de de Havilland a révélé qu'il ne contenait pas de réglages de puissance recommandés et ne mentionnait pas de réglage de puissance minimum pour une approche.

Après examen du *Flight Crew Training Manual* (FCTM) de Perimeter Aviation, il a été déterminé que les pilotes de la compagnie n'étaient pas formés à la reconnaissance des facteurs d'une approche stabilisée. Le manuel d'exploitation de de Havilland, auquel les SOP font référence, ne fournit au pilote aucune indication sur le réglage de la puissance. Il revient donc au pilote de déterminer le meilleur réglage de la puissance pendant une approche.

Pendant l'approche finale du vol à l'étude, l'aéronef satisfaisait aux critères d'une approche stabilisée établis par Perimeter Aviation, à l'altitude requise de 500 pieds au-dessus de l'élévation de l'aéroport. Toutefois, alors que l'aéronef se trouvait à moins de 500 pieds au-dessus de l'élévation de l'aéroport, le pilote aux commandes (PF) a augmenté le réglage des manettes des gaz d'un couple de 10 % à 57 %, puis, quelques instants plus tard, il l'a ramené au ralenti de vol. L'augmentation importante de la puissance des moteurs a eu un effet considérable sur le profil de descente, entraînant une augmentation substantielle de la portance de l'aéronef, une diminution du taux de descente et une augmentation de la vitesse anémométrique, ce qui a fait que l'approche est devenue non stabilisée. Compte tenu de la tendance de la vitesse anémométrique et de l'altitude de l'aéronef, ces grandes variations de puissance n'étaient pas nécessaires pour intercepter ou maintenir la trajectoire d'approche appropriée, et elles étaient probablement attribuables à l'expérience relativement limitée du pilote dans l'exploitation de ce type d'aéronef.

#### Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

En deçà de 500 pieds au-dessus du sol et alors qu'il tentait d'intercepter et de maintenir la trajectoire d'approche appropriée, le PF a fait varier le réglage de la puissance entre 57 % et le ralenti de vol, probablement en raison de son expérience limitée du pilotage de ce type d'aéronef, et il s'en est suivi une approche non stabilisée.

En raison du manque de détails dans les SOP et de l'absence de formation de sensibilisation aux critères d'une approche stabilisée, les pilotes ne se sont pas rendu compte que des variations importantes des réglages de puissance avaient fait que l'approche était non stabilisée, et ils ont poursuivi l'approche.

## 2.4 Contrôle du tangage pendant l'approche et l'atterrissage

Alors que l'aéronef arrivait à 0,2 mille marin du seuil de la piste, le P/O, qui était le PF, a réduit le couple au ralenti de vol tout en diminuant l'angle de tangage de l'aéronef à un angle positif de 2°. Immédiatement après, avec une commande prononcée en cabré, le pilote a augmenté l'angle de tangage dans l'arrondi. Au même moment, le couple a commencé à augmenter progressivement à partir du ralenti de vol.

Le taux de descente de l'aéronef était de 950 pi/min lorsque le train d'atterrissage principal a touché la piste; l'angle de tangage de l'aéronef a augmenté rapidement jusqu'à 5,8°. Une fraction de seconde plus tard, l'angle de tangage a atteint 7,24°. La partie arrière du fuselage de l'aéronef a percuté la piste à environ 350 pieds du seuil. Au moment de l'impact, l'aéronef a rebondi à une hauteur d'environ 1,5 pied, tandis que l'angle de tangage a diminué rapidement pour s'établir à 2,2°.

Compte tenu de l'augmentation importante et rapide de l'angle de tangage, le commandant de bord, qui était pilote surveillant, n'a pas eu le temps d'aider à prévenir une assiette en tangage excessive, de prendre les commandes de l'aéronef ou de faire les annonces de sensibilisation au tangage pour stopper le taux de descente excessif.

On ne sait toujours pas pourquoi le PF a manœuvré l'aéronef de cette façon, d'autant plus que le manuel des SOP met les pilotes en garde contre cette manœuvre. Bien que l'avionneur ait produit une vidéo de formation intitulée « Dash 8-Q400 Pitch Awareness » et publié une lettre de service concernant la formation de sensibilisation au tangage du Dash 8-Q400, Perimeter Aviation n'a pas utilisé cette vidéo dans la formation de ses pilotes. Toutefois, certains éléments de la lettre de service, comme l'assiette maximale à l'atterrissage, ont été intégrés aux SOP.

#### Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le PF, qui était relativement inexpérimenté sur le DHC-8 et qui n'avait reçu que peu de directives sur la sensibilisation au tangage, a commandé un cabrage prononcé pendant l'arrondi. Le pilote surveillant n'a pas eu le temps de stopper cette action, et par conséquent, la partie arrière du fuselage de l'aéronef est entrée en contact avec la piste, causant des dommages importants à l'aéronef.

## 2.5 Utilisation de systèmes de gestion de la sécurité pour aborder les approches non stabilisées

En réponse à la recommandation A14-01 du BST, Transports Canada a publié l'Alerte à la sécurité de l'Aviation civile intitulée « Utilisation des SGS pour examiner les dangers et les risques associés aux approches non stabilisées », en juin 2014.

À défaut d'un suivi des données de vol (FDM), cette publication recommande que les exploitants aériens examinent la base de données de leur SGS pour déterminer la fréquence des approches non stabilisées afin de faire une évaluation proactive des dangers.

L'enquête du BST a permis de déterminer que d'octobre 2021 à octobre 2022, Perimeter Aviation a effectué environ 34 000 mouvements d'aéronefs et que, parmi ceux-ci, seules 3 approches non stabilisées ont été signalées au SGS de la compagnie.

Conformément au SGS de la compagnie, l'équipage de conduite du vol à l'étude a signalé l'événement. Le service des opérations aériennes de Perimeter Aviation a enquêté sur l'événement et a rempli le dossier pour le rapport du SGS, en exposant en détail l'analyse des causes profondes de l'enquête, les facteurs de causalité ainsi qu'un plan de correction ou d'atténuation. Dans le cadre de l'enquête de la compagnie, le service a examiné un rapport similaire relatif à un impact de la partie arrière du fuselage, lequel établissait une approche et un atterrissage non stabilisés comme facteur. Cependant, le service des opérations aériennes n'a pas examiné les données de vol enregistrées pour le vol à l'étude ni pour l'impact de la partie arrière du fuselage signalé précédemment afin de déterminer si l'approche non stabilisée était limitée à ces 2 événements ou s'il s'agissait d'un problème systémique. De plus, comme la compagnie n'avait pas mis en place de programme de FDM,

aucun examen des données de vol n'a été effectué pour déterminer le taux d'incidence des approches non stabilisées dans la flotte de la compagnie.

Lorsque le BST a examiné les données des enregistreurs de données de vol de Perimeter Aviation, il a découvert que 8,7 % des 246 vols enregistrés avaient atterri avec un tangage d'arrondi qui dépassait la limite fixée par l'exploitant aérien.

Un tangage d'arrondi excessif qui conduit à un atterrissage réussi n'est pas un élément à signaler conformément au SGS de Perimeter Aviation. Néanmoins, les données examinées par le BST démontrent que les données à signaler ne permettent pas toujours de détecter les dangers et les risques.

#### Fait établi quant aux risques

Si les exploitants aériens comptent uniquement sur les équipages de conduite pour signaler les dangers et les risques au SGS de la compagnie et ne surveillent pas activement les opérations aériennes à l'aide des capacités de surveillance des données de vol, il se peut que des pratiques dangereuses ne soient pas décelées, augmentant ainsi le risque qu'elles se poursuivent.

## 3.0 FAITS ÉTABLIS

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

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

1. En deçà de 500 pieds au-dessus du sol et alors qu'il tentait d'intercepter et de maintenir la trajectoire d'approche appropriée, le pilote aux commandes a fait varier le réglage de la puissance entre 57 % et le ralenti de vol, probablement en raison de son expérience limitée du pilotage de ce type d'aéronef, et il s'en est suivi une approche non stabilisée.
2. En raison du manque de détails dans les procédures d'exploitation normalisées et de l'absence de formation de sensibilisation aux critères d'une approche stabilisée, les pilotes ne se sont pas rendu compte que des variations importantes des réglages de puissance avaient fait que l'approche était non stabilisée, et ils ont poursuivi l'approche.
3. Le pilote aux commandes, qui était relativement inexpérimenté sur le DHC-8 et qui n'avait reçu que peu de directives sur la sensibilisation au tangage, a commandé un cabrage prononcé pendant l'arrondi. Le pilote surveillant n'a pas eu le temps de stopper cette action, et par conséquent, la partie arrière du fuselage de l'aéronef est entrée en contact avec la piste, causant des dommages importants à l'aéronef.

### 3.2 Faits établis quant aux risques

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

1. Si un exploitant aérien ne tient pas compte du niveau d'expérience d'un pilote dans son processus formel d'affectation quotidien des membres d'équipage, il y a un risque que les marges de sécurité soient compromises par l'affectation au même vol de 2 pilotes ayant une expérience limitée dans leur rôle.
2. Si les exploitants aériens comptent uniquement sur les équipages de conduite pour signaler les dangers et les risques au système de gestion de la sécurité de la compagnie et ne surveillent pas activement les opérations aériennes à l'aide des capacités de surveillance des données de vol, il se peut que des pratiques dangereuses ne soient pas décelées, augmentant ainsi le risque qu'elles se poursuivent.

## 4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

### 4.1 Mesures de sécurité prises

#### 4.1.1 Perimeter Aviation LP

À la suite de l'événement à l'étude, Perimeter Aviation LP a pris les mesures de sécurité suivantes :

- intégré la vidéo « Dash 8-Q400 Pitch Awareness » à sa formation initiale et à sa formation périodique sur les procédures du poste de pilotage pour les séries DHC-8-100 et DHC-8-300, en plus de mettre la vidéo à la disposition des instructeurs pour qu'ils la partagent;
- modifié les procédures d'exploitation normalisées (SOP) des DHC-8 pour réviser ses critères d'approche stabilisée afin d'inclure des réglages de puissance cible et pour ajouter de l'information et des directives relatives au message d'erreur « LPV APPR INHIBITED » du système de gestion des vols;
- modifié les SOP des DHC-8, SA227 et SA226 afin d'inclure une politique relative aux approches aux instruments qui exige que les équipages de conduite utilisent une procédure d'approche aux instruments pour la piste prévue, s'il en existe une, indépendamment des conditions météorologiques, afin d'aider à assurer un profil de vol stabilisé;
- élaboré des procédures d'assurance de la qualité des opérations aériennes et d'audit de sécurité du service de ligne;
- ajouté cet événement au cours de gestion des ressources des équipages;
- mis en place un cours portant sur le commandement et la prise de décisions;
- modifié la formation DHC-8 initiale sur simulateur pour y inclure des exercices de rétablissement suite à un tangage excessif et des exercices de trou noir;
- dressé une liste de membres d'équipage détenant une licence restreinte;
- établi un programme de suivi des données de vol pour sa flotte de DHC-8 et de SA227 AC.

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 27 mars 2024. Le rapport a été officiellement publié le 21 mai 2024.

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

# ANNEXES

## Annexe A – Tracés des données de vol

Figure A1. Résumé des données du vol à l'étude (Source : BST, en anglais seulement)

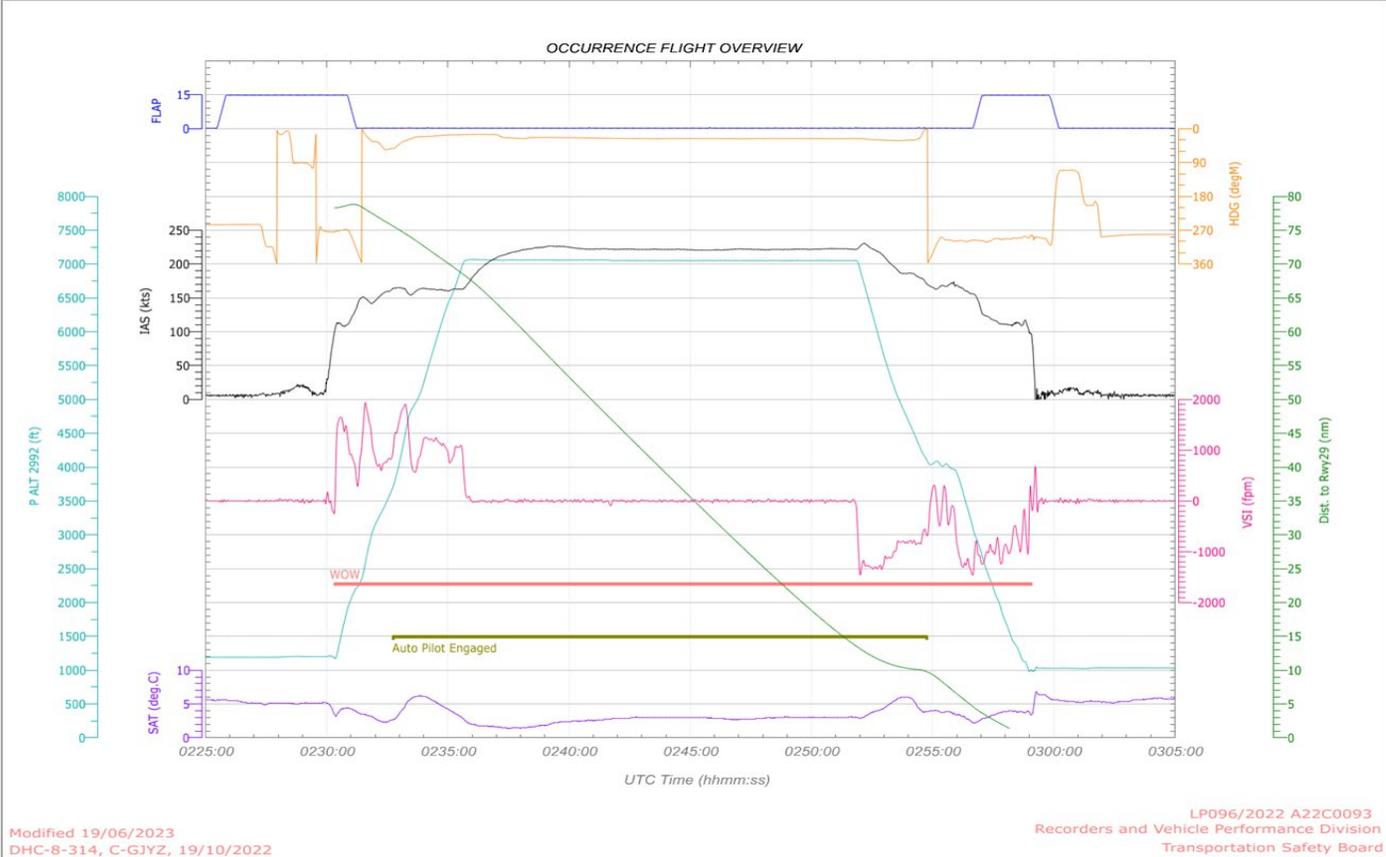


Figure A2. Données d'approche (Source : BST, en anglais seulement)

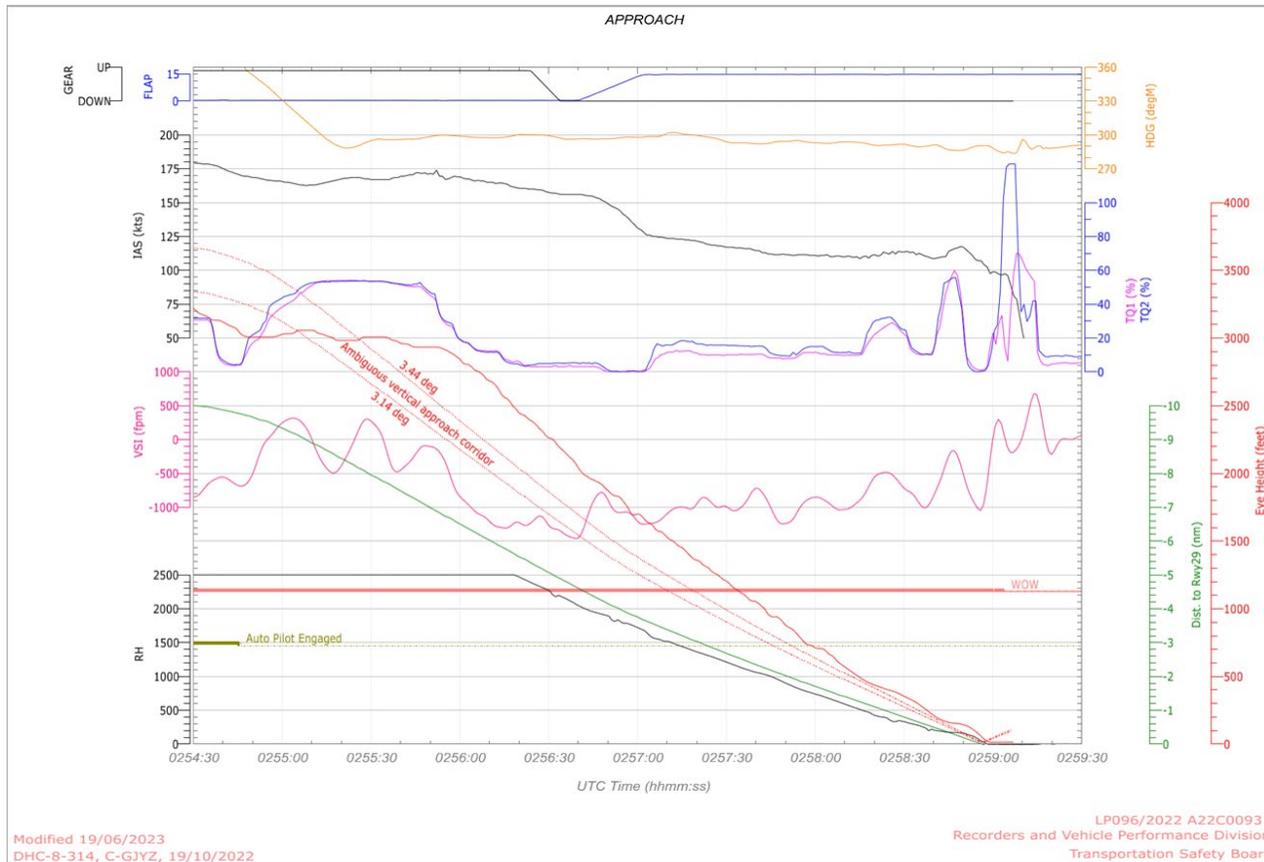


Figure A3. Données d'approche finale (Source : BST, en anglais seulement)

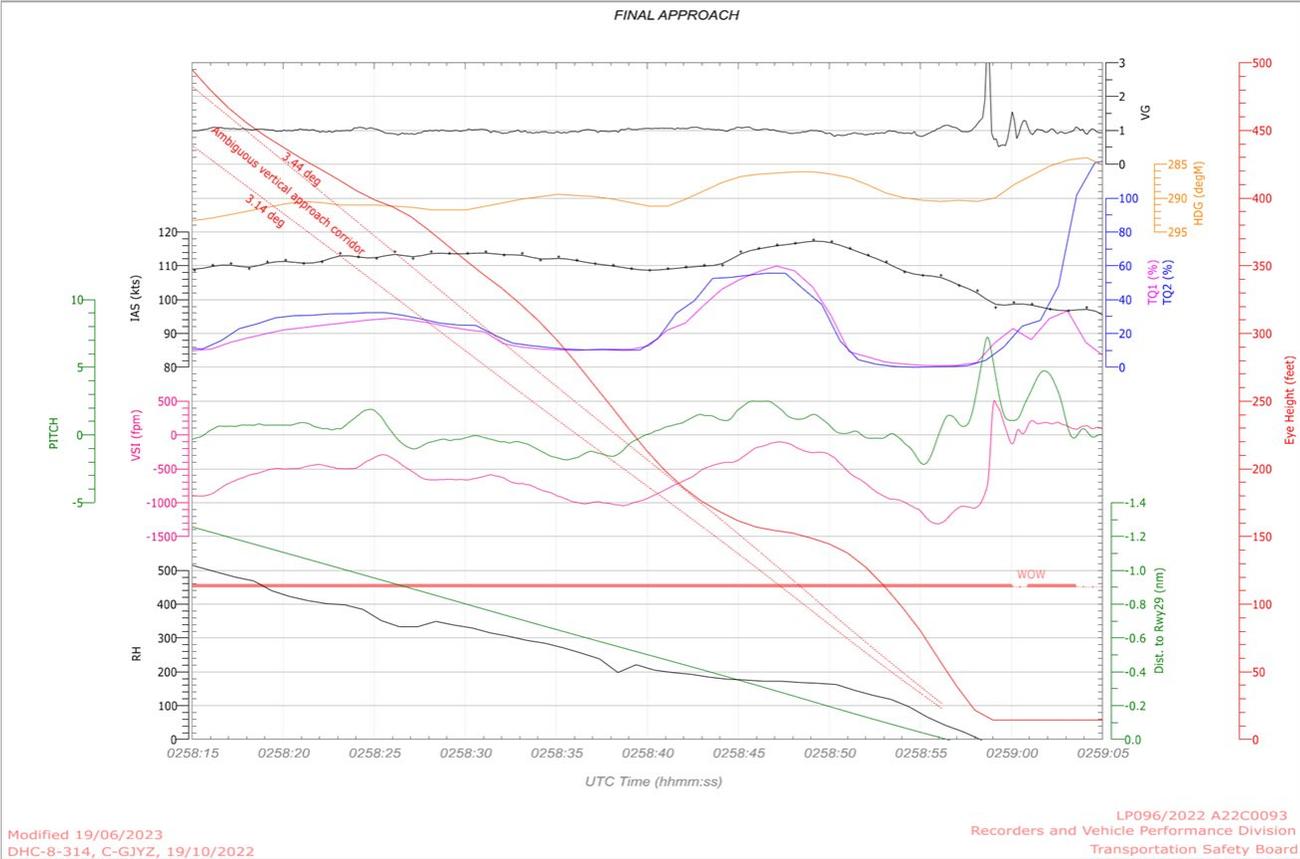


Figure A4. Données d'atterrissage (Source : BST, en anglais seulement)

