



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A20Q0013

ATTERRISSAGE BRUTAL ET IMPACT DE LA PARTIE ARRIÈRE DU FUSELAGE

Air Inuit Ltée

de Havilland DHC-8-314 (C-GXAI)

Aéroport de Schefferville (Québec)

20 janvier 2020

Canada

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

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

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

CONDITIONS D'UTILISATION

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

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

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

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

Avisez le BST par écrit si ces documents sont utilisés ou pourraient être utilisés dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu 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 site Web, 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 site Web (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 A20Q0013* (publié le 4 mai 2021).

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

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2021

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A20Q0013

N° de cat. TU3-10/20-0013F-PDF

ISBN 978-0-660-38506-8

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

This report is also available in English.

1.0 Renseignements de base	2
1.1 Déroulement du vol	2
1.2 Personnes blessées	6
1.3 Dommages à l'aéronef	6
1.4 Autres dommages	6
1.5 Renseignements sur le personnel	7
1.6 Renseignements sur l'aéronef	7
1.6.1 Entretien	8
1.7 Renseignements météorologiques	8
1.8 Aides à la navigation	9
1.9 Communications	9
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	9
1.11 Enregistreurs de bord	9
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	10
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	11
1.14 Incendie	11
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	11
1.16 Essais et recherche	11
1.16.1 Analyse des données de l'enregistreur de données de vol	12
1.16.2 Rapports de laboratoire du BST	13
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	13
1.17.1 Exploitant	13
1.17.2 Transports Canada Aviation civile — Surveillance réglementaire	22
1.18 Renseignements supplémentaires	23
1.18.1 Sensibilisation au tangage	23
1.18.2 Approches stabilisées	24
1.18.3 Alertes à la sécurité de Transports Canada	28
1.18.4 Programme de formation	28
1.18.5 Facteurs humains	30
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	35
2.0 Analyse	36
2.1 Préparation de l'approche	36
2.1.1 Gestion des ressources de l'équipage	36
2.1.2 Procédures de cabine	36
2.1.3 Surveillance de la stabilité des approches	37
2.1.4 Procédures d'utilisation normalisées	38
2.1.5 Formation des équipages de conduite	39
2.2 Exécution de l'approche	41
2.2.1 Tendance à s'en tenir au plan	41
2.2.2 Gestion de la charge de travail durant l'approche finale	42
3.0 Faits établis	44
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	44

3.2	Faits établis quant aux risques	44
3.3	Autres faits établis.....	45
4.0	Mesures de sécurité	46
4.1	Mesures de sécurité prises	46
4.1.1	Air Inuit.....	46

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A20Q0013

ATTERRISSAGE BRUTAL ET IMPACT DE LA PARTIE ARRIÈRE DU FUSELAGE

Air Inuit Ltée
de Havilland DHC-8-314 (C-GXAI)
Aéroport de Schefferville (Québec)
20 janvier 2020

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 ii.

Résumé

Le 20 janvier 2020, l'aéronef de Havilland DHC-8-314 (immatriculation C-GXAI, numéro de série 481) exploité par Air Inuit Ltée effectuait le vol régulier AIE820 depuis l'aéroport de Québec/Jean Lesage (Québec) à destination de l'aéroport de Schefferville (Québec) avec 3 membres d'équipage et 42 passagers à bord. À l'atterrissage, au toucher des roues sur la piste 35 à 11 h 09, heure normale de l'Est, la partie arrière du fuselage a heurté la piste. Après l'atterrissage, l'aéronef a circulé jusqu'au terminal pour le débarquement des passagers. Il n'y a eu aucun blessé; par contre, l'aéronef a subi des dommages importants. La radiobalise de repérage d'urgence ne s'est pas déclenchée.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 20 janvier 2020, les 2 pilotes et l'agente de bord formant l'équipage du de Havilland DHC-8-314 (DH8C) exploité par Air Inuit Ltée. (Air Inuit) sont arrivés à l'aéroport de Montréal/Pierre Elliott Trudeau (CYUL) (Québec) pour leur journée de travail qui débutait à 6 h². Ils devaient effectuer cette journée-là une série de 7 vols (figure 1) :

- Montréal à Québec
- Québec à Schefferville
- Schefferville à Kuujuaq
- Kuujuaq à Kangirsuk
- Kangirsuk à Quaqaq
- Quaqaq à Kangiqsujuaq
- Kangiqsujuaq à Salluit

Le départ du premier vol de CYUL était prévu à 7 h et l'arrivée à Salluit (Québec) était prévue à 17 h 35.

À 7 h 06, l'équipage a amorcé la série de vols sous l'indicatif AIE820. Le premier vol de CYUL à l'aéroport de Québec/Jean Lesage (CYQB) (Québec) s'est déroulé sans encombre. L'aéronef s'est posé à CYQB à 8 h 24.

L'Annexe 13 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale* de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)¹ exige que les États qui mènent des enquêtes sur les accidents protègent les enregistrements des conversations dans le poste de pilotage. Le Canada se conforme à cette exigence en protégeant les enregistrements des conversations dans le poste de pilotage aux termes de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*. Même si le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) peut faire usage de tout enregistrement de bord dans l'intérêt de la sécurité des transports, il n'est pas autorisé à divulguer sciemment les parties d'un enregistrement de bord qui n'ont aucun rapport avec les causes ou les facteurs contributifs d'un accident ou avec la détermination des lacunes de sécurité.

Le contenu des enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) est protégé pour assurer la disponibilité de ces données essentielles aux enquêtes de sécurité. Le BST a toujours respecté ses obligations en la matière et a toujours rigoureusement limité l'usage des données des CVR dans ses rapports. À moins que le contenu du CVR soit requis pour appuyer un fait établi et cerner une lacune importante en matière de sécurité, il n'est pas inclus dans le rapport du BST. Le BST a eu recours de façon importante aux enregistrements du CVR dans le présent rapport. Dans chaque cas, les données ont été soigneusement étudiées pour s'assurer que les extraits utilisés sont liés aux causes ou aux facteurs contributifs de cet accident ou qu'ils contribuent à déterminer les lacunes de sécurité.

¹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), Annexe 13 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation, 12^e édition, juillet 2020, paragraphe 5.12.

² Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné moins 5 heures).

Figure 1. Carte montrant les origines et destinations des segments du vol AIE820 le jour du vol à l'étude (Source: Google Earth, avec annotations du BST)



À 9 h 02, l'aéronef a décollé de CYQB à destination de l'aéroport de Schefferville (CYKL) (Québec), avec 42 passagers à bord. Le commandant de bord occupait le siège de gauche et il était le pilote surveillant (PM). Le premier officier occupait le siège de droite et il était le pilote aux commandes (PF). À 9 h 26, l'aéronef s'est établi en croisière au niveau de vol 230³. Environ 1 heure plus tard, toujours en croisière, l'équipage a débuté sa préparation en vue de l'approche et de l'atterrissage à CYKL. L'équipage a obtenu les conditions météorologiques du Système automatisé d'observations météorologiques (AWOS). Le rapport de l'AWOS indiquait, à ce moment, une visibilité de 9 milles terrestres (SM) avec quelques nuages à 6000 pieds au-dessus du sol (AGL) et des vents calmes. Le PF a ensuite fait son exposé d'approche pour une approche visuelle en vue d'atterrir sur la piste 35. En se fondant sur le poids de l'aéronef, l'équipage a calculé une vitesse de référence d'atterrissage (V_{ref})⁴ de 99 KIAS (vitesse indiquée en nœuds).

³ Le niveau de vol renvoie à l'altitude exprimée en centaines de pieds et indiquée par un altimètre barométrique réglé à 29,92 pouces de mercure ou à 1013,2 millibars. Le niveau de vol 230 correspond à une altitude de 23 000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

⁴ Selon la définition du manuel de vol de l'aéronef de Bombardier (*DHC-8 SERIES 300 Airplane Flight Manual*, volume 1, révision 266), « V_{ref} » fait référence à la vitesse d'approche à une hauteur de 50 pieds au-dessus de la piste en configuration d'atterrissage.

À 10 h 50, le PM a demandé au contrôle de la circulation aérienne (ATC) l'autorisation de descendre. Puisque dans ce secteur, la couverture radar n'est pas assurée sous le niveau de vol 180, l'ATC a d'abord demandé à un autre aéronef en partance de CYKL de lui fournir son altitude de passage. Une fois que l'aéronef en partance de CYKL a été identifié au radar, l'ATC a autorisé AIE820 à descendre. À 10 h 51, le PF a débuté la descente à partir du niveau de vol 230.

Vers 10 h 55, avant de pénétrer dans l'espace aérien non-contrôlé sous le niveau de vol 180, le PM a indiqué la position d'AIE820 sur la fréquence 126,7 MHz. Pendant ce temps, l'agente de bord avait remarqué que la descente avait été amorcée et avait débuté les préparatifs de cabine pour l'atterrissage. En passant 9000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL) en descente, le PM a communiqué, sur la fréquence 122,2 MHz de CYKL, qu'AIE820 était en approche à 24 milles marins (NM) au sud-ouest de l'aéroport.

À 11 h 05, l'aéronef s'est mis en palier à 5000 pieds ASL et le PF a demandé au PM d'entrer la prochaine altitude dans le sélecteur d'altitude, soit l'altitude du circuit (2800 pieds ASL). À ce moment, une brume sèche réduisait la visibilité et les pilotes n'arrivaient pas à voir l'aérodrome. Le PM a alors activé le balisage lumineux d'aérodrome télécommandé (ARCAL). Le PF a déconnecté l'autopilote et tout en cherchant l'aéroport, il a amorcé un virage vers la droite afin d'aller rejoindre l'axe de la piste 35. Ne voyant toujours pas la piste, le PF a demandé au PM d'entrer dans le système de gestion du vol (FMS) une trajectoire simulant une ligne vers l'aéroport dans l'axe de la piste 35. Environ 20 secondes plus tard, les pilotes ont eu la piste en vue.

En passant 3800 pieds ASL à 11 h 07 min 25 s, le PM a amorcé un rapport de position sur la fréquence de CYKL, qu'il a interrompu quand il s'est aperçu que la liste de vérification de descente n'avait pas été commencée. Puisque cette liste de vérification comprend l'annonce de la descente qui déclenche la préparation de la cabine pour l'atterrissage, il a alors communiqué avec l'agente de bord qui lui a confirmé qu'elle avait remarqué la descente et que la cabine était sécurisée pour l'atterrissage.

À 11 h 07 min 58 s, alors que l'aéronef était en étape de base⁵ à environ 2,45 NM de la piste, le PF a constaté que l'aéronef était rapide et haut (162 KIAS et 3100 pieds ASL, soit 480 pieds au-dessus d'une pente nominale de 3°). Il a alors réduit le couple moteur (puissance) et a demandé au PM d'augmenter la vitesse des hélices à 1050 tours par minutes (tr/min) afin d'aider à ralentir l'aéronef. Le PM a mis les hélices à 1050 tr/min alors que l'aéronef effectuait un virage vers sa trajectoire finale en passant 1000 pieds AGL. Lors du virage vers la gauche, le PF a demandé au PM de sortir le train d'atterrissage. L'aéronef a dépassé la trajectoire d'alignement finale d'environ 400 pieds vers le nord-est et il s'est alors très brièvement incliné jusqu'à 36° vers la gauche, ce qui a déclenché une alerte du système d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS) sur l'angle d'inclinaison.

⁵ L'étape de base est l'étape précédant l'approche finale pour un atterrissage et est normalement perpendiculaire à l'axe de piste.

À 11 h 08 min 21 s, alors que l'aéronef passait 750 pieds AGL, toujours en virage vers la gauche, une seconde alerte TAWS s'est déclenchée concernant le taux de descente car un taux de descente de 2500 pieds par minutes (pi/min) a momentanément été atteint. L'aéronef a maintenu une vitesse de 162 KIAS. Le PF a ensuite corrigé l'angle d'inclinaison et a stabilisé le taux de descente à quelque 1000 pi/min en terminant le virage pour rejoindre la trajectoire d'approche finale.

Une fois établis en approche finale de la piste 35, le PM a conseillé le PF sur la gestion de la hauteur et de la vitesse et a déterminé, après analyse, que l'approche et l'atterrissage étaient faisables même si l'aéronef était au-dessus d'une pente nominale de 3° avec une vitesse élevée. Il a alors exécuté la liste de vérification de descente pendant que le PF continuait de réduire la vitesse tout en poursuivant l'approche.

À 11 h 08 min 37 s, l'aéronef a passé 500 pieds AGL en descente à une vitesse de 144 KIAS, en décélération, avec les volets à 5°, le train d'atterrissage sorti, la puissance au ralenti et les hélices réglées à une vitesse de 1050 tr/min. À ce moment, l'aéronef était 150 pieds au-dessus d'une pente nominale de 3°. Le PF a ensuite demandé au PM de régler les volets à 15° et d'effectuer la liste de vérification de l'atterrissage, ce que le PM a fait, en plus de faire sonner le carillon 2 fois pour avertir l'agent de bord que l'atterrissage était imminent.

À 11 h 08 min 58s, alors que l'aéronef arrivait à 200 pieds AGL avec un taux de descente d'environ 1000 pi/min et une vitesse de 120 KIAS, dans une assiette de 1,5° en cabré, le PF a demandé au PM de régler les volets à 35° et la vitesse des hélices à 1200 tr/min, et d'effectuer la liste de vérification finale. Le PM a complété les actions demandées et il a terminé la vérification finale au moment où l'appareil passait 100 pieds AGL, à 11 h 09 min 10 s.

À ce moment, la vitesse était de 96 KIAS, soit sous la Vref de 99 KIAS, et continuait de diminuer rapidement. La puissance était au ralenti, l'aéronef avait une assiette de 1° en cabré et il s'est mis à descendre rapidement. Le PM a annoncé la vitesse Vref et tout de suite après, Vref -5.

À 11 h 09 min 13 s, l'aéronef a passé 50 pieds AGL à un taux de descente de près de 900 pi/min et une vitesse de 94 KIAS, dans une assiette de 2° en cabré. Le PM a alors dit au PF d'ajouter de la puissance, ce que le PF a fait tout en cabrant l'aéronef afin de freiner la descente.

À 11 h 09 min 16 s, l'aéronef a effectué un atterrissage brutal avec une assiette de 9° en cabré, au cours duquel la partie arrière inférieure du fuselage est entrée en contact avec la piste. Lors du roulage sur la piste, l'équipage a remarqué le voyant « Touched Runway » du système de contact du fuselage avec la piste qui s'était illuminé.

Après l'atterrissage, l'appareil a circulé normalement et s'est stationné devant l'aérogare à 11 h 11.

Conformément à la liste de vérification associée à un impact de queue, l'équipage a effectué une inspection externe de l'appareil et a communiqué avec le département de l'entretien d'Air Inuit.

1.2 Personnes blessées

Il n'y a eu aucun blessé.

1.3 Dommages à l'aéronef

La partie arrière du fuselage présentait des dommages par frottements ainsi qu'un enfoncement de la structure. Le revêtement extérieur, les cadres, les raidisseurs structuraux et les longerons de la partie inférieure du fuselage étaient endommagés. Le capteur de contact du fuselage avec la piste était arraché de son ancrage (figure 2).

L'enregistreur de données de vol indiquait qu'à l'atterrissage, l'accélération verticale enregistrée était de 2.37 fois la force de gravité (g). Selon le constructeur de l'appareil, une inspection pour atterrissage brutal de niveau 1 était requise avant de remettre l'appareil en service⁶, ce qui a été fait par l'organisme de maintenance agréé (OMA) d'Air Inuit. Un vol de convoyage a été effectué par la suite au centre de réparation situé à l'aéroport de Trois-Rivières (Québec).

Figure 2. Vue arrière d'un autre DH8C et aperçu des dommages de C-GXAI (Source: BST)



1.4 Autres dommages

Sans objet.

⁶ de Havilland, *de Havilland Dash 8 Series 300 Aircraft Maintenance Manual* (15 juillet 2015), section 05-50-11 : Hard Landing Inspection, p. 1.

1.5 Renseignements sur le personnel

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Le commandant de bord avait 4,5 ans d'expérience à titre de commandant de bord sur les DH8C et DHC-8-100 (DH8A). Il travaillait comme pilote pour le compte de la compagnie depuis 2005. Son entraînement périodique semestriel et son contrôle de la compétence du pilote (CCP) avaient eu lieu en décembre 2019.

Le premier officier travaillait comme pilote pour le compte de la compagnie depuis 2017. Il avait été affecté aux DH8C et DH8A à l'automne 2019 et avait terminé sa formation initiale et réussi son CCP à la fin novembre 2019.

L'équipage avait cumulé environ 5 heures de service continu au moment de l'événement. Selon l'enquête, rien n'indique que la fatigue ou d'autres facteurs physiologiques aient pu nuire au rendement du commandant de bord ou du premier officier.

L'agente de bord était formée selon le programme de formation de l'exploitant et possédait les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Tableau 1. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)	Licence de pilote professionnel (CPL)
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} juin 2020	1 ^{er} août 2020
Heures de vol total	10186	1055
Heures de vol sur type	5024	82,8
Heures de vol sur type au cours des 90 derniers jours	128,8	82,8
Heures de service avant l'événement	5	5
Heures hors service avant la période de travail	82	60

1.6 Renseignements sur l'aéronef

C-GXAI est un DH8C, soit une version du DH8A allongée de 11,3 pieds, permettant ainsi d'augmenter le nombre maximum de passagers transportés de 37 à 50.

Les hélices ont un diamètre de 13 pieds. Comme pour les autres avions dont les moteurs sont montés sous ou sur les ailes, lorsque la puissance est augmentée, la portance est augmentée par l'écoulement d'air sur 26 pieds d'aile. En contrepartie, lorsque la puissance est réduite au minimum, les hélices nuisent à l'écoulement d'air, et donc la portance est diminuée sur 26 pieds d'aile.

L'appareil a décollé de CYQB avec une masse de 42 698 livres et s'est posé à CYKL avec une masse estimée à 39 849 livres. La masse et le centrage de l'aéronef respectaient les limites prescrites par le constructeur.

Tableau 2. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	de Havilland Inc.
Type et modèle	DHC-8-314
Année de construction	1997
Numéro de série	481
Date d'émission du certificat de navigabilité	7 novembre 2010
Total d'heures de vol cellule	39 314
Type de moteur (nombre)	Pratt & Whitney PW123B (2)
Type d'hélice (nombre)	Hamilton Standard 14SF-23 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	43 000 livres (19 505 kg)
Masse maximale autorisée à l'atterrissage	42 000 livres (19 051 kg)
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A1, JP5, JP8, Jet B, JP-4
Type de carburant utilisé	Jet A1

1.6.1 Entretien

L'entretien de C-GXAI est effectué par l'OMA d'Air Inuit (numéro 0008-86), selon un calendrier de maintenance approuvé par Transports Canada Aviation Civile (TCAC). Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées, et qu'aucune anomalie n'avait été signalée avant le vol à l'étude. De plus, rien n'indique qu'il y ait eu une défaillance de la cellule ou des moteurs, ou un mauvais fonctionnement d'un système pendant le vol.

1.7 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques à CYKL étaient propices à une approche visuelle.

Les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) pour CYKL sont recueillis par un AWOS. Les METAR et messages d'observation météorologique spéciale d'aérodrome (SPECI) qui sont fondés sur les données d'un système automatique contiennent le qualificatif AUTO.

Le METAR AUTO émis le 20 janvier 2020 à 11 h pour CYKL était le suivant :

- vents variables à 5 nœuds;
- visibilité de 9 SM;
- quelques nuages à 6500 pieds AGL;
- température de -22 °C, point de rosée de -27 °C;
- calage altimétrique de 29,55 pouces de mercure (inHg).

Trente-sept minutes après l'atterrissage, un SPECI AUTO pour CYKL a été émis à 11 h 46 indiquant une diminution de la visibilité à 5 SM par de la brume sèche et des vents du 270° vrai (V) à 14 nœuds avec des rafales à 22 nœuds.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

Les aéronefs évoluant dans le secteur de CYKL sous 18 000 pieds sont dans un espace aérien non contrôlé (espace aérien de classe G)⁷. Dans un espace aérien de classe G, les pilotes sont responsables de signaler leurs intentions sur la fréquence 126,7 MHz.

En outre, aux aérodromes où le volume et la diversité du trafic le justifient, on établit une zone d'utilisation de fréquence obligatoire (zone MF)⁸. À CYKL, la zone MF couvre l'espace aérien compris dans un rayon de 15 NM de l'aéroport, jusqu'à une altitude de 4800 pieds ASL. Dans cette zone MF, les pilotes doivent obligatoirement effectuer un rapport indiquant leur position sur la fréquence 122,2 MHz.

Lors du vol à l'étude, les rapports de position ont été effectués, cependant le dernier rapport a été interrompu.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport de Schefferville est adjacent à la ville de Schefferville et possède une seule piste asphaltée (piste 17/35), longue de 5002 pieds et large de 150 pieds. L'altitude de l'aéroport est de 1709 pieds ASL. Au moment de l'accident, la piste 35, qui était en usage, était nue et sèche.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef était doté d'un enregistreur de données de vol (FDR) et d'un enregistreur de conversation dans le poste de pilotage (CVR). Les 2 enregistreurs ont été envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST, à Ottawa, Ontario, pour en extraire les données enregistrées.

Le FDR contenait les données de 144 vols, dont celles du vol à l'étude. L'analyse de ces données a permis d'établir la vitesse de l'aéronef, sa trajectoire, l'angle de tangage, les forces d'accélération verticales lors du touché, les angles d'inclinaison de virage, la position des volets, la vitesse de rotation des hélices, la puissance des moteurs, les alertes TAWS, l'utilisation des commandes de vol et des manettes des gaz par le PF.

⁷ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), RAC – Règles de l'air et service de la circulation aérienne (26 mars 2020), section 2.8.7.

⁸ Ibid., section 4.5.4.

Le CVR, qui contenait des enregistrements audio de bonne qualité, avait une durée nominale d'enregistrement de 30 minutes, ce qui était conforme aux exigences du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) en vigueur au moment de la rédaction de ce rapport⁹. L'enregistrement avait débuté à 10 h 42 min 15 s et s'était arrêté à 11 h 12 min 21 s, soit 3 min 5 s après l'atterrissage.

À la suite de l'événement, le FDR a été retiré par Air Inuit. Le CVR n'a pas été sécurisé à ce moment mais ses données ont tout de même été préservées puisque l'aéronef est resté hors tension après avoir été stationné. Ce n'est que le lendemain, lorsque le BST a été informé de l'événement, que le CVR a été sécurisé à la demande du BST.

Le *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* en vigueur au moment de l'accident exigeait que le BST soit avisé « dès que possible et par le moyen le plus rapide¹⁰ » des renseignements concernant un accident et que « toute personne qui exerce un contrôle sur un élément de preuve relatif à un accident de transport ou qui en a la possession le conserve jusqu'à ce que le Bureau l'en avise autrement¹¹ ».

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

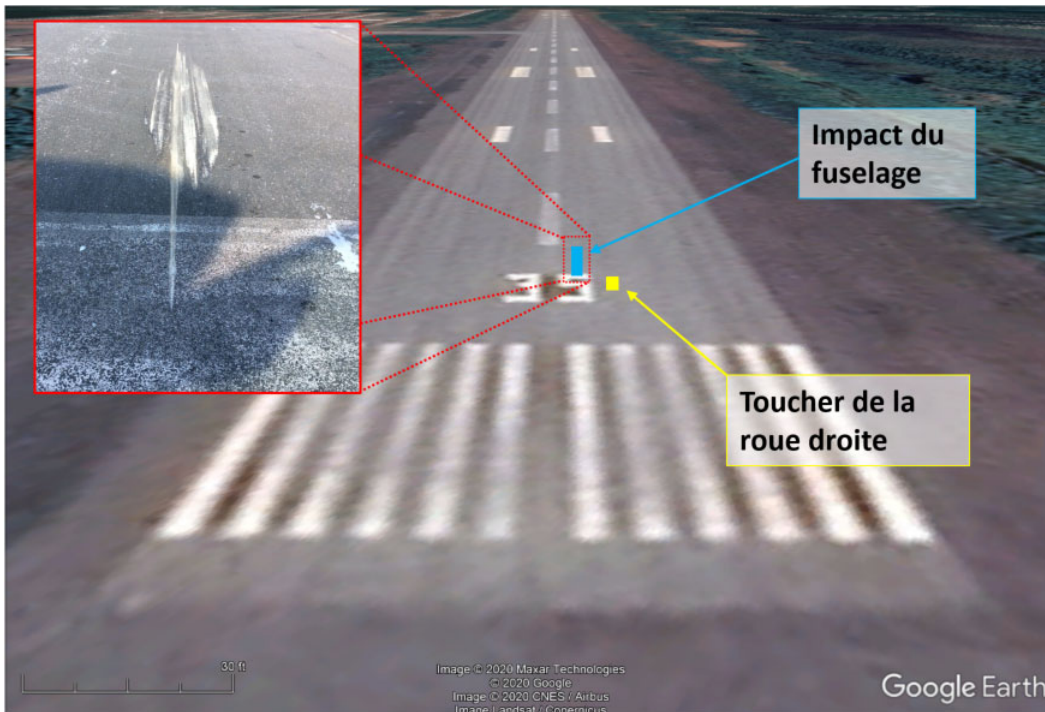
Les premières traces des roues du train principal droit apparaissent à environ 175 pieds du seuil de la piste 35 et le fuselage est entré en contact avec la piste tout de suite après (figure 3).

⁹ Cette durée de 30 minutes n'est cependant pas conforme à la durée de 2 heures exigée par l'OACI depuis le 1^{er} janvier 2016. En mai 2019, Transports Canada a publié des modifications au *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) pour que la réglementation canadienne soit conforme à cette norme. Ces changements entreront en vigueur le 29 mai 2023.

¹⁰ Bureau de la sécurité des transports du Canada, DORS/2014-37, *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, paragraphe 2 (3).

¹¹ Ibid., paragraphe 8(1).

Figure 3. Points de toucher des roues et du fuselage (Source de l'image principale : Google Earth, avec annotations du BST. Source de l'image insérée : gestionnaire de l'aéroport de Schefferville)



1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14 Incendie

Sans objet.

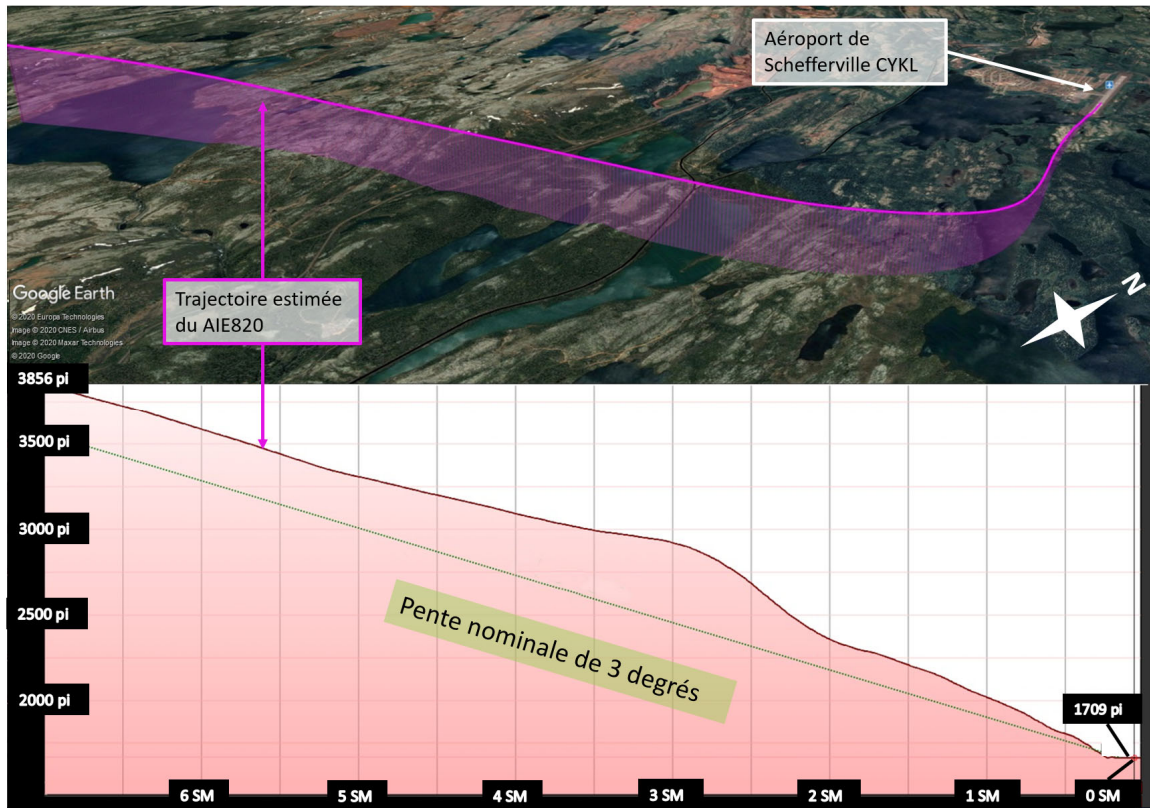
1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16 Essais et recherche

Puisque le modèle de FDR utilisé par l'aéronef à l'étude n'enregistre pas la position provenant du système de positionnement mondial (GPS), le Laboratoire d'ingénierie du BST a comparé les données du radioaltimètre et de la topographie du terrain pour établir la trajectoire estimée de descente. Le Laboratoire a créé une visualisation de la trajectoire verticale de l'aéronef par rapport à la pente nominale de 3° (figure 4).

Figure 4. Trajectoire estimée du vol AIE820 (Altitude au-dessus du niveau de la mer en pieds et distance restante de la trajectoire d'approche en milles terrestres) (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.16.1 Analyse des données de l'enregistreur de données de vol

Le laboratoire du BST a analysé les données des 144 vols enregistrés sur le FDR de l'aéronef en cause afin de déterminer si le vol à l'étude constituait une exception par rapport aux opérations normales. Cette analyse, qui portait principalement sur la vitesse maximale atteinte lorsque l'aéronef était en approche, a révélé que 23 des 144 approches effectuées comportaient une vitesse qui excédait 130 KIAS¹² à un moment donné sous 500 pieds d'altitude au-dessus de l'aérodrome (AAE). Toutefois, puisque l'analyse n'a pas tenu compte de la durée des écarts ou des conditions météorologiques présentes lorsque ces écarts se sont produits, il est possible que certains écarts aient été très brefs ou dus à des turbulences modérées¹³.

¹² La vitesse de 130 KIAS a été déterminée comme vitesse maximale sous 500 pieds d'altitude au-dessus de l'aérodrome (AAE) en fonction de la vitesse d'approche de 120 KIAS des procédures d'utilisation normalisées (SOP) avec la tolérance d'écart de +10 KIAS. Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14 (15 février 2019)*, paragraphe 2.34.17 "Stabilized Approach Factors", p. 2-139 et *section 1, modification #7 (21 décembre 2009)*, paragraphe 1.4.3 « Standard Calls », p. 1-60.

¹³ Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14 (15 février 2019)*, paragraphe 2.34.18 "Target Speeds & Minimum Manoeuvring Speeds", p. 2-140.

1.16.2 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP063/2020 – FDR download and analysis (Téléchargement et analyse des données du FDR)
- LP064/2020 – CVR audio recovery (Récupération des données audio du CVR)

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Exploitant

Air Inuit est un transporteur aérien régional basé à Dorval (Québec), qui effectue des vols réguliers et nolisés vers 22 destinations, majoritairement au Nunavik (nord du Québec).

La compagnie exploite 28 aéronefs en vertu des sous-parties 702 (*Opérations de travail aérien*), 703 (*Exploitation d'un taxi aérien*), 704 (*Exploitation d'un service aérien de navette*) et 705 (*Exploitation d'une entreprise de transport aérien*) du RAC. Le vol à l'étude était effectué en vertu de la sous-partie 705.

Au moment de l'événement, la flotte d'Air Inuit comprenait 4 Boeing 737, 2 Beechcraft 100, 3 Beechcraft 300, 7 de Havilland DHC-6, 10 de Havilland DH8C et 2 de Havilland DH8A.

1.17.1.1 Système de gestion de la sécurité

Air Inuit est doté d'un système de gestion de la sécurité (SGS) intégrant les lignes directrices de TCAC, comme l'exige la sous-partie 705 du RAC. Ce SGS englobe toutes les activités de l'entreprise liées à l'exploitation des aéronefs et à l'équipement afférent ainsi que les activités liées à ses services.

1.17.1.2 Procédures d'utilisation normalisées

1.17.1.2.1 Généralités

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP), y compris les annonces et listes de vérifications normalisées, sont des sources d'information cruciales qui offrent aux pilotes des lignes directrices sur l'utilisation générale de l'aéronef. Elles aident les pilotes dans la prise de décision et la coordination entre les membres de l'équipage. Elles leur fournissent des solutions avérées à diverses situations pendant les opérations normales ou anormales ainsi qu'en situation d'urgence.

Afin de fournir aux exploitants aériens des orientations sur les SOP dans le but de réduire les risques d'accident, l'OACI a publié un avis de sécurité régional dans lequel elle indique que [traduction] :

De nombreux organismes œuvrant en faveur de la sécurité aérienne, dont la FAA [Federal Aviation Administration], ont récemment réaffirmé l'importance des SOP. Depuis longtemps, le National Transportation Safety Board (NTSB) identifie des lacunes dans les procédures d'utilisation normalisées comme étant des facteurs

contributifs à des accidents d'aviation. L'une des lacunes les plus couramment citées en ce qui concerne les équipages est le non-respect des procédures établies¹⁴.

Par ailleurs, l'OACI formule, entre autres, les recommandations suivantes [traduction] :

- Les exploitants aériens devraient mettre en place des programmes de formation destinés à expliquer aux pilotes les raisons d'être des SOP, en mettant l'accent sur les SOP les moins respectées.
- Les compagnies aériennes/exploitants aériens et les législateurs devraient s'assurer que les programmes de surveillance et de formation/normalisation mettent l'accent sur l'importance du respect des SOP et précisent les raisons d'être de ces procédures.
- Les compagnies aériennes/exploitants aériens devraient mettre en œuvre des programmes d'assurance de la qualité des opérations aériennes (FOQA) pour repérer les écarts systémiques par rapport aux procédures et les tendances non sécuritaires¹⁵.

La section 4.2.3 de l'annexe 6 de l'OACI explique l'exigence pour un exploitant aérien d'avoir un manuel d'opérations dans lequel on retrouve les SOP¹⁶. Le supplément D de l'annexe 6 indique qu'au minimum, une acceptation des SOP par un examen ou une évaluation technique doit être effectuée par l'organisme de réglementation¹⁷.

De son côté, la FAA a publié, le 10 janvier 2017, la circulaire d'information (AC) 120-71B qui [traduction] « fournit des directives pour la conception, le développement, la mise en œuvre, l'évaluation et la mise à jour des procédures d'utilisation normalisées et pour les fonctions de PM¹⁸. » Cette circulaire rapporte que [traduction] :

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) sont universellement reconnues comme un fondement pour la sécurité aérienne, mais des accidents et incidents continuent de se produire en raison, directement ou indirectement, du non-respect des SOP par les équipages, en particulier pendant les phases critiques du vol¹⁹.

Toujours selon l'AC 120-71B, [traduction] « [cette circulaire] souligne que les SOP devraient être clairs, complètes et facilement disponibles dans les manuels utilisés par les membres d'équipage de conduite²⁰. »

¹⁴ Organisation de l'aviation civile internationale, RASG-MID Safety Advisory – 07 (RSA-07), *Standard Operating Procedures Effectiveness and Adherence* (mai 2016), p. 4.

¹⁵ Ibid., p. 5.

¹⁶ Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 6 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, Onzième édition, (juillet 2018), Partie 1 – aviation de transport commercial international – Avions, section 4.2.3 Manuel d'exploitation.

¹⁷ Ibid., supplément D Certification et validation des exploitants, section 3.4 Dispositions exigeant une évaluation technique.

¹⁸ Federal Aviation Administration, Advisory Circular (AC) 120-71B, *Standard Operating Procedures and Pilot Monitoring Duties for Flight Deck Crewmembers* (10 janvier 2017), page couverture.

¹⁹ Ibid., p. 1.1.

²⁰ Ibid.

Les inspecteurs de la FAA révisent les procédures des exploitants pour s'assurer qu'elles sont conformes à la réglementation, qu'elles sont cohérentes avec des pratiques d'exploitation sécuritaires et sont basées sur une justification solide ou une efficacité démontrée²¹.

La Flight Safety Foundation (FSF) affirmait dans son analyse des accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA) que [traduction] « la gestion des ressources de l'équipage (CRM) n'est pas efficace si les SOP ne sont pas respectées²². » De plus [traduction] « les SOP servent de référence pour l'uniformisation des rôles et responsabilités au sein des équipages et elles établissent le fondement du milieu de travail requis pour la CRM²³. »

Du côté de TCAC, le manuel de l'inspecteur des transporteurs aériens²⁴ stipule dans la section 4.5 que les inspecteurs qui révisent les SOP doivent bien connaître le type d'aéronef en question et doivent vérifier que les procédures des manuels ne contredisent pas le manuel de vol de l'aéronef ou le manuel d'exploitation de la compagnie. Enfin, tout comme la FAA, les inspecteurs doivent s'assurer que les procédures sont conformes à la réglementation²⁵ et qu'elles sont cohérentes avec des pratiques d'exploitation sécuritaires.

Une interprétation officielle concernant la révision des SOP a été publiée en 2014 dans le système de gestion d'information nationale sur la sécurité aérienne (SGINSA) de TCAC²⁶. Cette interprétation conclut que puisque les SOP ont un rôle important dans les opérations, lorsque les inspecteurs les révisent, ils doivent en évaluer la qualité, la cohérence, l'exactitude, la concision, la clarté, la pertinence et le contenu.

D'ailleurs, entre 1994 et 2020, les procédures incohérentes ou manquantes sont ressorties dans 39 faits établis (divers) dans les rapports d'enquête aéronautique du BST²⁷. Les lacunes identifiées étaient principalement liées à l'absence de directives précises et aux divergences dans les procédures.

²¹ Federal Aviation Administration, *Flight Standards Information Management System 8900.1 CHG 0* (12 avril 2012) Volume 3 general technical administration manuals, chapitre 32, section 2, paragraphe 3.3151 C.

²² Flight Safety Foundation, *Reducing the Risk of Runway Excursions: Report of the Runway Safety Initiative* (mai 2019), Appendix II, p. 1.

²³ Ibid., p. 3.

²⁴ Transports Canada, TP 3783, *Manuel de l'inspecteur des transporteurs aériens* (5^e édition [mars 2004], révisée en décembre 2010), section 4.5.

²⁵ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 705.138.

²⁶ Système de gestion d'information nationale sur la sécurité aérienne, orientation n° 4011093, approuvée le 2014-07-21.

²⁷ Rapports d'enquête aéronautique du BST A94C0160, A96A0035, A97H0011, A98P0303, A98P0194, A98W0011, A99Q0005, A00Q0006, A00H0007, A00W0177, A01C0236, A02O0105, A04C0016, A04O0092, A04O0103, A04Q0199, A05A0059, A06C0062, A07C0001, A10Q0098, A11H002, A11P0149, A12C0005, A12Q0216, A13H0001, A13O0098, A14F0065, A15H0002, A15P0217, A17O0038 et A18Q0030.

1.17.1.2.2 Procédures d'utilisation normalisées d'Air Inuit

TCAC a revu les SOP d'Air Inuit, en vérifiant que les sujets exigés étaient abordés, et a émis une lettre d'acceptation le 18 février 2019. Les SOP pertinentes à l'événement à l'étude sont indiquées ci-dessous.

Préparation à l'approche et descente

Selon les SOP, la préparation à l'approche est effectuée avant d'amorcer la descente. En coordination avec le PF, le PM obtient les conditions météorologiques, configure les radios de navigation et le FMS pour l'approche prévue. Ensuite, le PF transfère les commandes au PM pour faire l'exposé d'approche. Selon les SOP, [traduction] :

L'exposé d'approche visuelle comprend les éléments suivants :

- une révision des instructions de transition et d'arrivée,
- les détails de l'approche visuelle pour la piste prévue,
- toutes les menaces connues,
- les altitudes minimales et/ou les restrictions applicables,
- un exposé sur la procédure de remise des gaz²⁸.

Dans le vol à l'étude, le PF a effectué l'exposé d'approche, et dans le cadre d'un processus de gestion des menaces et des erreurs (TEM) (voir la section 1.18.5.9 pour plus de détails concernant la TEM), l'équipage a déterminé que le trafic aérien dans la région de CYKL pouvait représenter une menace. Les pilotes n'ont pas discuté du point désigné d'approche stabilisée, mais cela n'était pas exigé par les SOP.

Critères d'une approche stabilisée

D'après le paragraphe 2.34.17 des SOP, en situation normale dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC), l'aéronef doit se trouver sur une approche stabilisée au plus tard au « point désigné d'approche stabilisée » (approach gate), soit à 500 pieds AAE²⁹. Comme ce point est une altitude au-dessus de l'aérodrome, l'altitude ASL correspondante sera différente pour chaque aérodrome.

La liste des éléments d'une approche stabilisée comprend les points suivants [traduction] :

- Taux de descente normale de 500 à 800 pi/min.
- Vitesse de référence de 120 nœuds.
- Volets réglés à :
 - volets d'approche à 15°;
 - volets à 15° ou 35° pour un atterrissage normal avec 2 moteurs;
 - volets à 15° pour un atterrissage avec 1 moteur.

²⁸ Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14* (15 février 2019), paragraphe 2.34.4 "Visual Briefing", p. 2-126.

²⁹ Ibid., paragraphe 2.34.17 "Stabilized Approach Factors", p. 2-139.

- Maintenir la vitesse d'approche finale de 120 nœuds jusqu'à 500 pieds AAE, puis ralentir graduellement jusqu'à atteindre la vitesse d'approche sélectionnée pour atteindre la Vref au toucher des roues.
- L'aéronef doit être stabilisé dans la configuration d'atterrissage avant d'arriver à 500 pieds.

[...]

NOTE¹ : L'annonce « **Stabilized** » doit être faite quand l'aéronef franchit les 1000 pieds (AAE) en condition de vol aux instruments (IMC) et les 500 pieds (AAE) en VMC.

NOTE² : Lors d'une approche surveillée par le pilote (PMA), la liste de vérification finale doit être exécutée avant le repère d'approche finale (FAF), à l'exception (si nécessaire) du réglage des volets à 35° et de la confirmation de réglage (« **Flaps 35° to go³⁰** »).

De plus, selon les SOP, le PM doit effectuer un appel lorsqu'il y a un écart excessif de vitesse dépassant -5 KIAS ou +10 KIAS³¹.

Politique non punitive pour les remises des gaz

Dans son manuel d'exploitation, Air Inuit a mis en place une politique non-punitive pour les remises des gaz effectuées suite à une approche instable. Cette section du manuel comprend aussi des critères d'approche stabilisée qui doivent être respectés à 500 pieds AAE en VMC [traduction] :

- L'aéronef est sur une trajectoire de vol appropriée;
- Uniquement des changements mineurs au cap et à l'assiette sont nécessaires afin de maintenir la trajectoire appropriée;
- L'aéronef est en configuration d'atterrissage; [...]
- La vitesse n'est pas supérieure à la Vref+20 et n'est pas inférieure à la Vref (voir NOTE 1);
- Tous les exposés et toutes les listes de vérification sont exécutés.

NOTE 1 : En cas de conditions anormales exigeant de dévier de ces critères d'approche stabilisée, il faut effectuer un exposé³².

Le manuel indique également :

Toute indication qu'un paramètre de vol désiré ne sera pas atteint avant le point désigné d'approche stabilisée doit entraîner une correction immédiate, ou la

³⁰ Ibid.

³¹ Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 1, modification #7* (21 décembre 2009), paragraphe 1.4.3 « Standard Calls », p. 1-60.

³² Air Inuit Ltée, *Flight Operations Manual* (modification n° 9, 27 septembre 2019), paragraphe 3.18 : No Fault/No Blame Go Around Policy, p. 104.

décision d'effectuer une remise des gaz si le point désigné d'approche stabilisée est dépassé³³.

Cette politique figure aussi dans les SOPs d'Air Inuit³⁴.

Listes de vérification lors de l'approche

Selon les SOP³⁵, la liste de vérification d'atterrissage est normalement complétée avant d'arriver à 1000 pieds AAE lorsqu'en VMC. La liste de vérification *finale* sera demandée par le PF lorsque l'atterrissage est assuré. Cette requête sera faite au plus bas à 500 pieds (AAE).

Dans le vol à l'étude, la liste de vérification d'atterrissage a été faite sous 500 pieds AAE et la liste de vérification *finale* a été demandée en passant 200 pieds AAE.

Procédure d'atterrissage normal

La section des SOP qui décrit les atterrissages normaux mentionne que dans certaines circonstances, les volets peuvent être réglés à la position d'atterrissage en-deçà de 500 pieds AAE³⁶. Par exemple, les volets sont sélectionnés à 35° lorsque l'atterrissage est assuré, ce qui pourrait être à moins de 500 pieds AAE lors d'une approche selon les règles de vol aux instruments (IFR) et aussi bas que 250 pieds AAE. Cela pourrait aussi se produire lors d'opérations anormales exigeant de retarder le réglage final des volets d'atterrissage tel qu'une approche avec un moteur en panne.

De plus, il est mentionné qu'une fois établi sur l'approche, il ne faut pas voler sous la vitesse d'approche. Lorsque l'aéronef approche le seuil de piste, il faut réduire la vitesse pour atteindre la Vref au toucher des roues.

Cette section des SOP traite aussi des annonces d'assiette de tangage, qui doivent être verbalisées:

³³ Ibid., p. 105.

³⁴ Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8, SOP Advisory #23 « Stabilized Approach and No Fault / No Blame Go Around Policy – Revised »* (10 février 2016).

³⁵ Air Inuit Ltée, *Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14 (15 février 2019)*, paragraphe 2.35.1 « Landing Check » et 2.35.2 « Final Check », p. 2-141 à 2-144.

³⁶ Ibid., paragraphe 2.35.3 « Normal Landing », p. 2-144.

Figure 5. Annonces normalisées pour l'assiette de tangage (Source : Air Inuit Ltée, Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14 (15 février 2019), paragraphe 2.35.3, p. 2-144, reproduction en français : BST)

Surveillance du tangage	PM	PF
5° degrés de tangage	“5° Degrees” [5° Degrés]	“Check” [Vérification]
6° degrés de tangage ou plus	“6° Degrees” [6° Degrés]	“Correcting” [Correction]

Les SOP indiquent que lorsque l'annonce « 6° Degrees » est effectuée, il faut éviter de cabrer davantage l'aéronef. Le PF doit ajuster la puissance, l'angle de l'assiette de tangage et la vitesse pour corriger l'assiette de l'aéronef et réduire le taux de descente.

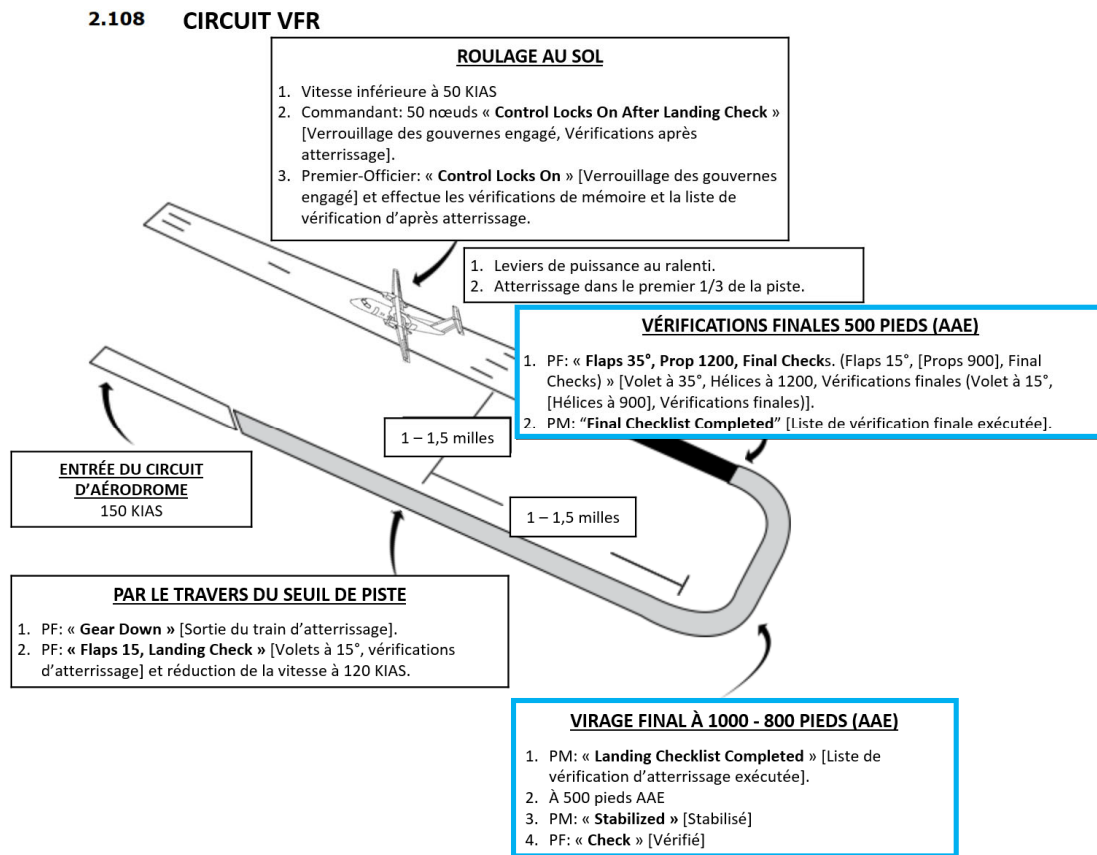
Dans le vol à l'étude, les annonces « 5° Degrees » et « 6° Degrees » n'ont pas été effectuées lorsque l'assiette de tangage est passée de 2° à 9° en moins de 2 secondes juste avant le toucher des roues.

Procédure d'approche visuelle

Les SOP décrivent les approches IFR en détail mais ne décrivent pas les approches visuelles. Seul un profil de vol donne un aperçu pour un circuit selon les règles de vol à vue (VFR) en décrivant les annonces normalisées et les endroits où les faire dans des encadrés³⁷ (figure 6).

³⁷ Ibid., paragraphe 2.108 « VFR Circuit », p. 2-243.

Figure 6. Diagramme de circuit VFR (Source : Air Inuit Ltée, Combined Standard Operating Procedures — Dash 8 section 2, modification #14 (15 février 2019), paragraphe 2.108, p. 2-243, reproduction en français et couleur ajoutée: BST)



1.17.1.2.3 Différences concernant les lignes directrices sur les approches stabilisées

L'enquête a permis de déterminer qu'il existait des différences entre le manuel d'exploitation et les SOP (tableau 3), mais aussi entre les différentes sections des SOP elles-mêmes (tableau 4).

Tableau 3. Différences entre le manuel d'exploitation et les procédures d'utilisation normalisées

Manuel d'exploitation	Procédures d'utilisation normalisées
Paragraphe 3.18 : vitesse entre Vref et Vref+20 KIAS au point désigné d'approche stabilisée.	Section 2.34.17 (critères d'approche stabilisée) : vitesse de référence de 120 KIAS au point désigné d'approche stabilisée avec une tolérance d'écart de -5 et +10 KIAS.
Paragraphe 3.18 : le taux de descente ne dépasse pas 1000 pi/min au point désigné d'approche stabilisée.	Section 2.34.17 (critères d'approche stabilisée) : taux de descente entre 500 et 800 pi/min au point désigné d'approche stabilisée.
Paragraphe 3.18 : toutes les listes de vérification doivent être terminées avant le point désigné d'approche stabilisée.	Section 2.35.3 (atterrissage normal) : la sélection des volets à 35°, qui déclenche la liste de vérification finale, est faite lorsque l'atterrissage est assuré, soit possiblement lorsque l'aéronef est en dessous du point désigné d'approche stabilisée.

	Section 2.108 (diagramme du circuit VFR) : la demande des volets à 35° est faite après l'annonce à 500 pieds AAE du point désigné d'approche stabilisée.
--	--

Tableau 3. Différences entre les procédures d'utilisation normalisées

Procédures d'utilisation normalisées	Procédures d'utilisation normalisées
Section 2.34.17 (critères d'approche stabilisée) : l'aéronef doit être dans la configuration d'atterrissage avant le point désigné d'approche stabilisée.	Section 2.35.3 (atterrissage normal) : la sélection des volets à 35°, qui déclenche la liste de vérification finale, est faite lorsque l'atterrissage est assuré, soit possiblement lorsque l'aéronef est en dessous du point désigné d'approche stabilisée.
	Section 2.108 (diagramme du circuit VFR) : la demande des volets à 35° est faite après l'annonce à 500 pieds AAE du point désigné d'approche stabilisée.
Section 2.34.17 (critères d'approche stabilisée) : les volets sont réglés à soit 15° ou 35° au point désigné d'approche stabilisée et l'aéronef doit être stabilisé dans la configuration d'atterrissage avant d'arriver à 500 pieds AAE.	Section 2.35.3 (atterrissage normal) : la sélection des volets à 35°, qui déclenche la liste de vérification finale, est faite lorsque l'atterrissage est assuré, soit possiblement lorsque l'aéronef est en dessous du point désigné d'approche stabilisée.
	Section 2.108 (diagramme du circuit VFR) : la demande des volets à 35° est faite après l'annonce à 500 pieds AAE du point désigné d'approche stabilisée.
Section 2.35.2 (liste de vérification finale) : la demande des volets à 35° est faite jusqu'à 500 pieds AAE, mais non en dessous.	Section 2.35.3 (atterrissage normal) : la sélection des volets à 35°, qui déclenche la liste de vérification finale, est faite lorsque l'atterrissage est assuré, soit possiblement lorsque l'aéronef est en dessous du point désigné d'approche stabilisée.
	Section 2.108 (diagramme de circuit VFR) : la demande des volets à 35° est faite après l'annonce à 500 pieds AAE du point désigné d'approche stabilisée.

1.17.1.3 Procédures de coordination avec l'agent de bord

Avant chaque décollage et atterrissage, le RAC exige que des procédures soient en place afin d'assurer la sécurité des personnes à bord de l'aéronef. Dans le cas d'avions comme le DH8C, l'agent de bord doit s'assurer que chaque passager a bouclé sa ceinture de sécurité, que le dossier des sièges est en position verticale et que toutes les tablettes et tous les bagages de cabine sont rangés³⁸.

Dans le manuel d'agent de bord et les SOP, Air Inuit a mis en place des procédures afin d'aviser les pilotes de l'état de la cabine avant les décollages et atterrissages. Les pilotes ne doivent pas amorcer le décollage avant que le voyant vert du système d'appel aux passagers (PA) dans le poste de pilotage soit éteint.

³⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéas 705.40(1)b) et 705.40(1)c).

Avant l'atterrissage, la liste de vérification de descente mentionne que les pilotes doivent faire sonner un carillon pour signaler que la descente va commencer. À partir de ce moment, l'agent de bord doit préparer la cabine pour l'atterrissage. S'il faut plus de temps pour préparer la cabine, l'agent de bord doit en informer le commandant bien à l'avance³⁹.

Environ 10 NM avant la destination, les pilotes doivent se rappeler de faire sonner le carillon 2 fois pour avertir l'agent de bord que l'atterrissage est imminent. La liste de vérification d'atterrissage comprend un rappel de cette annonce. À partir de ce moment, les règles de phases de vol critique entrent en vigueur et le poste de pilotage est considéré stérile⁴⁰. L'agent de bord doit communiquer avec les pilotes uniquement en cas d'urgence ou pour une situation affectant la sécurité du vol⁴¹. Le manuel donne, comme exemple de cas d'urgence nécessitant une communication avec les pilotes durant une phase critique de vol, un incendie moteur ou de cabine visuellement confirmé. Lors de leur formation, ces 2 urgences sont citées comme les seules situations qui justifient une communication avec le poste de pilotage lors d'une phase critique du vol. Selon cette formation, une fois l'annonce d'atterrissage imminent donnée, l'agent de bord n'avisera pas les pilotes que la cabine n'est pas sécurisée.

Dans l'événement à l'étude, l'avertissement de descente n'a pas été donné. L'enquête a aussi déterminé que cet oubli n'était pas unique à ce vol et qu'il est déjà arrivé que la cabine n'ait pas été préparée alors que l'avertissement de 10 NM a été donné. Afin de pallier aux oublis de l'avertissement de descente, les agents de bord ont développé comme pratique de remarquer la descente afin de préparer la cabine. L'agent de bord dans l'événement à l'étude avait remarqué la descente et avait préparé la cabine.

1.17.2 Transports Canada Aviation civile — Surveillance réglementaire

Le programme de surveillance de TCAC « permet de vérifier que les entreprises respectent les exigences réglementaires et disposent de systèmes efficaces afin de veiller à satisfaire en permanence aux exigences réglementaires⁴² ». Le programme comprend « des évaluations, des inspections de validation du programme (IVP) et des inspections de processus [IP]⁴³ ».

Les évaluations sont utilisées afin de vérifier si le SGS d'une entreprise permet de maintenir la conformité aux exigences de la réglementation. Les IVP prévoient une surveillance au niveau des systèmes et une revue globale de l'entreprise en utilisant des méthodes d'échantillonnage pour vérifier si l'entreprise peut respecter en permanence les exigences réglementaires. Les IP, quant à elles, sont des inspections qui se concentrent sur un ou

³⁹ Air Inuit Ltée, *Flight Attendant Manual — Section 2 modification #10 (12 juillet 2019)*, sous-section 2.1.1, p. 2-5.

⁴⁰ Ibid., *Section 3 modification #10 (12 juillet 2019)*, sous-section 3.18.1, p. 3-29.

⁴¹ Ibid.

⁴² Transports Canada, *Circulaire d'information CI SUR-004, Programme de surveillance de l'Aviation civile*, édition 01 (19 novembre 2015), section 3.0.

⁴³ Ibid.

plusieurs processus précis. Elles permettent de vérifier si ces processus respectent les exigences réglementaires et fonctionnent convenablement. La fréquence de ces inspections dépend, entre autres, du type d'exploitation, du taux de roulement du personnel clé de la compagnie, de l'historique de conformité et de la nature des constatations. Ainsi, dans le cas d'Air Inuit, selon le plan de surveillance de TCAC, une évaluation a été effectuée en mai 2015. Lors de cette évaluation, 5 constatations portant sur des composantes du SGS ont été émises. Ensuite, 4 IP non planifiées dans le plan de surveillance ont été réalisées, soit 2 inspections concernant les qualifications et les dossiers de formation des agents de bord, en novembre 2016, et 2 inspections en vol sur le DH8C, en avril 2016 et janvier 2018. Ces inspections n'ont donné lieu à aucune constatation.

En mai 2019, conformément au plan de surveillance de TCAC, une IP planifiée a eu lieu concernant la régulation des vols et les procédures des agents de bord. Lors de cette inspection, 1 constatation a été émise à propos d'écarts par rapport aux procédures qui ont été commis par les agents de bord, touchant principalement les exposés aux passagers.

À la suite de chacune des inspections ayant donné lieu à des constatations, l'entreprise a soumis des plans de mesures correctives, qui ont été acceptés par TCAC avant l'inspection suivante.

En outre, tout au long de l'année, Air Inuit fait l'objet de plusieurs activités de certification, comme l'ajout d'aéronefs et d'autorisations spéciales sur le certificat, la révision des SOP, et l'approbation de manuels, de programmes de formation et de scénarios de contrôle de compétence du pilote. Ces activités de certification comprennent habituellement une vérification des exigences réglementaires. Ainsi, outre les activités de son programme de surveillance, TCAC effectue aussi de la supervision de la sécurité par les activités de certification.

Les inspecteurs de TCAC reçoivent parfois des formations propres à un type d'aéronef. Ainsi, lorsque ces inspecteurs suivent une formation donnée par un exploitant, ils évaluent la qualité de cette formation et déterminent si elle répond aux attentes du RAC. TCAC a évalué des formations théoriques d'Air Inuit, dont la formation théorique pour le DH8C, en 2015, 2017 et 2020, et aucune non-conformité n'a été constatée.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Sensibilisation au tangage

En 2003, à la suite d'incidents d'impact de la partie arrière du fuselage où les pilotes ont réagi instinctivement en cabrant l'aéronef rapidement pour stopper un taux de descente excessif près du sol, le constructeur de l'aéronef avait produit une vidéo de formation⁴⁴ s'intitulant « Dash 8 Q400 Pitch Awareness ». La vidéo souligne l'importance de surveiller

⁴⁴ de Havilland (Bombardier), « Dash-8 Q400 Pitch Awareness » [vidéo], (2003).

l'assiette de 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 de 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. Bien que le Dash 8 Q400 (DH8D) soit environ 23 pieds plus long que le DH8C, lorsque les amortisseurs oléopneumatiques du train d'atterrissage sont comprimés lors d'un atterrissage brutal, le fuselage des 2 appareils touchera le sol à environ 7° d'assiette de tangage.

Cette vidéo ne faisait pas partie du programme de formation d'Air Inuit. Cependant, le commandant avait visionné cette vidéo récemment. Le premier officier n'avait pas visionné cette vidéo dans le cadre de sa formation initiale.

Suite à plusieurs événements d'impact de la partie arrière du fuselage, le constructeur a émis une lettre de service le 11 septembre 2008⁴⁵. Cette lettre de service s'adressait uniquement aux opérateurs de DH8D et réitérait l'importance de la surveillance de l'assiette de tangage durant l'arrondi et le toucher des roues. La lettre recommandait d'inclure des annonces normalisées concernant des assiettes en tangage de 5 et 6 degrés dans les procédures (similaire à la figure 5).

Le constructeur recommandait également de gérer le taux de descente sous 200 pieds AGL par la gestion de la puissance. La lettre faisait aussi référence à la vidéo de formation et suggérait aux opérateurs d'administrer de la formation initiale et périodique sur la surveillance de l'assiette de tangage.

Bien que la lettre de service ne s'adressait qu'aux opérateurs de DH8D, et donc n'avait pas été envoyée aux opérateurs de DH8C, Air Inuit avait tout de même inclus, dans ses SOP, les annonces normalisées concernant les angles d'assiette de tangage de 5 et 6 degrés et avait indiqué l'importance de la surveillance de l'assiette de tangage et de la gestion du taux de descente par la puissance.

1.18.2 Approches stabilisées

1.18.2.1 Description

Comme l'ont établi des enquêtes précédentes du BST⁴⁶ et d'organismes dans d'autres pays, les approches non stabilisées posent un risque élevé aux opérations aériennes.

⁴⁵ Bombardier, Lettre de service DH8-400-SL-020, *Q400 pitch awareness training* (11 septembre 2008).

⁴⁶ Rapports d'enquête aéronautique du BST A10P0244, A11H0002, A12W0004, A12O0005, A12P0034, A12Q0161, A13O0098, A14F0065, A14Q0148, A14O0218, A15O0015, A15P0217, A16A0032, A17F0052, A18W0129 et A19A0055.

D'après l'alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2015-04⁴⁷ « Les approches précipitées ou non stabilisées demeurent un facteur important en matière d'impacts sans perte de contrôle (CFIT) et d'ALA. [...]Le 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 ».

En se fondant sur les constatations et conclusions du Go-Around Safety Forum publiées le 26 juin 2013, la FSF indique dans le rapport final d'un projet de recherche 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'ALA et la principale cause de sortie de piste à l'atterrissage⁴⁸ ».

Le même rapport ajoute ceci : [traduction] « Bien que la remise des gaz soit considérée comme étant une manœuvre de vol normale, cette manœuvre est rarement exécutée⁴⁹. » Les procédures d'exécution d'une 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 remontée est prise est déterminante pour les difficultés liées à cette manœuvre. Si une remontée s'avère nécessaire, le PF doit immédiatement agir en conséquence. Lorsque l'aéronef est en descente et se trouve proche 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 en fait que la faible fréquence d'exécution de cette manœuvre elle-même dissuade en partie les pilotes de l'exécuter⁵⁰.

⁴⁷ Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04, « Approche stabilisée », 6 août 2015.

⁴⁸ Flight Safety Foundation, *Final Report to the Flight Safety Foundation – Go-Around Decision Making and Execution Project* (mars 2017), section 4, p. 6.

⁴⁹ Ibid., section 3.3, p. 4.

⁵⁰ Flight Safety Foundation, *Go-around Safety Forum 18 June 2013 Brussels : findings and conclusions* (26 juin 2013), chapitre 2, p. 5.

1.18.2.2 Avantages d'une approche stabilisée

De nombreux organismes reconnaissent les avantages de sécurité d'une approche stabilisée, dont OACI, la FAA, l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne, et TCAC⁵¹. D'après la FSF⁵², 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 l'ATC, 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 valeur limite pour l'altitude de stabilisation, fournissent aux pilotes (PF et PM) un point 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 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'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 non stabilisées exigent une surveillance constante des paramètres de vol, comme la vitesse anémométrique, l'angle d'approche et les repères visuels, ainsi que des ajustements fréquents pour maintenir des paramètres de vol appropriés.

Des 292 accidents répertoriés par l'International Air Transport Association (IATA) de 2015 à 2019⁵³:

- 57 % des accidents sont survenus lors de l'atterrissage;
- 17 % des accidents avaient une approche non stabilisée comme un facteur de causalité; et
- 7 % des accidents étaient des impacts de la partie arrière du fuselage.

⁵¹ Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04, « Approche stabilisée », 6 août 2015.

⁵² Flight Safety Foundation, « Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit, Briefing Note 7.1 — Stabilized Approach », Flight Safety Digest (août–novembre 2000).

⁵³ International Air Transport Association, « Safety Report 2019 » Edition 56 (avril 2020).

D'autres études 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'atterrissage⁵⁴.

Le BST a déjà mené une enquête (A12Q0161) sur un accident semblable survenu en 2012, mettant en cause un DH8C qui avait effectué un atterrissage brutal suivi d'un contact entre la partie arrière du fuselage et la piste. Dans cet événement, un lien avait été établi entre l'approche non stabilisée et la conscience situationnelle; la charge de travail associée à l'exécution d'une approche non stabilisée avait réduit la conscience situationnelle. Le PF n'avait pas remarqué le déficit d'énergie de l'aéronef, et a réduit la puissance 4 secondes avant l'atterrissage, à l'insu du PM qui ne s'y attendait pas. L'attention des 2 pilotes était fixée à l'extérieur de l'aéronef. Ni l'un ni l'autre n'a pu reporter à temps son attention dans le poste de pilotage pour comprendre la configuration de l'aéronef et réagir de manière à prévenir l'atterrissage brutal. Aucun des pilotes de cet événement n'avaient visionné la vidéo de formation du constructeur.

Dans son rapport d'enquête sur l'impact sans perte de contrôle survenu à Resolute Bay (Nunavut) en 2011⁵⁵, 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

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, TC a fourni les données 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 TCAC 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 la cette recommandation était faible et que, par conséquent, la réponse à la recommandation A14-01 dénotait une attention entièrement satisfaisante⁵⁶.

⁵⁴ J.M. Smith, D.W. Jamieson et W.F. Curtis, « Failure to Mitigate », *AeroSafety World*, Flight Safety Foundation, vol. 8, n° 1 (février 2013).

⁵⁵ Rapport d'enquête aéronautique A11H0002 du BST.

⁵⁶ Recommandation A14-01 du BST : Approches non stabilisées, à l'adresse <https://www.bst.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2014/rec-a1401.html>.

1.18.3 Alertes à la sécurité de Transports Canada

En réponse à la recommandation A14-01 du BST, TCAC a publié l'ASAC intitulée « Utilisation des SGS pour examiner les dangers et les risques associés aux approches non stabilisées » (ASAC n° 2014-03), en juin 2014.

Cette ASAC comportait, entre autres, l'objectif suivant :

Demander aux exploitants aériens régis par la sous-partie 705 du Règlement de l'aviation canadien (RAC) qu'ils utilisent leur système de gestion de la sécurité (SGS) existant – sur une base volontaire – afin d'examiner les dangers et les risques associés aux approches non stabilisées⁵⁷[.]

TCAC a conçu un projet de suivi pour déterminer l'efficacité de l'ASAC n° 2014-03. Plus précisément, le BIP n° 2016-01 a pour objectif d'analyser l'évaluation qu'effectue chaque exploitant des approches non stabilisées à l'aide de son SGS et, le cas échéant, d'évaluer les mesures d'atténuation des risques mises en place, ainsi que la portée, le type et la fréquence des interventions liées aux approches non stabilisées.

Le 6 août 2015, TCAC a publié l'ASAC n° 2015-04 intitulée « Approche stabilisée »⁵⁸. Cette ASAC concernait les exploitants aériens certifiés en vertu des sous-parties 702, 703, 704 et 705 du RAC, et les exploitants privés enregistrés en vertu de la sous-partie 604 du RAC. Elle visait « à souligner l'importance d'une approche stabilisée et à préciser ses éléments⁵⁹ ».

Dans l'ASAC n° 2015-04, TCAC recommande qu'une annonce d'approche « stable » ou « instable » dans des circonstances précises soit exigée dans les procédures d'approche stabilisée. De plus, l'application du concept d'approche stabilisée devrait être appuyée par des politiques de remise des gaz qui se veulent non-punitives⁶⁰.

En mars 2016, TCAC a effectué une évaluation de l'utilisation du SGS d'Air Inuit pour faire face aux dangers et aux risques associés aux approches instables. TCAC avait noté qu'Air Inuit avait déjà utilisé son SGS pour aborder les enjeux des approches instables en 2011 et que des mesures d'atténuation des risques avaient déjà été mises en place, par exemple une annonce d'approche « stable » dans les SOP et une politique non-punitives de remise des gaz en cas d'approche instable.

1.18.4 Programme de formation

Le paragraphe 705.124(1) du RAC exige ceci :

L'exploitant aérien doit établir et maintenir un programme de formation qui :

⁵⁷ Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2014-03, « Utilisation des SGS pour examiner les dangers et les risques associés aux approches non stabilisées » (27 juin 2014).

⁵⁸ Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04, numéro d'édition : 01, « Approche stabilisée » (6 août 2015).

⁵⁹ Ibid., numéro d'édition : 02, « Approche stabilisée » (5 août 2019).

⁶⁰ Ibid., p. 4.

- a)** a pour objet de permettre aux personnes qui reçoivent la formation d'acquérir la compétence pour exercer les fonctions qui leur sont assignées;
- b)** est approuvé par le ministre conformément aux *Normes de service aérien commercial* [...] ⁶¹.

Que ce soit pour un programme de niveau C ou D, les Normes de service aérien commercial (NSAC) énumèrent les éléments de formation à couvrir, qui comprennent notamment ⁶²:

- l'utilisation des listes de vérifications;
- les incendies de moteur, de l'avion et de la cargaison en vol et au sol;
- les pannes de divers systèmes, équipements et commandes de vol;
- la perte de pressurisation et la descente d'urgence;
- l'incapacité soudaine d'un pilote;
- tous les types d'approches aux instruments;
- un programme de formation VFR.

Un programme de formation a pour objet de permettre aux personnes qui reçoivent la formation d'acquérir la compétence pour exercer les fonctions qui leur sont assignées. Ces programmes de formation utilisent les SOP spécifiques à chaque exploitant. En utilisant les SOP, les formations viendront mettre en place des pratiques qui atténueront de possibles ambiguïtés et contradictions entre les procédures écrites.

Les formations périodiques favorisent la conservation et le perfectionnement continu des compétences acquises et visent à corriger au besoin les adaptations qui ne respectent pas les procédures. Dans le cas des formations périodiques, que ce soit pour un programme niveau C ou D, un exploitant régi par la sous-partie 705 peut décider de couvrir tous les éléments de formation sur un cycle pouvant s'étaler sur 3 ans. Selon son programme de formation, Air Inuit utilisait un cycle de 2 ans pour ses formations périodiques. Le programme de formation spécifiait que tous les éléments de la formation initiale allaient être couverts dans un cycle de 2 ans.

Le commandant a reçu sa formation initiale en 2015. Par la suite, il a suivi des formations périodiques aux 6 mois et a donc passé 2 cycles de 2 ans. Durant ces cycles de formation, le commandant n'avait pas reçu plusieurs des éléments exigés dont des éléments de formation au vol VFR et d'autres sur les incendies de l'avion et de la cargaison en vol et au sol, la perte de pressurisation et l'incapacité soudaine d'un pilote. Le premier officier quant à lui les avait tous reçus dans le cadre de sa formation initiale.

⁶¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 705.124(1).

⁶² Transports Canada, *Norme de service aérien commercial* (NSAC), article 725.124.

1.18.5 Facteurs humains

1.18.5.1 Conscience situationnelle

La conscience situationnelle est : [traduction] « ... la perception des éléments dans un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur statut dans un future proche »⁶³. La conscience situationnelle comprend donc 3 niveaux⁶⁴ :

- **Niveau 1 - Perception** : percevoir les éléments clés de l'environnement;
- **Niveau 2 - Compréhension** : comprendre ce que ces éléments veulent dire; et
- **Niveau 3 - Projection** : comprendre comment ces éléments vont évoluer dans le temps.

1.18.5.2 Perception du risque

Le numéro d'avril 2013 du magazine *Aero Safety World* rapporte les résultats d'une étude sur les expériences de pilotes exécutant des approches non stabilisées et des remises de gaz⁶⁵. On a demandé à plus de 2000 pilotes de relater en détail les approches non stabilisées sous l'altitude minimale d'approche stabilisée qu'ils avaient effectuées récemment et qui se sont soldées par une remise des gaz ou qu'ils ont poursuivies jusqu'à l'atterrissage.

L'étude a permis d'établir que les pilotes étaient plus susceptibles de poursuivre une approche non stabilisée lorsqu'en VMC et en l'absence de facteurs environnementaux (p. ex. cisaillement du vent, turbulences, pistes contaminées) pouvant accroître la complexité des opérations. Les auteurs suggèrent que ces facteurs confortent le pilote dans sa perception qu'une approche peut être récupérée et réduisent ainsi sa perception du risque.

1.18.5.3 Traitement de l'information

Les pilotes travaillent dans un environnement complexe qui demande la surveillance de multiples sources et types de renseignements. Lorsque les pilotes reçoivent des renseignements auxquels ils s'attendent sur l'environnement, ils tendent à réagir rapidement et sans erreur. Par contre, lorsqu'ils reçoivent des renseignements contraires à leurs attentes, leur réaction est plus lente et pourrait être inappropriée⁶⁶.

⁶³ M.R. Endsley, "Design and evaluation for situation awareness enhancement," Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting, Santa Monica, CA (1988) p. 97.

⁶⁴ M. Kardos, "Automation Information Sharing and Shared Situation Awareness," DEFENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANISATION SALISBURY (AUSTRALIA) SYSTEMS SCIENCES LAB, (2004), p. 3.

⁶⁵ J.M. Smith, D.W. Jamieson et W.F. Curtis, « Why do we forgo the go-around? », *Aero Safety World* (avril 2013). En ligne : <https://flightsafety.org/asw-article/why-do-we-forgo-the-go-around/> (dernière consultation le 31 août 2020).

⁶⁶ M.R. Endsley, « Situation awareness in aviation systems » dans : J.A. Wise, V.D. Hopkin et D.J. Garland (eds.), *Handbook of Aviation Human Factors*, 2^e édition (Boca Raton [Floride] : CRC Press, 2010) pp. 12-1 à 12-22.

1.18.5.4 Charge de travail

Une charge de travail excessive se produit lorsque l'exécution d'une tâche demande plus de ressources que celles qui sont disponibles⁶⁷, ce qui entraîne une réduction de la performance⁶⁸. Une augmentation de la charge de travail peut-être causée par divers facteurs, comme un changement de conditions climatiques, un bris mécanique, ou une erreur d'attention.

Un effet « boule de neige » se produit lorsque la charge de travail s'accumule et augmente de façon exponentielle⁶⁹; ainsi, une erreur mineure peut augmenter la charge de travail qui à son tour, peut mener à plus d'erreurs⁷⁰.

Une augmentation marquée de la charge de travail peut limiter le champ d'attention, augmenter le stress, et réduire la mémoire de travail⁷¹.

1.18.5.5 Surdité aux changements

La surdité aux changements est une incapacité chez un opérateur à percevoir un signal auditif durant une période de demande cognitive  lev e^{72,73,74}. Elle s'observe principalement lors de tâches cognitives ou visuelles⁷⁵ où la charge de travail est  lev e⁷⁶, lorsque l'opérateur est engagé dans sa tâche, ou lorsqu'il accomplit plusieurs tâches à la fois⁷⁷. La forte demande cognitive occasionnée par la tâche principale laisse peu de ressources cognitives disponibles pour les tâches secondaires, comme la perception des alarmes sonores. Les ressources cognitives restantes ne sont pas suffisantes pour permettre à la

⁶⁷ C. Gonzalez, "Task workload and cognitive abilities in dynamic decision making," *Human Factors*, Vol. 47 Issue 1 (2005), p. 1.

⁶⁸ E. Svensson, M. Angelborg-Thanderez, L. Sjöberg et S. Olsson, « Information complexity-mental workload and performance in combat aircraft », *Ergonomics*, Vol. 40, numéro 3 (1997), p. 13.

⁶⁹ B.A. Berman, et R.K. Dismukes, "Pressing the approach," *Aviation Safety World*, (2006), p. 28.

⁷⁰ Ibid., p. 32.

⁷¹ Ibid., p. 32.

⁷² J.S. Macdonald et N. Lavie, « Visual perceptual load induces inattentional deafness », *Attention Perception Psychophysiology*, volume 73 (2011), doi : 10.3758/s13414-011- 0144-4.

⁷³ S. Koreimann, B. Gula et O. Vitouch, « Inattentional deafness in music », *Psychological Research*, volume 78, (2014). doi : 10.1007/s00426-014-0552-x

⁷⁴ F. Dehais, M. Causse, F. Vachon, N. Régis, E. Menant et S. Tremblay, « Failure to detect critical auditory alerts in the cockpit: Evidence for inattentional deafness », *Human factors*, volume 56, numéro 4 (2014), p. 634.

⁷⁵ C.P. Janssen, R.M. van der Heiden, S.F. Donker et J.L. Kenemans, « Measuring susceptibility to alerts while encountering mental workload », Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications: Adjunct Proceedings (septembre 2019), p. 416.

⁷⁶ F. Dehais, M. Causse, F. Vachon, N. Régis, E. Menant et S. Tremblay, « Failure to detect critical auditory alerts in the cockpit: Evidence for inattentional deafness », *Human factors*, volume 56, numéro 4 (2014), p. 650.

⁷⁷ Ibid., p. 635.

représentation mentale de l'alarme d'être activée en mémoire⁷⁸. Comme le pilotage est une activité multitâche susceptible d'engendrer une charge de travail élevée, il est probable que des alarmes sonores soient occasionnellement manquées par l'équipage de conduite⁷⁹.

1.18.5.6 Mémoire prospective

La mémoire prospective est la réalisation d'une intention dans le futur⁸⁰. Il s'agit d'une forme de récupération en mémoire à long terme où l'individu doit se rappeler de son intention au bon moment⁸¹ sans conserver activement l'intention en mémoire de travail⁸². Le rappel se fait à partir d'indices dans l'environnement. Les indices peuvent être temporels ou événementiels⁸³. Voici deux exemples possibles de l'utilisation de mémoire prospective durant le vol à l'étude :

- lorsque l'aéronef est à 10 NM de la destination (indice de récupération), il faut faire retentir les 2 carillons pour avertir l'agent de bord que l'atterrissage est imminent;
- lorsque l'aéronef passe le point désigné d'approche stabilisée à 1000 ou à 500 pieds AAE (indice de récupération), il faut vérifier les paramètres de vol pour s'assurer qu'ils respectent les limites des critères d'approche stabilisée.

La mémoire prospective est influencée par plusieurs facteurs, dont l'importance accordée à la tâche, peu importe que l'indice soit temporel ou événementiel⁸⁴. Ceci s'explique par le fait que la tâche principale (tâche qui est présentement en cours) et la surveillance de l'environnement (pour identifier l'indice) se disputent les ressources attentionnelles disponibles. Si la tâche en mémoire prospective est jugée de faible importance, moins de ressources attentionnelles y seront accordées, ce qui réduit les chances de percevoir l'indice de récupération lors qu'il apparaît⁸⁵.

⁷⁸ M. Causse, J.P. Imbert, L. Giraudet, C. Jouffrais et S. Tremblay, « The role of cognitive and perceptual loads in inattentive deafness », *Frontiers in human neuroscience*, volume 10 (2016), p. 2.

⁷⁹ F. Dehais, M. Causse, F. Vachon, N. Régis, E. Menant et S. Tremblay, « Failure to detect critical auditory alerts in the cockpit: Evidence for inattentive deafness », *Human factors*, volume 56, numéro 4 (2014), p. 635.

⁸⁰ P.W. Burgess, A. Quayle et C.D. Frith, « Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography », *Neuropsychologia*, volume 39, numéro 6 (2001), p. 1.

⁸¹ D.M. McBride et J.C. Cutting, *Cognitive psychology: Theory, process, and methodology* (SAGE Publications, 2017), p. 138.

⁸² P.W. Burgess, A. Quayle et C.D. Frith, « Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography », *Neuropsychologia*, volume 39, numéro 6 (2001), p. 1.

⁸³ Ibid., p. 2.

⁸⁴ M. Kligel, M. Martin, M. McDaniel et G. Einstein, « Importance effects on performance in event-based prospective memory tasks », *Memory*, volume 12, numéro 5 (2004), p. 15.

⁸⁵ Ibid., p. 5.

1.18.5.7 Prise de décision et biais

La prise de décision des pilotes est essentielle à la sécurité des vols. La prise de décision peut être définie comme [traduction] « une mise en correspondance d'informations et de réponses »⁸⁶ réalisée en 4 étapes :

1. la recherche d'informations dans l'environnement;
2. l'analyse des informations en fonction du contexte et des connaissances;
3. la sélection d'un plan d'action, en comparant les informations analysées avec d'autres plan d'actions potentiels dans la mémoire à long terme;
4. la métacognition, qui correspond à la capacité d'évaluer sa propre décision et ses limites⁸⁷.

Dans le vol à l'étude, la prise de décision se caractérisait par l'incertitude, la pression temporelle et la surcharge d'informations⁸⁸. Dans ce contexte, la simplification des informations allège la charge des ressources cognitives du pilote. Dans une situation complexe, les humains ont donc tendance à s'appuyer sur des raccourcis mentaux (c'est-à-dire des raccourcis heuristiques et des biais) pour évaluer l'environnement et prendre des décisions. Bien que ces raccourcis soient efficaces la plupart du temps, lorsqu'ils sont utilisés en présence d'informations ambiguës, ils peuvent mener à de mauvaises décisions pouvant engendrer des situations dangereuses.

1.18.5.7.1 Biais de confirmation

Lorsqu'ils recherchent des informations supplémentaires sur la situation, les pilotes sont susceptibles de rechercher uniquement des informations supplémentaires confirmant leur hypothèse initiale et d'interpréter les indices ambigus sous un éclairage qui convient à leur objectif. C'est ce qu'on appelle un biais de confirmation. Le biais de confirmation peut s'expliquer par le fait :

- qu'il est cognitivement exigeant de gérer des informations contradictoires; et
- que changer sa décision et en prendre une nouvelle nécessite plus de ressources cognitives que de maintenir une décision erronée.

1.18.5.7.2 Tendance à s'en tenir au plan

La tendance à s'en tenir au plan est : [traduction] « la tendance à continuer avec le plan d'origine même lorsque des circonstances changeantes nécessitent un nouveau plan »⁸⁹. La

⁸⁶ C.D. Wickens et J.G. Hollands, *Engineering psychology and human performance*, 3rd Ed. (Psychology Press, 1999), p. 294.

⁸⁷ Ibid., p. 295-296.

⁸⁸ G. Klein, « Naturalistic decision making », *Human factors*, volume 50, numéro 3 (2008), p. 456-460.

⁸⁹ B.A. Berman et R.K. Dismukes, « Pressing the approach », *Aviation Safety World* (2006), p. 28.

tendance à s'en tenir au plan peut être le résultat d'une évaluation erronée de la situation^{90,91}, d'une mauvaise anticipation des risques⁹², ou d'une surestimation de ses capacités à faire face à la situation⁹³. Un pilote pourrait surestimer les habiletés des autres membres de l'équipage et leur capacité à gérer la nouvelle situation. Par exemple, un PM ayant plus d'expérience que le PF pourrait décider de s'en tenir au plan en se basant sur ses propres capacités à gérer la situation, sans se rendre compte que le PF n'est pas en mesure de gérer la même situation. En d'autres mots, lorsqu'un changement de condition survient, les nouvelles données peuvent ne pas être perçues, ou être mal interprétées par le pilote, et les risques associés aux nouvelles conditions peuvent être sous-estimés.

1.18.5.8 Gestion des ressources de l'équipage

La gestion des ressources de l'équipage (CRM) est l'utilisation efficace de toutes les ressources disponibles – ressources humaines, ressources technologiques et information – dans le but d'effectuer un vol en sécurité et avec efficacité. La CRM met en jeu les compétences, les habiletés, les attitudes, la communication, la conscience situationnelle, la résolution de problèmes et le travail d'équipe. La CRM est liée aux aptitudes cognitives et interpersonnelles requises pour gérer un vol. Les aptitudes cognitives comprennent les processus mentaux nécessaires pour se faire et conserver une conscience situationnelle exacte, pour résoudre des problèmes et pour prendre des décisions. Les aptitudes interpersonnelles sont, elles, liées aux communications et aux comportements associés au travail d'équipe.

1.18.5.9 Gestion des menaces de des erreurs

La CRM moderne incorpore la TEM. Les 3 éléments de base de la TEM sont les menaces, les erreurs et les états indésirables des aéronefs. Chaque vol comporte des dangers que l'équipage doit gérer. Ces dangers, que l'on appelle menaces, augmentent les risques en vol et peuvent comprendre des menaces environnementales (conditions météorologiques défavorables, contamination de la piste, etc.) ou des menaces opérationnelles (pistes courtes, etc.). La TEM met l'accent sur les principes d'anticipation, de détection et de

⁹⁰ S. Shappell, C. Detwiler, K. Holcomb, C. Hackworth, A. Boquet et D.A. Wiegmann, « Human error and commercial aviation accidents: an analysis using the human factors analysis and classification system », *Human factors*, volume 49, numéro 2 (2007), p. 239.

⁹¹ E.K. Muthard et C.D. Wickens, « Change detection after preliminary flight decisions: Linking planning errors to biases in plan monitoring », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (septembre 2002), p. 1.

⁹² B. Léonore, V. Claude, F. Sophie, L. Fanny et N. Claude, « The Effects of Success Related Pressure on Information Processing Strategies and Plan Continuation Error », *Proceedings of the International Symposium on Aviation Psychology* (2009), p. 6.

⁹³ L. Bourgeon, C. Valot, A. Vacher et C. Navarro, « Study of perseveration behaviors in military aeronautical accidents and incidents: Analysis of Plan Continuation Errors », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society annual meeting* (septembre 2011), p. 4.

récupération⁹⁴, et repose donc sur la détection proactive des menaces qui pourraient réduire la marge de sécurité. Les équipages peuvent établir des mesures à l'étape de la planification ou durant l'exécution des vols, en modifiant le plan selon les circonstances.

Une bonne gestion des erreurs est associée à des comportements précis de la part de l'équipage, dont les plus couramment cités sont la vigilance, la propension à poser des questions et à formuler des commentaires et l'assertivité. Même si des menaces existent et des erreurs se produisent dans la plupart des segments de vol, elles sont rarement accompagnées de conséquences graves, car l'équipage les gère efficacement. Une bonne gestion des risques dans le poste de pilotage est intrinsèquement liée à une bonne CRM.

TCAC a élaboré de nouvelles normes de formation en CRM qui sont entrées en vigueur le 28 juillet 2017^{95,96} et qui prévoyaient une date limite de mise en œuvre 18 mois plus tard, soit le 31 janvier 2019. Cette date a ensuite été repoussée à l'automne 2019. Ces nouvelles normes obligent les transporteurs aériens à fournir une formation initiale et annuelle qui comprend les éléments de la CRM moderne aux équipages de conduite, aux agents de bord, aux régulateurs de vols, aux préposés au suivi des vols, aux équipes au sol et au personnel de maintenance.

Air Inuit avait mis à jour son programme de formation CRM, qui respectait la nouvelle norme selon TCAC, et au moment de l'événement, la nouvelle formation avait été administrée à tout le personnel concerné.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Sans objet.

⁹⁴ A. Merritt et J. Klinect, « Defensive Flying for Pilots: An Introduction to Threat and Error Management », *The University of Texas Human Factors Research Project: The LOSA Collaborative* (Austin [Texas] : 2006).

⁹⁵ Transports Canada, *Règlement de l'aviation canadien (RAC)*, DORS/96-433, Norme de service aérien commercial 725, paragraphe 725.124(39).

⁹⁶ Transports Canada, Circulaire d'information CI 700-042, *Gestion des ressources de l'équipage (CRM)*, édition 02 (14 mars 2020).

2.0 ANALYSE

Rien n'indique qu'il y ait eu une défaillance de la cellule, des moteurs ou d'un système pendant le vol à l'étude. Par ailleurs, la performance de l'aéronef n'a pas été un facteur dans l'événement. L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur, et rien n'indique que des facteurs physiologiques comme la fatigue aient atténué leurs capacités. Par conséquent, l'analyse portera sur la préparation de l'approche, notamment les ressources (procédures, formations, règlements, lignes directrices et expérience) à la disposition de l'équipage, et l'exécution de l'approche.

2.1 Préparation de l'approche

2.1.1 Gestion des ressources de l'équipage

Le concept de gestion des ressources de l'équipage (CRM) repose en grande partie sur la communication. Depuis juillet 2017, la nouvelle norme de Transports Canada Aviation Civile (TCAC), mise en œuvre progressivement, oblige les exploitants à fournir une formation moderne en CRM à tout le personnel de la compagnie qui interagit avec l'équipage de conduite.

L'enquête a permis d'établir qu'il arrive parfois, dans les opérations d'Air Inuit sur DH8C, que l'avertissement de descente ne soit pas donné à l'agent de bord. Les agents de bord se sont adaptés afin de pallier à ces oublis, et ils ont appris à être attentifs aux indices que l'aéronef est en descente pour l'atterrissage afin de préparer la cabine à l'atterrissage.

Dans le vol à l'étude, l'équipage de conduite était préoccupé par un aéronef au départ de l'aéroport de Schefferville (CYKL), une menace qu'il avait identifiée. Ainsi, la liste de vérification de descente a été oubliée et aucun avertissement de descente n'a été donné à l'agente de bord. Celle-ci s'est aperçue de la descente et a préparé la cabine. Bien que l'absence d'avertissement de descente puisse sembler bénigne, l'absence de communication avec la cabine au début de la descente était liée à l'oubli de la liste de vérification de descente.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les pilotes ont oublié d'effectuer la liste de vérification de descente et s'en sont rendu compte à un moment inopportun, soit lorsque le pilote surveillant (PM) effectuait le rapport de position.

2.1.2 Procédures de cabine

Avant chaque décollage et atterrissage, la cabine doit être sécurisée afin de minimiser les risques de blessures et pour ce faire, Air Inuit a mis en place des procédures de communication entre les pilotes et les agents de bord. Selon ces procédures, l'agent de bord doit communiquer avec les pilotes uniquement si la cabine n'est pas sécurisée avant l'atterrissage.

Bien que le manuel des agents de bord leur indique de communiquer directement avec les pilotes lors d'une situation d'urgence ou une situation affectant la sécurité du vol, la

formation des agents de bord insiste sur le fait qu'il faut limiter les communications pendant les phases critiques du vol. Ainsi, les agents de bord sont informés que les 2 seules situations dans lesquelles ils peuvent appeler le poste de pilotage lors d'une phase critique du vol sont des cas visuellement confirmés de feu moteur ou de feu de cabine. Par conséquent, si la cabine n'est pas sécurisée en raison d'un oubli de l'avertissement de descente ou pour toutes autres raisons, selon l'interprétation de la procédure liée aux phases critiques du vol, une fois l'annonce d'atterrissage imminent donnée, l'agent de bord n'informerait pas les pilotes que la cabine n'est pas sécurisée.

Une cabine qui n'est pas sécurisée est une situation qui affecte la sécurité du vol. Un atterrissage dur, court, un freinage fort ou un incident à l'atterrissage pourrait occasionner des blessures aux passagers si des objets lourds ne sont pas sécurisés ou si des ceintures de sécurité ne sont pas bouclées.

Fait établi quant aux risques

Si une procédure est interprétée de manière à limiter les communications liées à la sécurité de la cabine, il y a un risque que les pilotes ne soient pas informés du fait que la cabine n'est pas sécurisée et que des passagers soient blessés lors de l'atterrissage, spécialement si un atterrissage anormal survient.

2.1.3 Surveillance de la stabilité des approches

La mémoire prospective est une forme de récupération en mémoire à long terme où l'individu doit se rappeler de son intention au bon moment sans conserver activement l'intention en mémoire de travail. Le rappel se fait à partir d'indices dans l'environnement.

La vérification des critères d'approche stabilisée au point d'approche désigné est une tâche de mémoire prospective : un équipage doit se rappeler que lorsqu'il atteint le point désigné d'approche stabilisée, il doit s'assurer que l'aéronef respecte tous les critères d'approche stabilisée. Ainsi, l'équipage doit être en mesure de surveiller l'environnement pour déceler le point où l'aéronef passe le point désigné d'approche stabilisée (indice de récupération en mémoire). Ce point désigné d'approche stabilisée est différent pour chaque aéroport.

Puisque la tâche principale et la surveillance pour identifier l'indice se disputent les ressources attentionnelles disponibles, sans rappel obligatoire de l'indice de récupération lors de la préparation de l'approche, moins de ressources attentionnelles risquent d'y être accordées, ce qui réduit les chances de le percevoir lorsqu'il apparaît.

D'après les procédures d'utilisation normalisées (SOP), en situation normale dans des conditions météorologiques de vol à vue, l'aéronef doit se trouver sur une approche stabilisée au plus tard au point désigné d'approche stabilisée, soit à 500 pieds d'altitude au-dessus de l'aéroport (AAE), et l'annonce « Stabilized » doit être faite. Dans le cas à l'étude, aucune annonce n'a été effectuée.

Fait établi quant aux risques

Si un rappel de l'altitude du point désigné d'approche stabilisée n'est pas effectué pour chaque approche, ce point désigné peut être manqué et une approche non stabilisée continuée, augmentant le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.

2.1.4 Procédures d'utilisation normalisées

Selon le manuel d'exploitation de la compagnie, l'aéronef doit être configuré pour l'atterrissage à 500 pieds AAE à la vitesse d'approche de référence d'atterrissage (V_{ref}) (tolérance d'écart de -0 et +20 KIAS [vitesse indiquée en nœuds]) et toutes les listes de vérifications doivent être complétées avant 500 pieds AAE lors d'une approche selon les règles de vol à vue (VFR) et 1000 pieds AAE lors d'une approche selon les règles de vol aux instruments (IFR).

Selon les SOP, l'aéronef doit être stabilisé dans la configuration d'atterrissage à la vitesse de 120 KIAS (tolérance d'écart de -5 et +10 KIAS) pour 500 pieds AAE. Toujours selon les SOP, lors d'une approche aux instruments, les volets sont baissés à 35° et la liste de vérification finale est exécutée lorsque l'atterrissage est assuré. Ceci fait en sorte que lorsque les conditions météorologiques sont près des minimums d'approches, la sélection des volets et la liste de vérification finale sont souvent effectuées sous 500 pieds AAE, dans certains cas à 250 pieds AAE. Ainsi, il est permis de poursuivre une approche IFR sous 500 pieds AAE bien que les volets ne soient pas réglés à la position d'atterrissage et que la liste de vérification finale ne soit pas terminée. Par conséquent, il n'est pas possible de se conformer à la politique du manuel d'exploitation tout en suivant les procédures des SOP.

Ces contradictions entre la politique d'approche stabilisée du manuel d'exploitation, les critères d'approche stabilisés des SOP et les procédures d'approche des SOP créent une ambiguïté qui laisse place à l'interprétation.

Le vol à l'étude effectuait une approche visuelle, cependant les SOP ne décrivent pas de procédures pour effectuer ce type d'approche, uniquement les circuits VFR sont illustrés avec la sélection des volets à 35° à 500 pieds AAE. Du côté des approches IFR, selon les SOP, il est permis de sélectionner les volets sous 500 pieds AAE. Il est donc raisonnable de conclure que lorsque la piste est en vue en approche visuelle, la sélection tardive des volets pourrait aussi être permise.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En raison des ambiguïtés et contradictions des lignes directrices sur les approches stabilisées, le commandant a interprété qu'il était permis de poursuivre l'approche sous 500 pieds AAE alors que la sélection des volets à 35° et que la liste de vérification finale n'avaient pas été effectuées.

L'interprétation des ambiguïtés et contradictions des lignes directrices sur les approches stabilisées n'est pas un phénomène propre au vol à l'étude. L'examen des données extraites de l'enregistreur de données de vol (FDR) de l'aéronef à l'étude a révélé que 15,9% des approches effectuées (23 des 144) comportaient une vitesse qui excédait la limite des critères d'approche stabilisée à un moment donné sous 500 pieds AAE. Puisque l'analyse n'a pas tenu compte de la durée de ces écarts ou des conditions météorologiques présentes

lorsqu'ils se sont produits, il est possible que certains de ces écarts aient été très bref où en raison de turbulences modérées.

Les discordances dans les lignes directrices rendent la prise de décision plus complexe. Dans un contexte de charge de travail et de pression temporelle élevées, comme c'était le cas lors du vol à l'étude, les ressources disponibles pour la prise de décision sont limitées. Dans ce cas, un pilote prend moins de facteurs en considération et évalue moins de plans d'action. Si, en plus, les procédures sont complexes et comportent des éléments discordants, un pilote aura donc tendance à s'appuyer sur des raccourcis mentaux et risque de sélectionner les éléments de la procédure qui confirment son plan et de laisser les autres de côté.

Entre 1994 et 2020, les procédures incohérentes ou manquantes sont ressorties dans 39 faits établis (divers) dans les rapports d'enquête aéronautique du BST. Dans bien des cas, les procédures avaient fait l'objet d'une revue de la part de TCAC et aucune irrégularité n'avait été détectée. Ces incohérences et ces manquements laissent aux pilotes l'option d'interpréter certaines situations et, parfois, ces interprétations réduisent les marges de sécurité.

Selon le manuel de l'inspecteur et l'interprétation officielle de 2014, TCAC devait évaluer la qualité, la cohérence, l'exactitude, la concision, la clarté, la pertinence et le contenu des SOP d'Air Inuit. Cette évaluation est entre-autre effectuée lors des activités de certification telles que la révision des changements proposés aux SOP et lors des activités de surveillance telles que des inspections en vol. En 2016, une évaluation spécifique selon les alertes à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2014-03 et n° 2015-04 a été effectuée visant la politique et les procédures d'approche stabilisée d'Air Inuit. Lors de ces évaluations, TCAC n'a pas relevé d'enjeux particuliers concernant les lignes directrices de l'exploitant sur les approches stabilisées.

Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) exige que les SOP contiennent des éléments spécifiques, c'est pourquoi certaines SOP sont acceptées suite à une vérification de la présence de ces éléments, sans que leur qualité, leur cohérence, leur exactitude, leur concision, leur clarté, leur pertinence et leur contenu ne soient vérifiés.

Fait établi quant aux risques

Si TCAC n'évalue pas la qualité, la cohérence, l'exactitude, la concision, la clarté, la pertinence et le contenu des SOP, ces procédures pourraient ne pas être efficaces, ce qui augmente les risques pour les opérations de vol.

2.1.5 Formation des équipages de conduite

Même si certaines procédures sont ambiguës ou contradictoires, si la formation administrée couvre ces lacunes, les pratiques en place atténueront habituellement les risques liés à ces ambiguïtés et ces contradictions. La formation des équipages d'un exploitant aérien est complexe puisqu'il y a plusieurs éléments de formation à traiter : la formation initiale, qui vise à donner aux membres d'équipage les connaissances et les compétences dont ils ont

besoin pour effectuer leur travail, et la formation périodique, qui vise entre autres à corriger au besoin les adaptations qui ne respectent pas les procédures.

Lors d'une formation initiale, tous les éléments de formation doivent être couverts d'un coup. Le commandant de bord et le premier officier les avaient tous reçus lors de leur formation initiale en 2015 et 2019 respectivement.

Lors d'une formation périodique chez un exploitant régi par la sous-partie 705 du RAC, les éléments de formation peuvent être couverts sur un cycle d'une durée pouvant aller jusqu'à 3 ans. Air Inuit utilisait un cycle de 2 ans pour ses formations périodiques. Le premier officier n'avait pas encore fait de formation périodique suite à sa formation initiale. Le commandant de bord suivait les cycles de formation périodique depuis 2016. L'enquête a permis de déterminer que, durant les deux derniers cycles de formation, le commandant n'avait pas reçu plusieurs éléments de formation exigés, y compris ceux sur les incendies de l'avion et de la cargaison en vol et au sol, la perte de pressurisation, l'incapacité soudaine d'un pilote et certains éléments de formation au vol VFR.

Fait établi quant aux risques

Si tous les éléments de formation exigés ne sont pas inclus dans les formations périodiques, il pourrait y avoir des lacunes dans l'exécution des procédures ou des écarts par rapport à celles-ci, augmentant les risques des opérations de vol.

2.1.5.1 Surveillance réglementaire de la formation

La portée des activités de surveillance réglementaire effectuées chez Air Inuit de 2015, 2016, 2018 et 2019 ne comprenait pas la vérification des éléments de formation en simulateur notés dans les dossiers de formation. Lors de l'inspection de processus (IP) planifiée de mai 2019, bien que 4 dossiers de formation de pilote aient été vérifiés, ces vérifications visaient uniquement à confirmer que toutes les formations avaient été complétées, à déterminer leur durée et à s'assurer qu'elles n'étaient pas expirées. Les inspections de validation de programme (IVP) et les IP de TCAC n'incluent pas la vérification du contenu des formations des pilotes, c'est-à-dire vérifier si les pilotes ont reçu, au minimum, de la formation sur tous les éléments énumérés dans le RAC, comme dans ce cas le vol VFR. L'enquête a révélé que certains éléments de la formation périodique n'avaient pas été donnés.

Fait établi quant aux risques

Si la surveillance de TCAC ne vérifie pas le contenu des formations des équipages, il se pourrait que des écarts ne soient pas détectés et que des lacunes dans l'exécution des procédures ou des écarts par rapport à celles-ci ne soient pas corrigés, ce qui augmente les risques pour les opérations de vol.

2.1.5.2 Formation suggérée par le constructeur

À la suite d'incidents d'impact de la partie arrière du fuselage, le constructeur de l'aéronef avait identifié l'enjeu de la gestion du taux de descente lors des atterrissages. Afin de contrer la réaction instinctive du pilote consistant à cabrer l'aéronef pour freiner une descente trop rapide près du sol, plus de formation et de pratique sont nécessaires pour

ancrer la manœuvre en mémoire procédurale. À cette fin, le constructeur a produit une vidéo intitulée « Dash 8 Q400 Pitch Awareness ».

Cette vidéo mentionne que, bien que le DH8C soit plus court que le DH8D, lorsque les amortisseurs oléopneumatiques du train sont comprimés, le fuselage du DH8C touchera le sol à une assiette de tangage similaire au DH8D. Ainsi, les procédures et techniques montrées dans la vidéo s'appliquent aussi à la série du DH8C. Pour diminuer un taux de descente trop élevé alors que l'aéronef est près du sol, le constructeur recommande aux pilotes de résister à la tentation d'augmenter l'assiette de tangage, mais plutôt d'augmenter la puissance tout en limitant l'assiette de tangage à 6°.

En 2008, le constructeur a publié une lettre de service sur la gestion de l'énergie du DH8; toutefois, cette lettre s'adressait uniquement aux opérateurs de DH8D et n'a pas été envoyée directement aux opérateurs de DH8C. Malgré cela, Air Inuit avait tout de même inclus les annonces normalisées pour l'assiette de tangage recommandées pour le DH8D dans ses SOP.

Fait établi quant aux risques

Si des informations essentielles aux opérations de vol pour un type d'aéronef particulier ne sont pas distribuées directement aux opérateurs de ce type d'aéronef, il y a un risque que ces opérateurs n'aient pas toutes les ressources nécessaires pour développer les procédures et les formations afin de prévenir des incidents ou accidents.

2.2 Exécution de l'approche

Pour comprendre pourquoi l'approche a été poursuivie, il faut s'attarder sur le contexte ainsi que sur la perception et la compréhension que l'équipage avait de la situation au moment de prendre ces décisions, car la conscience situationnelle fait partie intégrante de la prise de décision du pilote.

2.2.1 Tendances à s'en tenir au plan

Les résultats des études de la Flight Safety Foundation (FSF) démontrent que le niveau de perception du risque par les pilotes dépend autant des conditions météorologiques que des paramètres de vol. Par exemple, lors d'approches visuelles, les pilotes sont plus susceptibles d'accepter de poursuivre une approche non-stabilisée car ils perçoivent moins de risques à la récupérer.

Dans le vol à l'étude, alors qu'ils s'approchaient de CYKL, les pilotes ont dû modifier légèrement leur plan puisqu'ils n'ont pas vu l'aéroport au moment où ils s'y attendaient. Lorsqu'ils ont eu l'aéroport en vue, ils sont revenus à leur plan initial d'effectuer une approche visuelle et ils ont décidé de poursuivre l'approche, même si la hauteur et la vitesse de l'aéronef étaient plus élevées que prévu. À partir de ce moment, les pilotes se sont concentrés principalement sur des tâches individuelles et sur les informations – la vitesse anémométrique, le taux de descente et l'altitude – qu'ils jugeaient critiques pour réussir cette approche visuelle.

Plus précisément, le pilote aux commandes (PF) veillait à réduire la vitesse anémométrique, de manière à ce que l'aéronef puisse être configuré pour atterrir. Le PM, quant à lui, s'affairait à compléter les listes de vérification, à s'assurer que la cabine était sécurisée pour l'atterrissage et à conseiller le PF sur la gestion de la vitesse. Par ailleurs, le PM a alors interrompu son rapport de position lorsqu'il a réalisé que la liste de vérification de descente n'avait pas été faite. Le PM a communiqué avec l'agent de bord afin de s'assurer que la cabine était sécurisée.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La communication avec l'agent de bord pour confirmer l'état de la cabine et l'exécution de la liste de vérification de descente lors de l'approche finale a augmenté la charge de travail des pilotes qui était déjà élevée.

Ainsi, en présence d'une charge de travail élevé, un pilote a tendance à utiliser des raccourcis mentaux et à prendre moins d'éléments en considération lors de la prise de décision. Il a aussi tendance à évaluer moins de scénarios et à sous-estimer les risques.

Le choix de poursuivre l'atterrissage peut s'expliquer par une combinaison de biais de confirmation et d'une tendance à s'en tenir au plan. Le fait que le PF réussissait à s'acquitter de ses tâches successives a pu renforcer l'impression du PM qu'ils maîtrisaient la situation. Comme changer de plan demande plus d'efforts que de conserver le même plan, et comme le commandant de bord n'avait que peu de temps et peu de ressources à accorder à la prise de décision, le PM et le PF ont accordé plus d'importance aux signes leur indiquant qu'ils maîtrisaient la situation qu'aux signes suggérant le besoin de changer de plan, ce biais de confirmation les a ancrés dans une tendance à s'en tenir au plan.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La combinaison des conditions visuelles et de la tendance à s'en tenir au plan ont incité les pilotes à poursuivre la gestion des écarts de la hauteur et de la vitesse passé le point désigné d'approche stabilisée.

2.2.2 Gestion de la charge de travail durant l'approche finale

L'équipage a ressenti la charge de travail élevée, mais tentait de gérer les tâches à exécuter. Toutefois, aucun des membres de l'équipage de conduite n'a entendu l'alerte du système d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS) à 500 pieds AAE en raison de la surdité aux changements. Une charge de travail élevée laisse peu de ressources attentionnelles disponibles pour la surveillance de l'environnement. Bien que l'alarme sonore était suffisamment forte pour être saillante, les ressources cognitives restantes n'étaient pas suffisantes pour permettre à la représentation mentale de l'alarme d'être activée en mémoire et l'alerte est passée inaperçue.

Air Inuit avait en place une politique non-punitive concernant les remises des gaz en cas d'approche instable. Cependant, afin de faciliter la décision de remettre les gaz, il faut que l'équipage puisse détecter l'instabilité de l'approche au point désigné de l'approche stabilisée. Selon les SOP, lorsque l'aéronef a franchi 500 pieds AAE, la vitesse devait être de 120 KIAS (avec un écart tolérable de -5 KIAS ou +10 KIAS). De plus, toutes les listes de

vérifications devaient être terminées sauf la liste de vérification finale. L'analyse des données FDR a permis de déterminer qu'au moment où l'aéronef a franchi le point désigné de l'approche stabilisée (500 pieds AAE), la vitesse de l'aéronef était à environ 144 KIAS en décélération, les volets n'étaient pas encore descendus à 15°, la liste de vérification de descente était en train d'être effectuée et la liste de vérification d'atterrissage n'était pas encore commencée.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Lorsque l'aéronef a passé 500 pieds AAE, les pilotes, sous une charge de travail élevée, ont passé le point désigné d'approche stabilisée sans le remarquer et ont poursuivi l'approche qui, dans les faits, était instable.

L'équipage gérait la situation de façon active sous 500 pieds AAE. Le PF a réussi à faire décélérer l'aéronef à la vitesse désirée (V_{ref}), et les dernières vérifications ont été complétées à 100 pieds AAE. Même si l'aéronef était alors pleinement configuré et avait rejoint la pente nominale de 3°, la vitesse passait V_{ref} en réduction rapide et l'aéronef était en perte d'énergie, puisque la puissance était restée au ralenti.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Au moment de l'arrondi, l'aéronef n'avait plus suffisamment d'énergie pour stopper le taux de descente uniquement par une augmentation de l'assiette de tangage.

Le PM a perçu le manque d'énergie et a demandé au PF d'augmenter la puissance.

Le PF a ajouté un peu de puissance et a en même temps réagi d'instinct avec une commande prononcée en cabré (à 2 secondes de l'impact). Le PF, tout comme lors de l'événement de l'enquête A12Q0161, n'avait pas visionné la vidéo qui préconise une gestion de l'énergie de l'aéronef par une augmentation de la puissance tout en limitant l'assiette de tangage.

L'assiette de l'aéronef est passé de 2° à 9° en moins de 2 secondes et le PM n'a pas eu le temps de prévenir l'atterrissage brutal et l'impact de la partie arrière du fuselage.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La réaction instinctive d'augmenter l'assiette de tangage, combinée à l'atterrissage brutal, s'est traduite par l'impact de la partie arrière du fuselage sur la piste, causant des dommages importants à la structure de l'appareil.

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. Les pilotes ont oublié d'effectuer la liste de vérification de descente et s'en sont rendu compte à un moment inopportun, soit lorsque le pilote surveillant effectuait le rapport de position.
2. En raison des ambiguïtés et contradictions des lignes directrices sur les approches stabilisées, le commandant a interprété qu'il était permis de poursuivre l'approche sous 500 pieds d'altitude au-dessus de l'aérodrome alors que la sélection des volets à 35° et que la liste de vérification finale n'avaient pas été effectuées.
3. La communication avec l'agent de bord pour confirmer l'état de la cabine et l'exécution de la liste de vérification de descente lors de l'approche finale a augmenté la charge de travail des pilotes qui était déjà élevée.
4. La combinaison des conditions visuelles et de la tendance à s'en tenir au plan ont incité les pilotes à poursuivre la gestion des écarts de la hauteur et de la vitesse passé le point désigné d'approche stabilisée.
5. Lorsque l'aéronef a passé 500 pieds d'altitude au-dessus de l'aérodrome, les pilotes, sous une charge de travail élevée, ont passé le point désigné d'approche stabilisée sans le remarquer et ont poursuivi l'approche qui, dans les faits, était instable.
6. Au moment de l'arrondi, l'aéronef n'avait plus suffisamment d'énergie pour stopper le taux de descente uniquement par une augmentation de l'assiette de tangage.
7. La réaction instinctive d'augmenter l'assiette de tangage, combinée à l'atterrissage brutal, s'est traduite par l'impact de la partie arrière du fuselage sur la piste, causant des dommages importants à la structure de l'appareil.

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 une procédure est interprétée de manière à limiter les communications liées à la sécurité de la cabine, il y a un risque que les pilotes ne soient pas informés du fait que la cabine n'est pas sécurisée et que des passagers soient blessés lors de l'atterrissage, spécialement si un atterrissage anormal survient.

2. Si un rappel de l'altitude du point désigné d'approche stabilisée n'est pas effectué pour chaque approche, ce point désigné peut être manqué et une approche non stabilisée continuée, augmentant le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.
3. Si Transports Canada Aviation Civile n'évalue pas la qualité, la cohérence, l'exactitude, la concision, la clarté, la pertinence et le contenu des procédures d'utilisation normalisées, ces procédures pourraient ne pas être efficaces, ce qui augmente les risques pour les opérations de vol.
4. Si tous les éléments de formation exigés ne sont pas inclus dans les formations périodiques, il pourrait y avoir des lacunes dans l'exécution des procédures ou des écarts par rapport à celles-ci, augmentant les risques des opérations de vol.
5. Si la surveillance de Transports Canada Aviation Civile ne vérifie pas le contenu des formations des équipages, il se pourrait que des écarts ne soient pas détectés et que des lacunes dans l'exécution des procédures ou des écarts par rapport à celles-ci ne soient pas corrigés, ce qui augmente les risques pour les opérations de vol.
6. Si des informations essentielles aux opérations de vol pour un type d'aéronef particulier ne sont pas distribuées directement aux opérateurs de ce type d'aéronef, il y a un risque que ces opérateurs n'aient pas toutes les ressources nécessaires pour développer les procédures et les formations afin de prévenir des incidents ou accidents.

3.3 **Autres faits établis**

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

1. Les données de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage n'ont pas été protégées après l'accident, et l'accident n'a été signalé au BST que le lendemain. Les données de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage propres à l'accident étaient tout de même disponibles pour les enquêteurs du BST.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Air Inuit

Air Inuit a pris les mesures de sécurité suivantes :

- Suite à cet accident, un bulletin interne à l'intention des pilotes a été publié concernant les approches stabilisées et les meilleures pratiques de pilote surveillant.
- La vidéo intitulée « Dash 8 Q400 Pitch Awareness » a été incluse dans toutes les formations initiales et périodiques.
- La revue portant sur la surveillance du tangage lors des exposés de préparation des séances de formation en simulateur a été améliorée.
- Une modification provisoire des procédures d'utilisation normalisées concernant les approches stabilisées et la surveillance de la basse énergie (low energy awareness) a été publiée via un bulletin interne.
- Les procédures d'utilisation normalisées du Dash 8 ont été révisées afin d'améliorer les directives sur plusieurs sujets dont les approches visuelles et l'identification des points désignés d'approche stabilisée.
- Le programme de formation a été révisé afin de s'assurer que tous les éléments de formations sont couverts lors du cycle de 2 ans de formation périodique.

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 7 avril 2021. Le rapport a été officiellement publié le 4 mai 2021.

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