



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A18Q0030

SORTIE EN BOUT DE PISTE À L'ATERRISSAGE

Strait Air (2000) Ltd.
Beechcraft King Air A100 (C-GJXF)
Aéroport de Havre St-Pierre (Québec)
26 février 2018

Canada

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 2. 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 A18Q0030* (publié le 21 mai 2020).

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, 2020

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A18Q0030

N° de cat. TU3-10/18-0030F-PDF

ISBN 978-0-660-34763-9

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

This report is also available in English. .

Table des matières

1.0 Renseignements de base	1
1.1 Déroulement du vol	1
1.2 Tués et blessés	4
1.3 Dommages à l'aéronef	5
1.4 Autres dommages	5
1.5 Renseignements sur le personnel	5
1.6 Renseignements sur l'aéronef	6
1.6.1 Masse et centrage	6
1.6.2 Distance d'atterrissage	7
1.7 Renseignements météorologiques	7
1.8 Aides à la navigation	9
1.8.1 Procédures aux instruments	9
1.9 Communications	12
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	12
1.10.1 Heures d'exploitation	13
1.10.2 Piste 08/26	13
1.10.3 Visibilité opérationnelle aux aérodromes	17
1.10.4 Plan de déneigement	17
1.10.5 Plan de mesures d'urgence	19
1.11 Enregistreurs de bord	19
1.11.1 Enregistreur de données de vol	19
1.11.2 Enregistreur de conversations de poste de pilotage	19
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	20
1.12.1 Données du système de positionnement mondial et du système d'avertissement de proximité du sol amélioré	20
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	20
1.14 Incendie	21
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	21
1.15.1 Exposés aux passagers sur les mesures de sécurité	21
1.15.2 Ceintures-baudriers	22
1.15.3 Radiobalise de repérage d'urgence	23
1.16 Essais et recherche	23
1.16.1 Trajectoire d'approche et d'atterrissage	23
1.16.2 Rapports de laboratoire du BST	24
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	24
1.17.1 Exploitant	24
1.17.2 Transports Canada, Aviation civile – Surveillance réglementaire	32
1.18 Renseignements supplémentaires	33
1.18.1 Sorties en bout de piste	33
1.18.2 Prise de décision et conscience situationnelle	35
1.18.3 Liste de surveillance du BST	41
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	42

2.0	Analyse	43
2.1	Planification du vol	43
2.1.1	Conditions météorologiques au moment de la planification du vol.....	43
2.1.2	Distance d'atterrissage recommandée sur piste contaminée	43
2.2	Exécution du vol.....	44
2.2.1	Préparation à l'approche.....	44
2.2.2	Conditions météorologiques avant l'atterrissage	44
2.2.3	L'approche	47
2.2.4	L'atterrissage.....	48
2.2.5	Sortie en bout de piste	49
2.3	Questions relatives à la survie des occupants.....	50
2.3.1	Exposé de sécurité donné aux passagers avant l'atterrissage	50
2.3.2	Ceintures-baudriers.....	50
2.3.3	Plan de mesures d'urgence de l'aéroport de Havre St-Pierre.....	50
2.3.4	Aire de sécurité d'extrémité de piste	50
2.3.5	Déneigement et fermeture de la piste	51
2.4	Facteurs humains liés aux sorties en bout de piste.....	51
2.4.1	Généralités	51
2.4.2	Gestion des ressources de l'équipage	52
2.4.3	Prise de décision.....	57
3.0	Faits établis	62
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	62
3.2	Faits établis quant aux risques	62
4.0	Mesures de sécurité	65
4.1	Mesures de sécurité prises	65
4.2	Mesures de sécurité à prendre	65
4.2.1	Minimums d'atterrissage au Canada.....	65
4.3	Préoccupation liée à la sécurité.....	68
4.3.1	Surveillance réglementaire de Transports Canada en matière de procédures d'utilisation normalisées.....	68
Annexes	70	
Annexe A – Carte d'approche LOC/DME PISTE 08 à l'aéroport de Havre St-Pierre(À ne pas utiliser pour la navigation).....	70	
Annexe B – Distances d'atterrissage recommandées	71	
Annexe C – Cartes de prévision de zone graphique Nuages et temps émises le jour de l'événement à l'étude	72	
Annexe D – Messages d'observation météorologique d'aérodrome, messages d'observation météorologique spéciale d'aérodrome et prévisions d'aérodrome lors du vol à l'étude	74	
METAR et SPECI.....	74	
TAF	74	
Annexe E – Restrictions opérationnelles énoncées dans le <i>Canada Air Pilot</i> en vigueur le jour de l'événement.....	75	
Restrictions opérationnelles applicables aux aérodromes – Visibilité	75	
Restrictions opérationnelles – Approche	77	

Restrictions opérationnelles – Atterrissage	79
Annexe F – Corridor ATF de la Basse-Côte-Nord (À ne pas utiliser pour la navigation)	80
Annexe G – Carte d'aérodrome de l'aéroport de Havre St-Pierre (À ne pas utiliser pour la navigation)	81



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A18Q0030

SORTIE EN BOUT DE PISTE À L'ATERRISSAGE

Strait Air (2000) Ltd.
Beechcraft King Air A100 (C-GJXF)
Aéroport de Havre-Saint-Pierre (Québec)
26 février 2018

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 26 février 2018, un Beechcraft King Air A100 (immatriculation C-GJXF, numéro de série B-159) exploité par Strait Air (2000) Ltd. effectuait le vol nolisé NUK107 selon les règles de vol aux instruments en provenance de l'aéroport de Sept-Îles (Québec) à destination de l'aéroport de Havre-Saint-Pierre (Québec), avec 2 membres d'équipage et 6 passagers à bord. Alors que les conditions de visibilité étaient réduites en raison de fortes averses de neige, l'aéronef a effectué une approche vers la piste 08, qui était enneigée, et s'est posé environ 3800 pieds après le seuil, soit à environ 700 pieds de l'extrémité de la piste. Il a continué sa course à l'atterrissage au-delà de la piste, pour finalement aller s'immobiliser dans un banc de neige, à environ 220 pieds au-delà de l'extrémité de la piste. L'accident s'est produit de jour, à 11 h 20, heure normale de l'Est. La radiobalise de repérage d'urgence émettant sur 406 MHz ne s'est pas déclenchée suite à l'événement. L'appareil a subi des dommages importants. Il y a eu 4 blessés légers.

Le jour de l'événement, C-GJXF, qui effectuait une série de 7 vols sous l'indicatif NUK107, s'est posé à Sept-Îles (CYZV) (Québec) à 8 h 36 et a redécollé à destination de Havre-Saint-Pierre (CYGV) (Québec) à 10 h 49. Pendant la période au sol à CYZV, le commandant a

vérifié les conditions météorologiques pour les vols suivants, alors que le premier officier (P/O) s'occupait des tâches liées à la préparation de l'avion.

Lorsque le commandant a vérifié le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome de CYGV, la visibilité rapportée était de $\frac{3}{4}$ mille terrestre (SM). Même si cette visibilité était inférieure à la visibilité publiée dans le *Canada Air Pilot (CAP)* pour l'approche LOC/DME PISTE 08¹ à CYGV, elle était à la limite de l'interdiction d'approche canadienne pour ce vol.

Minimums d'atterrissage au Canada

Lors de la conception des approches aux instruments, la visibilité minimale publiée représente la visibilité minimale à laquelle un pilote se trouvant à la hauteur de décision (DH) ou à l'altitude minimale de descente (MDA) en approche devrait être en mesure d'avoir en vue et de maintenir en vue la référence visuelle requise jusqu'à l'atterrissage.

Les normes et pratiques recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)² stipulent qu'une approche aux instruments ne sera pas poursuivie à moins que la visibilité rapportée ne soit égale ou supérieure au minimum spécifié. Ce minimum est publié sur les cartes d'approche en fonction du type et du balisage d'approche.

Les diverses autorités de l'aviation civile dans le monde (comme la Federal Aviation Administration [FAA] aux États-Unis et l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne [EASA]) ont établi que la visibilité minimale autorisée est celle spécifiée et publiée pour l'approche effectuée. Ainsi, pour déterminer si une approche est autorisée, il suffit de comparer la visibilité rapportée à la visibilité publiée sur la carte d'approche. Par conséquent, lorsque la visibilité rapportée est inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche, le contrôle de la circulation aérienne (ATC) n'autorise pas un aéronef à effectuer l'approche.

Toutefois, au Canada, les visibilités publiées sur les cartes d'approche sont données à titre indicatif seulement.

Pour déterminer s'il est possible d'atterrir en toute légalité à un aérodrome au Canada, il faut d'abord vérifier les restrictions opérationnelles qui s'appliquent à l'aérodrome concerné pour s'assurer que cet aérodrome convient à la manœuvre à exécuter³. Un des facteurs déterminants est la visibilité opérationnelle d'aérodrome, qui est définie dans la partie portant sur les minimums opérationnels⁴ de la section Généralités du volume 6 du *Canada Air Pilot (CAP)*. Cette visibilité opérationnelle minimale est publiée dans le *Supplément de vol – Canada (CFS)*, et plus précisément dans le champ réservé à

¹ Approche au radiophare d'alignement de piste (LOC) avec équipement de mesure de distance (DME) de la piste 08.

² Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 6 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, 11^e édition (juillet 2018), *Exploitation technique des aéronefs*, partie 1, chapitre 4.

³ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 602.96(2)b).

⁴ NAV CANADA, *Canada Air Pilot (CAP)*, CAP 6 : Québec (en vigueur du 1^{er} février au 29 mars 2018), p. 16 à 18.

l'information sur les pistes. Si la visibilité opérationnelle d'aérodrome n'est pas publiée dans le CFS, cela signifie que les opérations ne sont pas autorisées quand la visibilité est inférieure à ½ mille terrestre (SM).

Ensuite, il faut calculer la visibilité minimale de l'interdiction d'approche pour déterminer si l'approche peut être poursuivie jusqu'à la DH ou la MDA. Cette visibilité minimale est calculée à partir de la visibilité publiée sur la carte d'approche et varie en fonction du type d'exploitation comme suit :

- ¾ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux;
- ½ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux qui détiennent une spécification d'exploitation 019 de visibilité réduite;
- ¼ SM pour les exploitants privés, quelle que soit l'approche effectuée.

Selon ce calcul, la visibilité minimale de l'interdiction d'approche au Canada est inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche dans tous les cas. Par conséquent, il est probable, qu'une fois à la DH ou la MDA, les pilotes ne soient pas en mesure d'acquiescer la référence visuelle requise, référence permettant d'effectuer un atterrissage sécuritaire.

Entre décembre 2006⁵ et décembre 2019, 31 événements sont survenus à la suite d'approches exécutées sous la MDA avec peu de références visuelles. Dix-sept de ces 31 événements sont survenus lors d'atterrissages en conditions météorologiques où la visibilité était *inférieure* à la visibilité publiée sur la carte d'approche⁶. Par ailleurs, cette situation persiste encore, car 9 de ces 17 événements se sont produits au cours des 5 dernières années.

Au Canada, en raison de la complexité et de la variation des minimums en fonction du type d'exploitation, l'ATC peut difficilement déterminer si l'approche prévue est interdite. Il autorise ainsi un aéronef à effectuer l'approche quels que soient les minimums publiés, contrairement à ce qui se fait ailleurs dans le monde. Par conséquent, il incombe au commandant d'interpréter l'interdiction d'approche, et à lui seul de décider s'il poursuit l'approche.

Dans l'événement à l'étude, selon son interprétation des nombreuses conditions et exceptions liées à l'interdiction d'approche, le commandant croyait à tort qu'il lui était permis d'effectuer l'approche. Le premier officier quant à lui était conscient que selon les conditions météorologiques, la visibilité était inférieure aux minimums de l'approche publiés dans le CAP, mais il ne comprenait pas tous les détails liés à l'interdiction d'approche. Par conséquent, il n'était pas en mesure de contester la décision du commandant d'effectuer l'approche, et le commandant a poursuivi l'approche au-delà du repère d'approche finale alors que la visibilité rapportée était inférieure aux minimums

⁵ Date d'entrée en vigueur de la réglementation sur les minimums d'atterrissage (article 602.128 du RAC) et de l'interdiction d'approche (article 602.129 du RAC).

⁶ À la suite de ces 17 événements, le BST a publié les rapports d'enquête suivants : A08W0237, A08O0333, A09Q0203, A12Q0216, A14A0067, A15O0015, A15H0002, A16A0041 et A18Q0030.

relatifs à l'interdiction d'approche. Il a par la suite poursuivi la séquence d'atterrissage sans voir ni connaître la longueur de piste restant devant lui, et l'avion est sorti en bout de piste.

Le service consultatif de vol et l'exploitant de l'aérodrome pouvant difficilement déterminer si l'approche était interdite, ils ne pouvaient pas aviser les pilotes que l'approche était interdite dans les conditions existantes, en dépit du fait que la visibilité était au quart de la visibilité publiée sur la carte d'approche.

Ainsi, si Transports Canada (TC) ne simplifie pas les minimums opérationnels d'approche et d'atterrissage, les équipages de conduite risquent de poursuivre une approche qui est en réalité interdite, ce qui augmente le risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA), dont les sorties en bout de piste.

Par conséquent, le Bureau recommande que

le ministère des Transports revoie et simplifie les minimums opérationnels pour les approches et les atterrissages aux aérodromes canadiens.

Recommandation A20-01 du BST

Dans l'événement à l'étude, l'interdiction d'approche en vigueur au Canada n'a pas empêché le commandant de poursuivre l'approche, alors que selon les conditions météorologiques, la visibilité était au tiers de la visibilité minimale de l'interdiction d'approche et au quart de la visibilité publiée sur la carte d'approche. Lors de l'approche, au moment où l'aéronef est arrivé à la MDA, il incombait au pilote, et à lui seul, de déterminer s'il avait acquis ou non la référence visuelle requise pour continuer la descente et l'atterrissage. Ainsi, il est raisonnable de conclure que l'interdiction d'approche a été inefficace pour stopper cette approche alors que la visibilité au sol était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche, ce qui a contribué à la sortie en bout de piste.

Comme le démontre cet accident, en l'absence de mécanisme pour stopper une approche qui est dans les faits interdite, les pilotes peuvent choisir de poursuivre l'approche, ce qui augmente le risque d'ALA.

Par conséquent, le Bureau recommande que

le ministère des Transports instaure un mécanisme pour stopper les approches et les atterrissages qui sont en réalité interdits.

Recommandation A20-02 du BST

Surveillance réglementaire de Transports Canada en matière de procédures d'utilisation normalisées

Depuis 2019, TC exige que les tous les exploitants aériens commerciaux assurent une formation contemporaine en gestion des ressources de l'équipage (CRM). Cependant, bien que TC effectue des inspections régulières des exploitants, ces inspections se limitent généralement à la documentation des systèmes mis en place par la compagnie. Par exemple, dans l'événement à l'étude, les procédures d'utilisation normalisées (SOP) étaient conformes aux exigences du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) du point de vue de la forme. Toutefois, leur efficacité n'avait pas été évaluée par TC. Dans ce contexte, il est

impossible d'évaluer l'efficacité de la formation, de la CRM, de la gestion des menaces et des erreurs (TEM) et de la prise de décision, et d'évaluer le degré d'application et de respect des SOP ainsi que leur efficacité à bord des aéronefs lors des opérations aériennes.

Les SOP ne sont pas seulement des lignes directrices entourant l'utilisation des aéronefs, elles sont reconnues mondialement comme étant à la base de la sécurité aérienne. Elles forment un cadre permettant la mise en application des concepts de CRM et de TEM. Ainsi, la Flight Safety Foundation (FSF) et la FAA ont émis plusieurs recommandations liées aux SOP pour réduire les risques d'ALA.

Entre 1999 et 2019, les SOP sont ressorties dans 113 faits établis quant aux causes, aux facteurs contributifs ou aux risques dans les rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien du BST. Les lacunes identifiées sont principalement liées à l'absence de directives précises, aux divergences dans les procédures et à la déviation par rapport aux procédures. Dans l'événement à l'étude, une déviation par rapport aux SOP à un moment critique du vol a été un élément déclencheur qui a contribué à la sortie en bout de piste.

Le Bureau craint que si TC ne fait pas la surveillance des opérations de vol pour évaluer l'efficacité de la CRM, de la TEM, de la prise de décision et des SOP, y compris leur degré d'application et de respect, ces SOP risquent d'être inefficaces, ce qui augmente le risque d'accident et en particulier le risque d'ALA.

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A18Q0030

SORTIE EN BOUT DE PISTE À L'ATERRISSAGE

Strait Air (2000) Ltd.
Beechcraft King Air A100 (C-GJXF)
Aéroport de Havre St-Pierre (Québec)
26 février 2018

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.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

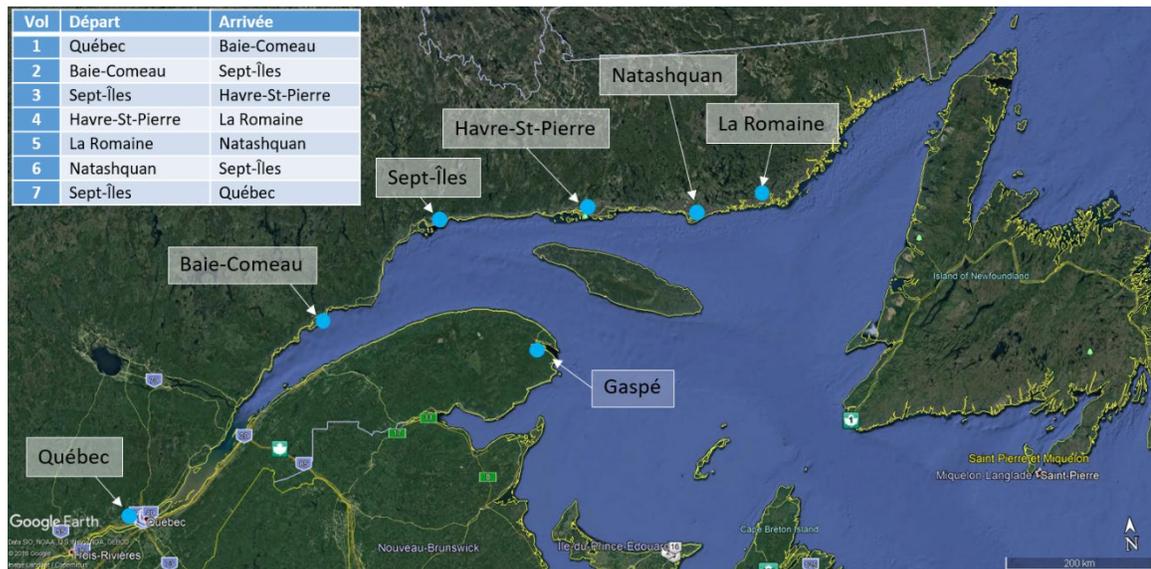
1.1 Déroulement du vol

Le 26 février 2018, les 2 pilotes formant l'équipage du Beechcraft King Air A100 (immatriculation C-GJXF, numéro de série B-159) exploité par Strait Air (2000) Ltd. (Strait Air) sont arrivés à l'aéroport international de Québec/Jean Lesage (CYQB) (Québec) pour leur journée de travail, qui débutait à 6 h⁷. Ils devaient effectuer cette journée-là une série de 7 vols nolisés⁸ (figure 1). Le départ du premier vol de CYQB était prévu à 7 h 10 et le retour du dernier vol à CYQB en fin de journée, à 18 h.

⁷ Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné moins 5 heures).

⁸ Vols qui ont été effectués en sous-traitance pour Sky Jet M.G. Inc. (Air Liaison).

Figure 1. Vols de la journée sous l'indicatif NUK107 (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



À 7 h, l'équipage a amorcé la série de vols sous l'indicatif NUK107. Le premier vol, de CYQB à Baie-Comeau (CYBC) (Québec), et le suivant, de CYBC à Sept-Îles (CYZV) (Québec), se sont passés sans encombre. L'aéronef s'est posé à CYZV à 8 h 36.

Le départ de CYZV prévu à 10 h pour le 3^e vol de la journée a été retardé de 46 minutes en raison de l'accumulation de neige sur l'avion. En effet, il a fallu balayer la neige accumulée sur les ailes et amener l'avion dans un hangar pour faire fondre la neige qui restait.

Pendant ce temps-là, le commandant de bord a vérifié les conditions météorologiques aux destinations suivantes. Toutefois, les différents rapports et prévisions n'ont pas été imprimés, et le commandant n'a pas communiqué ces conditions météorologiques au premier officier (P/O). En raison de la visibilité réduite par la neige dans les environs des aéroports de Havre St-Pierre (CYGV) (Québec) et de Natashquan (CYNA) (Québec), le commandant a changé l'aéroport de dégagement indiqué au plan de vol du vol entre CYZV et CYGV, remplaçant l'aéroport de CYNA initialement prévu par celui de Gaspé (Michel-Pouliot) (CYGP) (Québec). Cette information n'a pas été partagée avec le P/O.

Lorsque la neige s'est arrêtée, l'appareil a été amené au terminal et avitaillé avec 840 L de carburant. À 10 h 49, l'aéronef a décollé de CYZV à destination de CYGV, avec 6 passagers à bord. Le commandant de bord occupait le siège de gauche et le P/O, le siège de droite. Pour les 2 premiers vols, les pilotes avaient alterné les rôles de pilote aux commandes (PF) et de pilote « qui n'est pas aux commandes et qui surveille les paramètres de vol⁹ » (PM). Pour ce 3^e vol, le commandant de bord avait le rôle de PF.

⁹ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100*, (25 septembre 2014), section 1.5, p. 1.2.

À 10 h 59, l'aéronef s'est établi en croisière à 11 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL). À 11 h 08, soit 9 minutes après la mise en palier à 11 000 pieds ASL, l'équipage a amorcé la descente et a informé Madeleine Radio¹⁰, sur la fréquence obligatoire (MF), qu'il prévoyait arriver à CYGV à 11 h 18, soit 10 minutes plus tard.

L'équipage a obtenu les conditions météorologiques du système automatisé d'observations météorologiques (AWOS). Le rapport de l'AWOS à ce moment-là indiquait une visibilité de ¼ mille terrestre (SM) dans des conditions de forte neige et une visibilité verticale de 400 pieds.

À la demande de l'équipage, Madeleine Radio lui a ensuite transmis les conditions de piste, qui indiquaient que le centre de la piste était dégagé sur une largeur de 80 pieds, mais comportait des traces de neige sèche, que le coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI¹¹) était de 0,38¹² et que le reste de la piste était couvert de congères de neige d'une hauteur de 30 pouces. Madeleine Radio a par ailleurs avisé l'équipage que les camions de déneigement étaient sur la piste.

À 11 h 13, l'aéronef a franchi le repère d'approche intermédiaire TARSI de l'approche LOC/DME PISTE 08¹³ (annexe A) situé à 14 milles marins (NM) de la piste en question, alors qu'il était à 4500 pieds ASL et sur la pente optimale de descente de 3°.

À 11 h 16, quand l'équipage de l'aéronef a informé Madeleine Radio qu'il était à 10 NM, en approche finale, Madeleine Radio l'a avisé qu'il restait un véhicule sur la piste 08, et, 1 minute plus tard, que tous les véhicules avaient dégagé la piste. Le commandant a alors activé le balisage lumineux d'aérodrome télécommandé (ARCAL).

L'équipage de conduite a réglé les volets en position d'approche, soit à 30 %, a sorti le train d'atterrissage et a exécuté la liste de vérification avant atterrissage. La vitesse a été stabilisée à 120 nœuds. L'équipage n'avait plus qu'à mettre les volets en position d'atterrissage et les hélices à la position MAX RPM, puis à réduire la vitesse à la vitesse de référence d'atterrissage (V_{ref}) de 100 nœuds une fois l'atterrissage assuré.

À 11 h 18, l'équipage a indiqué qu'il était au repère d'approche finale (FAF) ALKOV, situé à 4 NM du seuil de la piste. L'appareil était sur la pente optimale de descente de 3°, à 1430 pieds ASL. Environ 1 minute plus tard, le PM a effectué les annonces conformément

¹⁰ Madeleine Radio est la station d'information de vol des îles de la Madeleine.

¹¹ Le coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) est défini comme la « [m]oyenne des mesures de frottement sur une piste effectuées à l'aide d'un décéléromètre mécanique ou électronique qui est signalée par l'entremise du compte rendu de l'état de la surface pour les mouvements d'aéronefs (AMSCR) ». (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques *Terminav*, à l'adresse <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 4 mai 2020]).

¹² Le coefficient varie de 1 à 0. Un coefficient de 1 correspond à la capacité de décélération maximale théorique d'un véhicule sur une surface sèche, et une valeur de 0 indique un faible coefficient de frottement de freinage.

¹³ Approche au radiophare d'alignement de piste (LOC) avec équipement de mesure de distance (DME) de la piste 08.

aux procédures d'utilisation normalisées (SOP), soit à 100 pieds au-dessus de l'altitude minimale de descente (MDA) publiée (qui est de 400 pieds ASL ou 286 pieds au-dessus du sol [AGL]) et par la suite à la MDA. À la MDA, soit à 0,74 NM (0,85 SM) du seuil de la piste 08, le PM a aussi avisé le PF qu'il n'avait aucun contact visuel. Quelques secondes plus tard, n'ayant toujours aucun contact visuel, le PM a demandé au PF si une remise des gaz devait être effectuée. Le PF (et commandant) lui a alors répondu qu'il avait un contact visuel et a poursuivi la descente au-dessous de la MDA en mode manuel.

À 0,4 NM du seuil de la piste, à environ 125 pieds AGL, le PM ne voyait toujours pas les feux, et il n'a pas vu le seuil de la piste 08 quand ce dernier a été franchi quelques instants plus tard. Après avoir dépassé l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI), l'équipage n'a plus rien vu pendant un bref instant. L'équipage a ensuite aperçu une petite section de piste asphaltée d'environ 20 pieds de longueur sur 4 pieds de largeur, légèrement sur la droite de la trajectoire de l'aéronef. Le PF a aligné l'avion sur cette partie visible de la piste, ne voyant toujours pas le reste de la piste ni les feux de piste.

À 11 h 20, l'aéronef a passé le seuil de la piste 08, l'a survolé pendant 20 secondes et s'est posé à environ 3800 pieds au-delà du seuil, soit à 700 pieds de l'extrémité de la piste. Il a fait un léger rebond et est sorti de la piste environ 3 secondes plus tard. L'avion a continué sa course hors piste avant de s'immobiliser dans un banc de neige, à environ 220 pieds au-delà de l'extrémité de la piste.

À 11 h 21, le commandant a avisé Madeleine Radio que l'avion avait fait une sortie en bout de piste, mais qu'aucune assistance n'était requise. Quelques instants plus tard, le P/O a amorcé l'évacuation des passagers par la porte d'entrée principale, située à l'arrière de l'appareil.

Quand le personnel de l'aéroport est arrivé sur place, passagers et équipage avaient évacué l'avion. Le personnel de l'aéroport a alors aidé à transporter l'équipage et les passagers au terminal.

1.2 Tués et blessés

Tableau 1. Tués et blessés

Blessures	Équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Légères	1	3	4	0
Aucune	1	3	4	0
TOTAL	2	6	8	0

Figure 2. Épave du Beechcraft King Air A100 (Source : BST)

1.3 Dommages à l'aéronef

Les forces exercées au moment de l'impact avec le banc de neige ont provoqué un arrêt brusque des hélices et la déformation des pales vers l'arrière, ainsi que des dommages importants au train d'atterrissage gauche et aux ailes (figure 2).



1.4 Autres dommages

Aucun.

1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	P/O
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)	Licence de pilote professionnel (CPL)
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} juin 2018	1 ^{er} septembre 2018
Date d'expiration du contrôle de la compétence du pilote (CCP) ou de la vérification de la compétence du pilote (VCP)	1 ^{er} avril 2019	1 ^{er} novembre 2018
Heures de vol – total	4288	395
Heures de vol sur type	2712	169
Heures de vol sur type au cours des 90 derniers jours	76	54
Heures de service avant l'événement	5,33	5,33
Heures hors service avant la période de travail	24	72

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

Le commandant avait 2 ans d'expérience à titre de commandant de bord sur le Beechcraft King Air A100 quand il s'est joint à Strait Air en juillet 2015. En juillet 2017, il a été nommé chef pilote.

Le P/O avait obtenu sa qualification de vol aux instruments sur aéronefs multimoteurs en juillet 2017 et avait terminé sa formation à titre de P/O sur le Beechcraft King Air A100 chez Strait Air en septembre 2017.

L'équipage avait cumulé environ 5 heures et 20 minutes de service continu au moment de l'événement. Selon l'enquête, rien n'indique que la fatigue ou des facteurs physiologiques aient pu nuire au rendement du commandant de bord ou du P/O.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

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 avant la sortie en bout de piste.

L'aéronef était équipé d'un système de positionnement mondial (GPS) de marque Garmin, modèle 155XL, monté sur le tableau de bord, et d'un système d'avertissement de proximité du sol amélioré (EGPWS) de marque Honeywell, modèle 965-1198-005. Le GPS n'a pas été utilisé pour effectuer l'approche à CYGV. Les 2 systèmes ont été retirés de l'épave et envoyés au Laboratoire d'ingénierie du BST, à Ottawa (Ontario), pour en extraire les données. L'enquête n'a pas révélé d'anomalie dans l'équipement de navigation de l'aéronef. L'appareil était équipé d'un autopilote de marque Bendix, modèle M-4C. Rien n'indique, dans les dossiers techniques, que ce système n'était pas en état de fonctionnement.

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Beech Aircraft Corporation
Type, modèle et immatriculation	King Air A100, C-GJXF
Année de construction	1973
Numéro de série	B159
Date d'émission du certificat de navigabilité	10 décembre 1996
Total d'heures de vol cellule	19 559,1
Type de moteur (nombre)	Pratt & Whitney PT6A-36 (2)
Type d'hélice ou de rotor (nombre)	Hartzell HC-B4TN (2)
Masse maximale autorisée au décollage	11 500 lb
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A-1

1.6.1 Masse et centrage

Selon les documents de vol, la masse et le centre de gravité de l'aéronef étaient dans les limites prescrites. La masse au décollage de CYZV était de 11 454 livres (la masse admissible étant de 11 500 livres), et la masse estimée à l'atterrissage à CYGV était de 11 179 livres (la masse admissible étant de 11 210 livres).

1.6.2 Distance d'atterrissage

Les données disponibles dans le manuel de vol de l'aéronef (AFM)¹⁴ ont servi à calculer les distances d'atterrissage sur piste sèche, pour pouvoir ensuite déterminer les distances recommandées pour les conditions de piste contaminée par de la neige et ayant un CRFI de 0,38 (tableau 4). Les distances recommandées en fonction du CRFI sont publiées dans le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*¹⁵ et sont disponibles jusqu'à un CRFI minimal de 0,18 (annexe B).

Tableau 4. Distances d'atterrissage (en pieds) (Source : Calculs du BST en fonction des données du manuel de vol de l'aéronef)

Volets	Piste sèche		Piste contaminée (CRFI 0,38)	
	Obstacle 50 pieds	Roulement au sol	Obstacle 50 pieds	Roulement au sol
100 %	2100	950	2900	1750
30 %	2650	1250	3700	2250
0 %	2900	1350	4050	2500

* Toutes les distances sont calculées (arrondies à la cinquantaine de pieds la plus proche) à partir des distances sur piste sèche, corrigées pour une vitesse de référence d'atterrissage de 100 nœuds et avec inversion des hélices.

Un calcul précis des performances à l'atterrissage n'a pas été effectué, et selon les SOP de Strait Air¹⁶, il n'était pas requis puisque la distance de décollage utilisable à CYGV est de plus de 4000 pieds.

1.7 Renseignements météorologiques

La prévision de zone graphique émise à 6 h 41 et valide à partir de 7 h indiquait la présence de 2 systèmes dépressionnaires au nord et au sud de CYZV qui se déplaçaient vers l'est (annexe C). Les prévisions météorologiques dans la région à l'est de CYZV lors du vol à l'étude étaient les suivantes :

- ciel couvert à 3000 pieds et sommets à 14 000 pieds;
- visibilité variant de 1 à 3 SM;
- neige légère;

¹⁴ Beech Aircraft Corporation, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Beechcraft King Air A100* (révisé en février 2000).

¹⁵ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*, AIR – Discipline aéronautique (12 octobre 2017), section 1.6.6, tableaux 1 et 2.

¹⁶ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), section 2.11, p. 2.6.

- altocumulus castellanus (ACC)¹⁷ occasionnels avec sommets à 14 000 pieds réduisant la visibilité à $\frac{3}{8}$ SM, averses de neige et poudrierie modérées, avec des plafonds obscurcis associés à une visibilité verticale de 300 à 600 pieds AGL.

Les prévisions d'aérodrome (TAF) fournissent une description des conditions météorologiques les plus probables pour les opérations aériennes dans un rayon de 5 NM autour d'un aérodrome. La TAF pour CYGV émise le 26 février à 8 h 38 et valide de 9 h à 21 h (annexe D) était la suivante :

- vents du 160° vrai (V) à 10 nœuds, avec des rafales à 20 nœuds;
- visibilité dominante de $\frac{3}{4}$ SM;
- neige légère;
- plafond obscurci associé à une visibilité verticale de 800 pieds AGL.

La TAF prévoyait qu'entre 9 h et 17 h, la visibilité dominante serait temporairement de 3 SM par neige légère, avec des nuages épars à 800 pieds et un ciel couvert à 1500 pieds.

Les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) pour CYGV 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 pour CYGV émis le 26 février 2018 à 10 h (annexe D) était le suivant :

- vents du 170°V à 8 nœuds;
- visibilité dominante de 2 $\frac{1}{2}$ SM;
- neige légère;
- ciel couvert à 900 pieds AGL;
- température de -3 °C, point de rosée de -3 °C;
- calage altimétrique à 29,86 pouces de mercure (inHg).

Le METAR AUTO indiquait en remarque une variation de la visibilité entre 1 $\frac{3}{4}$ et 2 $\frac{1}{2}$ SM (annexe D).

Par la suite, avant le départ de CYZV, 3 messages d'observation SPECI AUTO ont été transmis à 10 h 19, 10 h 34 et 10 h 43 et indiquaient une réduction significative de la visibilité à $\frac{3}{4}$ SM par neige légère (annexe D). Ces conditions étaient connues du commandant.

Quand l'aéronef a décollé de CYZV à 10 h 49, les averses de neige à CYGV s'intensifiaient et réduisaient la visibilité. Le METAR AUTO pour CYGV émis à 11 h était le suivant :

- vents du 190°V à 7 nœuds;

¹⁷ « Altocumulus aux protubérances cumuliformes dont la partie supérieure présente une ou des rangées de petites tours souvent plus hautes que larges et reliées par une base commune. [...] L'altocumulus castellanus provoque de l'instabilité atmosphérique, de la turbulence et des averses, et il peut évoluer en cumulonimbus. » (Source : Office québécois de la langue française, *Le Grand dictionnaire terminologique*, à l'adresse <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/index.aspx> [dernière consultation le 04 mai 2020]).

- visibilité dominante de $\frac{3}{8}$ SM;
- neige modérée;
- ciel couvert à 500 pieds AGL;
- température de -3 °C, point de rosée de -3 °C;
- calage altimétrique à 29,84 inHg.

Neuf minutes plus tard, soit à 11 h 09, était émis un SPECI AUTO indiquant une diminution de la visibilité à $\frac{1}{4}$ SM par neige forte et un plafond obscurci associé à une visibilité verticale de 400 pieds. L'équipage a obtenu ce SPECI AUTO en écoutant la transmission sur la fréquence de l'AWOS au cours de la descente.

Quarante minutes après l'accident, le METAR AUTO pour CYGV émis à 12 h était le suivant :

- vents du 160°V à 4 nœuds;
- visibilité dominante de $\frac{1}{4}$ SM;
- neige forte;
- plafond obscurci associé à une visibilité verticale de 600 pieds;
- température de -2 °C, point de rosée de -2 °C;
- calage altimétrique à 29,81 inHg.

1.8 Aides à la navigation

L'aéronef à l'étude a effectué l'approche aux instruments LOC/DME PISTE 08 à CYGV. Le LOC et le DME de CYGV fonctionnaient normalement pendant l'approche effectuée par l'aéronef, et aucun NOTAM concernant leur état de fonctionnement n'avait été émis.

1.8.1 Procédures aux instruments

L'équipage utilisait la carte d'approche LOC/DME PISTE 08 publiée dans le volume 6 du *Canada Air Pilot (CAP)* (annexe A). Au Canada, ces approches sont conçues selon les critères stipulés dans le document intitulé *Critères de construction des procédures aux instruments* (TP 308/GPH 209) et coproduit par Transports Canada (TC) et la Défense nationale.

1.8.1.1 Visibilité publiée dans le *Canada Air Pilot*

Lors de la conception de l'approche LOC/DME PISTE 08, la visibilité minimale publiée a été établie à 1 SM (5280 pieds), en fonction de la hauteur au-dessus de la piste lorsque l'avion se trouve à la MDA alors qu'il suit une pente de descente optimale de 3°. Cette visibilité devrait, selon toute probabilité, permettre aux pilotes d'acquérir les repères visuels requis pour poursuivre l'approche. Toutefois, au Canada, ces visibilités sont données à titre indicatif seulement :

Sous réserve de l'interdiction d'approche, les visibilités d'atterrissage associées aux procédures d'approche aux instruments sont publiées à titre indicatif uniquement. Elles devraient permettre d'établir et de garder en vue le repère visuel requis jusqu'à l'atterrissage; elles ne sont pas limitatives, et leur but est d'aider le pilote à

estimer la probabilité d'un atterrissage réussi en regard des rapports de visibilité disponibles de l'aérodrome vers lequel l'approche aux instruments est effectuée¹⁸.

1.8.1.2 Minimums opérationnels d'approche et d'atterrissage

Selon le CAP :

[L'article 602 du *Règlement de l'aviation canadien*] énonce que les décollages des aéronefs canadiens sont régis uniquement par la visibilité, les restrictions d'approche par la valeur RVR [portée visuelle de piste], et les atterrissages par la hauteur de décision (DH) ou l'altitude minimale de descente (MDA).¹⁹ [annexe E]

Les normes et pratiques recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)²⁰ stipulent qu'une approche aux instruments ne sera pas poursuivie à moins que la visibilité rapportée ne soit égale ou supérieure au minimum spécifié. Ce minimum est publié sur les cartes d'approche en fonction du type et du balisage d'approche.

Contrairement à diverses autorités de l'aviation civile dans le monde (comme la Federal Aviation Administration [FAA] aux États-Unis et l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne [AESA]) pour lesquelles la visibilité minimale est celle spécifiée et publiée pour l'approche effectuée, le Canada a choisi de définir la visibilité minimale par un calcul applicable à toutes les approches, mais qui varie selon le type d'exploitation. Ce calcul est appliqué à la visibilité publiée (qui n'est pas limitative, mais précisée à titre indicatif seulement) pour l'approche en fonction du type d'exploitation. Aux fins de l'interdiction d'approche, la visibilité minimale est la suivante :

- $\frac{3}{4}$ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux;
- $\frac{1}{2}$ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux qui détiennent une spécification d'exploitation 019 de visibilité réduite;
- $\frac{1}{4}$ SM pour les exploitants privés, quelle que soit l'approche effectuée.

La série de vols sous l'indicatif NUK107 était effectuée en exploitation commerciale sans la spécification d'exploitation 019 et devait donc respecter une visibilité minimale correspondant à $\frac{3}{4}$ de la visibilité de 1 SM publiée dans le CAP pour l'approche LOC/DME PISTE 08 à CYGV. Ainsi, la visibilité relative à l'interdiction d'approche pour le vol était de $\frac{3}{4}$ SM le jour de l'accident. Toutefois, le commandant croyait à tort que la visibilité transmise par l'AWOS n'était pas limitative dans le contexte de l'interdiction d'approche à CYGV. Le P/O était conscient que selon les conditions météorologiques, la visibilité était inférieure aux minimums de l'approche publiés dans le CAP, mais il ne comprenait pas tous les détails liés à l'interdiction d'approche pour ce vol en exploitation commerciale sans spécification d'exploitation 019.

¹⁸ NAV CANADA, *Canada Air Pilot (CAP)*, CAP 6 : Québec (en vigueur le 1^{er} février 2018), p. 27.

¹⁹ Ibid., p. 15.

²⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 6 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, Onzième édition (juillet 2018), *Exploitation technique des aéronefs*, Partie 1, chapitre 4.

1.8.1.3 Référence visuelle requise

Une fois qu'il est établi qu'une approche est autorisée en fonction des critères d'interdiction d'approche, un aéronef peut descendre en dessous de la MDA au cours de l'approche à condition que le pilote ait au moins une des références visuelles requises possibles en vue et qu'il la maintienne en vue (annexe E).

Le paragraphe 101.01(1) du RAC définit la « référence visuelle requise » comme suit :

Dans le cas d'un aéronef qui effectue une approche vers une piste, la partie de l'aire d'approche de la piste ou les aides visuelles qui, vues par le pilote, lui permettent d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de position en vue de continuer l'approche et de compléter l'atterrissage²¹.

Afin de clarifier cette définition du RAC, le CAP précise ceci :

Pour qu'il poursuive l'approche [sous la MDA] en vue d'un atterrissage, le pilote doit pouvoir distinguer clairement l'un des repères visuels énoncés ci-après :

- piste ou marques de piste;
- seuil de piste ou marques de seuil;
- TDZ [zone de poser] ou marques de TDZ;
- feux d'approche;
- indicateur de pente d'approche;
- feux d'identification de piste (RILS);
- feux de seuil et d'extrémité de piste;
- balisage lumineux de zone de poser (TDZL);
- feux parallèles de bord de piste;
- feux d'axe de piste²².

Lorsque les pilotes ne peuvent pas établir la référence visuelle requise ou ne peuvent pas la maintenir, ils doivent effectuer une approche interrompue. La décision d'amorcer une procédure d'approche interrompue est une des dernières défenses pour limiter le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage (ALA).

Entre décembre 2006²³ et décembre 2019, 31 événements sont survenus à la suite d'approches exécutées sous la MDA avec peu de références visuelles. Dix-sept de ces 31 événements sont survenus lors d'atterrissages en conditions météorologiques où la visibilité était inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche²⁴.

²¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 101.01(1).

²² NAV CANADA, *Canada Air Pilot (CAP)*, CAP 6 : Québec (en vigueur le 1^{er} février 2018), p. 27.

²³ Date d'entrée en vigueur de la réglementation sur les minimums d'atterrissage (article 602.128 du RAC) et de l'interdiction d'approche (article 602.129 du RAC).

²⁴ À la suite de ces 17 événements, le BST a publié les rapports d'enquête aéronautique suivants : A08W0237, A08O0333, A09Q0203, A12Q0216, A14A0067, A15O0015, A15H0002, A16A0041 et A18Q0030.

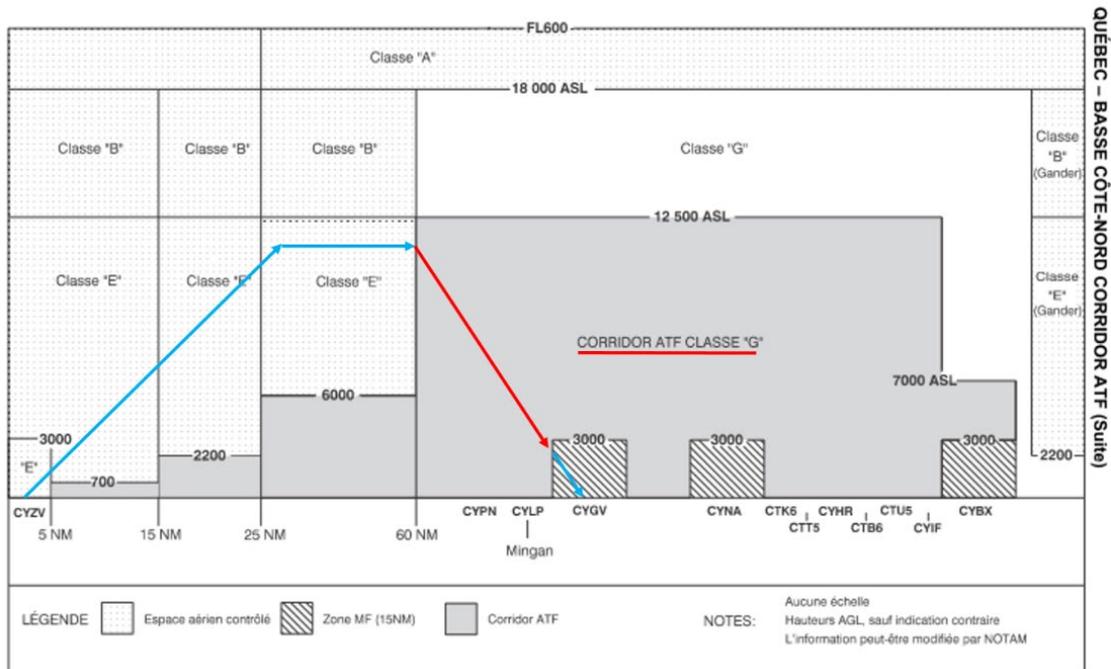
Par ailleurs, cette situation persiste encore, car 9 de ces 17 événements se sont produits au cours des 5 dernières années.

1.9 Communications

Les aéronefs au départ de CYZV communiquent avec la station d'information de vol Sept-Îles Radio sur la MF. Après le décollage, les communications sont transférées au centre de contrôle régional de Montréal. Ensuite, lorsque l'aéronef est à 60 NM à l'est de CYZV, c'est-à-dire quand il quitte l'espace aérien contrôlé, le centre de contrôle régional de Montréal l'autorise à passer sur la fréquence appropriée. À ce moment-là, l'aéronef pénètre dans l'espace aérien non contrôlé du corridor ATF (fréquence de trafic d'aérodrome) de la Basse-Côte-Nord (figure 3). Il incombe alors aux pilotes de signaler leurs intentions sur la fréquence 123,5 MHz du corridor ATF, ainsi que d'effectuer les rapports de position obligatoires pour les arrivées IFR dans la zone MF de CYGV, sur la fréquence 122,0 MHz (annexe F).

Lors du vol à l'étude, les appels sur la MF de CYGV ont été effectués, toutefois aucun appel n'a été fait sur la fréquence du corridor ATF de la Basse-Côte-Nord.

Figure 3. Progression de l'aéronef entre l'aéroport de Sept-Îles et l'aéroport de Havre St-Pierre et indication de l'absence de communications en rouge dans le corridor de fréquence de trafic d'aérodrome (Source : NAV CANADA, Supplément de vol – Canada en vigueur du 1^{er} février 2018 au 29 mars 2018, section Planification, p. C20, avec annotations du BST)



1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Situé à environ 3 NM au nord du village de Havre-Saint-Pierre, CYGV appartient à TC, qui est responsable de sa gestion, de son exploitation et de son développement. Un contrat est

octroyé à une entreprise pour l'administration, l'exploitation et l'entretien au quotidien de l'aéroport.

CYGV est certifié en vertu des exigences énoncées dans la sous-partie 302 du RAC et dans la 4^e édition du TP 312, *Aérodromes – Normes et pratiques recommandées*²⁵, exigences qui sont incorporées par renvoi dans le RAC. CYGV est disponible 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, pour les opérations de jour, de nuit, selon les règles de vol à vue et selon les règles de vol aux instruments. Toutefois, aucun hangar n'est disponible pour y garer un aéronef. À titre de titulaire d'un certificat d'aéroport, TC a mis en place un système de gestion de la sécurité (SGS) afin de satisfaire aux exigences de la sous-partie 107 du RAC.

1.10.1 Heures d'exploitation

Selon le devis technique du contrat d'exploitation de CYGV, c'est le directeur de l'aéroport ou son remplaçant qui a la responsabilité quotidienne des opérations. Les opérations d'entretien, dont celles de déneigement, sont assurées pendant les heures de travail régulières, soit de 7 h 30 à 16 h 30, du lundi au vendredi. Après les heures de service normales, la piste est entretenue sur demande.

1.10.2 Piste 08/26

CYGV possède une seule piste asphaltée (piste 08/26), longue de 4498 pieds et large de 100 pieds. L'altitude de l'aéroport est de 125 pieds ASL, et celle du seuil de la piste 08 est de 110 pieds ASL (annexe G). La piste 08 a une pente ascendante de 0,33 %. Au moment de l'accident, la piste 08 était active.

1.10.2.1 Zone de poser

L'AIM de TC²⁶ définit une TDZ comme les « premiers 3 000 pi [*sic*] ou le premier tiers de la piste, selon le moindre des deux, mesurés à partir du seuil, dans le sens de l'atterrissage. » Ainsi, la TDZ de la piste 08 (qui mesure 4498 pieds) correspond aux 1500 premiers pieds.

1.10.2.2 Balisage lumineux

La piste 08/26 est équipée des feux suivants :

- feux de bord de piste blancs à intensité variable, situés au bord de la piste sur toute sa longueur à intervalles de 60 m;
- feux de seuil et d'extrémité de piste, qui apparaissent rouges dans le sens du décollage et verts pendant l'approche et l'atterrissage.

²⁵ Version en vigueur au moment de la certification de l'aérodrome.

²⁶ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), GEN – Généralités (12 octobre 2017), section 5.1.

Conformément à la norme énoncée dans la 4^e édition du TP 312, les feux sont montés à une hauteur maximale de 35 cm²⁷.

1.10.2.2.1 Balisage lumineux d'aérodrome télécommandé

La piste 08/26 est pourvue d'un ARCAL de type K, qui permet aux pilotes d'allumer les feux d'aérodrome et d'ajuster leur intensité, à l'exclusion des feux d'obstacles. L'AIM de TC précise que :

[L]e dispositif est actionné en utilisant l'émetteur VHF [très haute fréquence] de bord; le déclenchement est produit en appuyant un nombre de fois sur le bouton du microphone dans un laps de temps déterminé (exprimé en secondes). Après que le dispositif a été actionné, une minuterie allume les feux pendant environ 15 minutes²⁸.

On peut varier l'intensité lumineuse en appuyant 7, 5 ou 3 fois sur le bouton du microphone dans un délai de 5 secondes pour obtenir respectivement un balisage de haute intensité (100 %), de moyenne intensité (30 %) ou de basse intensité (10 %). Puisque le pilote peut réinitialiser le cycle de minutage de l'ARCAL en répétant la séquence, il est recommandé que le pilote fasse cette manipulation en début d'approche, même si le balisage est déjà allumé, et ce, pour obtenir un cycle complet de 15 minutes pour son approche.

À 11 h 16 min 49 s, l'ARCAL a été allumé par le pilote qui a donné 7 clics de microphone sur la fréquence 122,0 MHz, quand l'aéronef était en approche finale. À 11 h 17 min 44 s, 6 clics très rapides ont été entendus sur la fréquence, suivis de 2 clics quelques secondes plus tard, soit 6 secondes après le premier des 6 clics. La deuxième série de clics a réduit l'intensité du balisage lumineux à l'intensité moyenne.

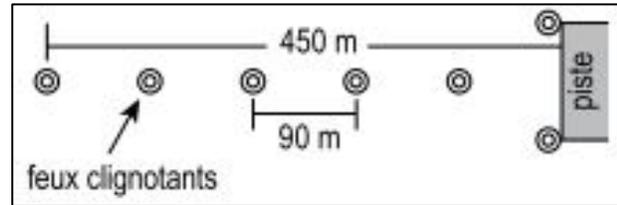
1.10.2.2.2 Balisage lumineux d'approche omnidirectionnel

Figure 4. Balisage lumineux d'approche omnidirectionnel
(Source : Transports Canada, Manuel d'information aéronautique de Transports Canada, AGA – Aéroports [12 octobre 2017], section 7.5.1)

²⁷ Transports Canada, TP 312, *Aéroports – Normes et pratiques recommandées*, Quatrième édition (mars 1993), section 5.3.10.15.

²⁸ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*, AGA – Aéroports (12 octobre 2017), section 7.18.

La piste 08 est également pourvue d'un balisage lumineux d'approche omnidirectionnel (ODALS). Un ODALS consiste en 7 feux à éclats séquentiels omnidirectionnels et à intensité variable. Deux des feux sont disposés respectivement à 12 m à droite et à gauche du seuil de piste et clignotent simultanément. Les 5 autres feux sont installés à 90 m d'intervalle les uns des autres, sur le prolongement de l'axe de piste et sur une distance de 450 m commençant à 90 m du seuil, et ils clignotent séquentiellement en direction du seuil²⁹ (figure 4).



En raison de la présence d'une zone environnementale sensible, c'est-à-dire un lac abritant des espèces menacées d'extinction, les 5 feux sur le prolongement de l'axe de piste de l'ODALS de la piste 08 à CYGV s'étendent sur une distance de 419,8 m, et non de 450 m, en vertu d'une exemption des exigences réglementaires délivrée par TC³⁰.

L'ODALS était en état de fonctionnement au moment de l'événement et avait été allumé quand le pilote avait allumé l'ARCAL.

1.10.2.2.3 Indicateur de trajectoire d'approche de précision

La piste 08 est équipée d'un PAPI de catégorie P1. Un PAPI comprend 4 feux également espacés, normalement du côté gauche de la piste, disposés en une barre de flanc. Quand l'aéronef se trouve sur la pente d'approche, les 2 feux les plus rapprochés de la piste sont rouges et les 2 feux plus éloignés sont blancs³¹. Le PAPI de catégorie P1 est conçu pour les aéronefs ayant une hauteur entre les yeux et les roues³² allant jusqu'à 10 pieds (figure 5). Le PAPI était en état de fonctionnement au moment de l'événement et avait été allumé quand le pilote avait allumé l'ARCAL.

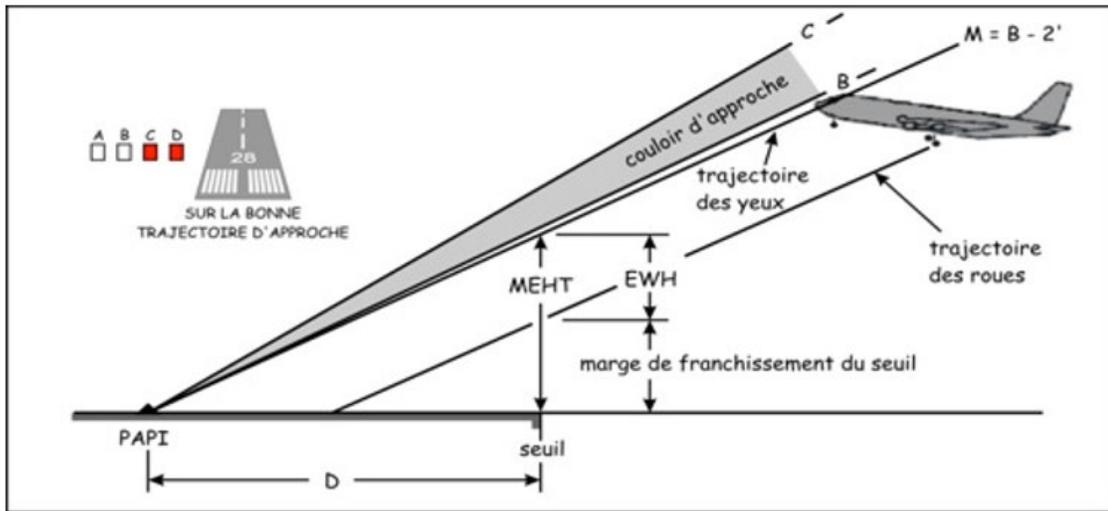
²⁹ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), AGA – Aéroports (12 octobre 2017), section 7.5.1.

³⁰ Transports Canada, *Exemption de l'application de l'article 5.3.5.2 du document intitulé AÉRODROMES – NORMES ET PRATIQUES RECOMMANDÉES (TP312F, 4^e édition) établi en vertu des sous-alinéas 302.07(1)a)(i) et (ii) du Règlement de l'aviation canadien* (20 décembre 2012).

³¹ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), AGA – Aéroports (12 octobre 2017), section 7.6.3.

³² La hauteur entre les yeux et les roues est la « [d]istance verticale entre les yeux d'un pilote et la partie la plus basse d'un aéronef en position d'atterrissage. Cette distance varie de moins de 4 pi à 45 pi pour certains gros porteurs. » (Source : NAV CANADA, base de données terminologiques *Terminav*, à l'adresse <http://www1.navcanada.ca/logiterm/addon/terminav/termino.php> [dernière consultation le 4 mai 2020]).

Figure 5. Indicateur de trajectoire d'approche de précision : Trajectoire des yeux du pilote par rapport à la trajectoire des roues (Source : Transports Canada, Manuel d'information aéronautique de Transports Canada, AGA – Aéroports [12 octobre 2017], section 7.6.4.3)



1.10.2.3 Aire de sécurité d'extrémité de piste

La piste 08/26 à CYGV est conforme aux critères stipulés dans la 4^e édition du TP 312, puisqu'elle comprend une bande de 60 m qui s'étend « en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste »³³.

1.10.2.3.1 Droit acquis des aéroports

La 5^e édition du TP 312, publiée en septembre 2015, définit les normes de conception applicables aux aéroports, notamment pour l'emplacement et les caractéristiques des aires de sécurité d'extrémité de piste (RESA). Pour qu'un aéroport tel que CYGV, doté d'une piste de plus de 1200 m, respecte ces normes, une RESA d'une longueur minimale de 150 m est requise³⁴.

Toutefois, en vertu de l'article 302.07 du RAC, communément appelé la « clause des droits acquis », CYGV n'est pas tenu de respecter les normes applicables aux RESA de 150 m énoncées dans cette 5^e édition du TP 312, à moins que des travaux ou modifications y soient effectués, auquel cas les normes les plus récentes devront être appliquées.

³³ Transports Canada, TP 312, *Aéroports – Normes et pratiques recommandées*, Quatrième édition (mars 1993), chapitre 3, section 3.1.6.2.

³⁴ Transports Canada, TP 312, *Normes relatives aux aéroports et pratiques recommandées*, 5^e édition (15 septembre 2015), chapitre 3, section 3.2.

1.10.3 Visibilité opérationnelle aux aérodromes

Avant d'effectuer un décollage, un atterrissage ou toute autre manœuvre à un aérodrome, le commandant de bord doit s'assurer que l'aérodrome convient à la manœuvre prévue. Ainsi, il doit, entre autres, s'assurer que la visibilité opérationnelle respecte la limite pour laquelle l'aérodrome est certifié³⁵ (annexe E). Si l'aérodrome est certifié pour les opérations menées par une visibilité inférieure à ½ SM (RVR 600), cette limite est publiée dans le *Supplément de vol – Canada* (CFS), ainsi que sur la carte d'aérodrome du CAP. Si la limite de visibilité opérationnelle d'un aérodrome n'est pas publiée dans le CFS, cela signifie que les opérations ne sont pas autorisées quand la visibilité est inférieure à ½ SM. La visibilité opérationnelle minimale certifiée pour la piste 08 à CYGV est de ¼ SM (annexe G).

Lorsqu'un aérodrome n'est pas doté d'une tour de contrôle de la circulation aérienne (ATC), la visibilité opérationnelle à cet aérodrome est établie selon les critères suivants, dans l'ordre^{36, 37} :

- RVR pour la piste qu'on prévoit utiliser;
- visibilité au sol (METAR);
- visibilité déterminée par le pilote.

Puisque les pistes à CYGV ne sont pas équipées pour mesurer la RVR, la visibilité au sol mesurée par l'AWOS et rapportée dans le METAR (annexe E) constitue la visibilité opérationnelle de CYGV. Aux aéroports dotés d'une tour ATC en service, une exception est prévue pour pouvoir utiliser la visibilité observée à la tour, lorsque la visibilité rapportée par l'AWOS n'est pas représentative des conditions réelles. Cependant, puisque CYGV ne dispose pas de tour ATC, cette exception ne s'applique pas.

Au moment de l'atterrissage de C-GJXF, la visibilité était à la limite de la visibilité opérationnelle minimale pour la piste 08.

1.10.4 Plan de déneigement

Les exigences relatives à l'entretien hivernal des aérodromes certifiés se trouvent dans le TP 312. Les politiques, normes, lignes directrices et responsabilités pour l'entretien hivernal à CYGV se trouvent dans le plan de déneigement de l'aéroport³⁸.

³⁵ Transports Canada, Circulaire d'information CI 602-002, *Visibilité opérationnelle aux aérodromes*, 2^e édition (30 juin 2011), paragraphes 4.2 1) et 4.2 2).

³⁶ NAV CANADA, *Canada Air Pilot* (CAP), CAP 6 : Québec (en vigueur le 1^{er} février 2018), p. 16.

³⁷ Transports Canada, Circulaire d'information CI 602-002, *Visibilité opérationnelle aux aérodromes*, 2^e édition (30 juin 2011), paragraphe 4.2.2).

³⁸ Transports Canada, *Plan de déneigement – Aéroport de Havre-St-Pierre*, modification n° 6 (novembre 2017).

1.10.4.1 Fermeture de piste

Selon le plan de déneigement de CYGV, le directeur de l'aéroport :

est responsable de diriger, gérer et organiser les travaux de déneigement et de déglacage. Seul le directeur de l'aéroport ou son représentant autorisé a l'autorité relative à la fermeture de l'aéroport ou de toute partie des aires de mouvement, dans le but de déneigement, réparation ou autre besoin opérationnel³⁹.

Par ailleurs, les critères suivants peuvent être utilisés afin d'évaluer si une fermeture de piste est requise :

- CRFI moins que 0,15;
- Congères d'une hauteur supérieure à 18 pouces aux abords des parties déneigées;
- Entre la partie déneigée et les lumières de piste, congères d'une hauteur supérieure à 30 pouces dans le cas de la neige sèche ou 24 pouces dans le cas de neige mouillée;
- Partie utilisable par les aéronefs inférieure à 100 pieds de large;
- Impossibilité de circuler pour effectuer un rapport de conditions de piste en raison de conditions météorologiques difficiles;
- Visibilité obstruée des feux de piste pour un observateur situé au centre de la piste⁴⁰.

Toutefois, la fermeture de piste n'est pas obligatoire si ces critères sont dépassés.

1.10.4.2 Compte rendu de l'état de la surface pour les mouvements d'aéronefs

Le 26 février 2018, un premier compte rendu de l'état de la surface pour les mouvements d'aéronefs (AMSCR) émis à 6 h 32 indiquait que la surface toute entière de la piste 08/26 à CYGV était recouverte de 1 pouce de neige.

Une niveleuse et un camion-balai ont commencé les opérations de déneigement vers 7 h, avec comme priorité le déneigement de la piste sur 80 pieds de largeur et sur toute sa longueur.

Un deuxième AMSCR a été émis à 7 h 29. Puisque les averses de neige devenaient de plus en plus fortes, les opérations de déneigement se sont poursuivies de façon continue.

Un 3^e AMSCR a été émis à 9 h 29, rapportant les conditions de piste suivantes :

- centre de piste dégagé sur une largeur de 80 pieds, mais recouvert de traces de neige sèche;
- sur la largeur restante, présence de congères d'une hauteur de 30 pouces;
- CRFI de 0,38 à une température de -4 °C.

³⁹ Ibid., p. 10.

⁴⁰ Ibid., p. 13.

Le CRFI est calculé en faisant la moyenne des mesures enregistrées par un véhicule muni d'un décéléromètre qui roule à environ 10 m du centre de la piste et qui freine à intervalles réguliers le long de la piste. Les différentes lectures sont imprimées, et la moyenne de ces lectures constitue le CRFI qui est rapporté. Selon les informations recueillies, la moyenne des lectures prises à 10 h 05 était de 0,36, donc inférieure au CRFI indiqué dans le dernier AMSCR. Cette baisse du coefficient s'est traduite par une augmentation de la distance d'atterrissage recommandée de moins de 50 pieds pour C-GJXF. Cet écart n'a cependant pas contribué à la sortie en bout de piste.

Alors que l'aéronef se trouvait en rapprochement pour CYGV, la niveleuse et le camion-balai sont passés une dernière fois sur toute la longueur de la piste. Ils ont quitté la piste environ 3 minutes avant l'atterrissage de l'aéronef.

1.10.5 Plan de mesures d'urgence

Selon le plan de mesures d'urgence (PMU) de CYGV :

[L]e PMU a pour but de fournir à l'exploitant, au personnel de l'aéroport, aux unités d'intervention et aux organismes communautaires impliqués les procédures appliquées lors d'une situation d'urgence⁴¹.

Lorsqu'un accident d'aéronef se produit à l'aéroport, différentes listes de vérification sont utilisées par les différents intervenants. Une des premières choses à faire est d'appeler le service d'urgence 9-1-1 pour demander l'intervention du service de protection contre les incendies et des ambulances au besoin. Toutefois, dans le cas à l'étude, le commandant ayant indiqué qu'il n'avait pas besoin d'assistance, le service d'urgence n'a pas été contacté à ce moment-là.

1.11 Enregistreurs de bord

1.11.1 Enregistreur de données de vol

L'aéronef n'était muni d'aucun enregistreur de données de vol, et la réglementation n'en exigeait pas⁴².

1.11.2 Enregistreur de conversations de poste de pilotage

La réglementation en vigueur exigeait un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR)⁴³ sur ce type d'appareil, lorsque l'équipage est formé de 2 pilotes. Toutefois, un jugement rendu le 17 octobre 2005 par la Cour d'appel fédérale a donné raison à

⁴¹ Transports Canada, *Plan de mesures d'urgence – Aéroport de Havre-Saint-Pierre*, Version 2 (28 juillet 2017), section 1.3, p. 11.

⁴² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 605.33(1).

⁴³ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 605.34(1).

3 exploitants de services de taxi aérien au Québec qui contestaient l'application de ce règlement⁴⁴. Ainsi, il leur est depuis permis d'exploiter volontairement leurs aéronefs de type King Air avec 2 pilotes au lieu d'un seul sans avoir à installer un CVR à bord de leurs aéronefs. Strait Air se prévalait de ce jugement, et aucun CVR n'était installé à bord de l'aéronef en cause dans l'événement.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef a terminé sa course à l'atterrissage dans un banc de neige à environ 220 pieds au-delà de l'extrémité de la piste 08 (figures 2 et 6). Environ 50 pieds plus loin, se trouvait un fossé.

À leur arrivée sur les lieux, les enquêteurs du BST ont observé que les volets étaient en position relevée, que le système de carburant était coupé et que le système électrique était hors tension. Le pas des 2 hélices était à un angle quasiment nul (0°), et toutes les pales d'hélices étaient repliées vers l'arrière. Le train d'atterrissage s'était affaissé et replié vers l'arrière, et les entrées d'air des moteurs étaient bouchées par de la neige compactée.

Figure 6. Position de l'épave en bout de piste (Source : BST, photo prise 2 jours après l'accident)



1.12.1 Données du système de positionnement mondial et du système d'avertissement de proximité du sol amélioré

Le Laboratoire d'ingénierie du BST a déterminé que le GPS 155XL à bord de l'aéronef était un appareil GPS qui n'enregistre aucune donnée. Au contraire, l'EGPWS 965-1198-005 dont était aussi équipé l'aéronef enregistre la position au décollage ainsi que des données supplémentaires lorsqu'une alerte est déclenchée par ce système. L'examen des données enregistrées a permis de savoir quelle était la position au décollage de CYZV et qu'aucune alerte n'avait été enregistrée pendant le vol.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

L'examen des dossiers médicaux de TC n'a révélé aucune condition physiologique qui aurait pu nuire au rendement de l'équipage.

⁴⁴ Rapport d'enquête aéronautique A10Q0162 du BST.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Malgré les dommages importants au train d'atterrissage et à la structure des ailes causés par l'impact avec le banc de neige, les forces de décélération n'ont pas nui aux chances de survie des occupants⁴⁵. Toutefois, la moitié des occupants ont subi des blessures légères.

Le personnel de l'aéroport est allé porter assistance aux occupants de l'aéronef, et le PMU a été activé. L'appareil s'était immobilisé dans un banc de neige et aucun signe de risque d'incendie n'était visible. Les occupants sont sortis par la porte principale et le personnel de l'aéroport a aidé à les transporter au terminal. Par la suite, 6 des 8 occupants ont été transportés à l'hôpital en ambulance pour évaluer leur état.

1.15.1 Exposés aux passagers sur les mesures de sécurité

Selon le RAC⁴⁶, « [l]e commandant de bord doit s'assurer qu'un exposé sur les mesures de sécurité est donné aux passagers conformément aux *Normes de service aérien commercial*⁴⁷ ». L'exposé doit préciser comment et pourquoi boucler, serrer et déboucler les ceintures de sécurité ou les baudriers de sécurité. De plus, le commandant doit « donner à toute personne à bord de l'aéronef l'ordre de boucler la ceinture de sécurité⁴⁸ » entre autres pendant le décollage et l'atterrissage.

Le manuel d'exploitation de la compagnie⁴⁹ intègre ces obligations réglementaires. Par ailleurs, ces dernières figurent au chapitre des procédures normales⁵⁰ des SOP et s'appliquent après l'embarquement, en montée et avant la descente ou en passant l'altitude de transition selon l'altitude de croisière. Selon ces procédures, un exposé complet sur les mesures de sécurité est fait après l'embarquement, alors que l'exposé avant l'atterrissage est plutôt un rappel qui, entre autres, demande aux passagers de s'assurer que leur ceinture de sécurité est bien bouclée. Enfin, la liste de vérification de l'appareil prévoit une

⁴⁵ [Traduction] « Un accident offrant des chances de survie est un accident dans lequel la force subie par l'occupant, par l'intermédiaire du siège et du dispositif de retenue, n'excède pas les limites de la tolérance humaine aux accélérations brusques, et la structure de l'environnement immédiat de l'occupant demeure relativement intacte au point de maintenir un volume viable durant l'écrasement. » (Source : National Transportation Safety Board des États-Unis, Safety Report, NTSB/SR-83/01, *General Aviation Crashworthiness Project, Phase One*, 27 juin 1983, p. 3.)

⁴⁶ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 703.39.

⁴⁷ La norme en question ici est la Norme 723.39 du RAC.

⁴⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 605.25.

⁴⁹ Strait Air (2000) Ltd., *Operations Manual – Aeroplanes : Air Taxi – Day/ME Night IFR* (10 mai 2016), section 3.27, p. 3-21.

⁵⁰ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), sections 3.3, 3.11 et 3.15.

confirmation à chaque étape du vol que les vérifications requises indiquées sur la liste ont bien été faites.

Dans le cas de l'événement, bien que l'exposé de sécurité avant le décollage ait été fait, l'exposé avant l'atterrissage ne l'a pas été, et une passagère n'a pas bouclé sa ceinture avant l'atterrissage. Lorsque l'appareil a percuté le banc de neige au-delà de l'extrémité de la piste, les occupants qui avaient bouclé leur ceinture de sécurité ont été retenus à leur siège. Cependant, la passagère qui n'était pas attachée a subi des blessures légères lorsqu'elle été projetée vers l'avant et s'est retrouvée à genoux devant son siège, appuyée contre le siège de devant.

1.15.2 Ceintures-baudriers

Les sièges pilotes de l'aéronef étaient équipés de ceintures-baudriers. Les sièges passagers étaient équipés uniquement de ceintures, en conformité à la réglementation en vigueur.

On sait que l'utilisation d'un dispositif de retenue à 3 ou 4 points d'ancrage (ceinture et baudrier) assure une meilleure répartition des forces d'impact et diminue la gravité des blessures à la partie supérieure du corps et à la tête⁵¹. Par ailleurs, les passagers utilisant un dispositif de retenue ont de meilleures chances de survie lors d'un impact. Dans le vol à l'étude, un passager qui avait bouclé sa ceinture a subi des blessures légères lorsque son torse a percuté une partie fixe de l'appareil.

Le BST a constaté que le risque de blessure grave ou de décès est accru chez les occupants d'aéronefs légers ne portant pas de dispositif de retenue du torse⁵². Des études sur la protection des occupants de petits aéronefs en cas d'accident menées aux États-Unis⁵³ et au Canada⁵⁴ indiquent que les probabilités de survie aux forces d'impact sont considérablement plus élevées lorsqu'un dispositif de retenue du torse est utilisé.

En 2010, la FAA a réalisé une étude portant sur 649 accidents survenus entre 2004 et 2009, dont 97 avaient entraîné des blessures graves ou mortelles. La FAA a déterminé qu'une meilleure protection aurait permis d'éviter 40 % des pertes de vie et notamment que le simple fait d'équiper les sièges de passagers de ceintures-baudriers aurait permis de sauver près de 20 % des vies.

⁵¹ National Transportation Safety Board des États-Unis, Safety Report, NTSB/SR-85/01, *General Aviation Crashworthiness Project, Phase Two – Impact severity and potential injury prevention in general aviation accidents* (15 mars 1985).

⁵² Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport SA9401 du BST, *Étude de sécurité portant sur les possibilités de survie dans les accidents d'hydravions* (1994).

⁵³ Federal Aviation Administration, Aviation Safety, Alaskan Region, *Fatal and Serious Injury Accidents in Alaska, A Retrospective of the years 2004 through 2009 with Special Emphasis on Post Crash Survival* (décembre 2010).

⁵⁴ *Small Aircraft Crashworthiness*, volume 1, TP 8655E (préparé par Sypher : Mueller International inc., juillet 1987), p. 46; Bureau canadien de la sécurité aérienne, *Étude sur l'influence sur la sécurité aérienne du port des harnais de sécurité* (1987).

En 1970, Beechcraft a publié l'instruction de service 0937, « Notice of Availability of Shoulder Restraint Belts for Passengers » (avis de disponibilité de ceintures-baudriers pour passagers). Cet avis informait les propriétaires de divers modèles d'aéronefs Beechcraft, y compris l'A100, de la possibilité de monter de nouveaux ensembles de sièges ou des trousse de ceintures-baudriers pour assurer la retenue du torse des passagers. L'avionneur recommandait fortement ces mises à niveau comme moyen d'améliorer la sécurité des passagers.

Selon le numéro de série de l'aéronef en cause, le propriétaire aurait dû se procurer des ensembles de sièges complets pour se conformer à l'instruction de service 0937, en raison de l'incompatibilité des trousse de ceintures-baudriers.

1.15.3 Radiobalise de repérage d'urgence

L'appareil était muni d'une radiobalise de repérage d'urgence ARTEX ME406 (numéro de pièce 453-6603 et numéro de série 188-02703) pouvant transmettre sur les fréquences 121,5 MHz et 406 MHz. Selon le manuel du fabricant⁵⁵, les forces de décélération nécessaires pour une activation automatique sont de 2.3 *g*. La radiobalise n'a pas été endommagée, et les forces de décélération au moment de l'impact dans le banc de neige n'ont pas été suffisantes pour l'activer automatiquement.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Trajectoire d'approche et d'atterrissage

En l'absence de données GPS, la trajectoire pendant l'approche et l'atterrissage de l'aéronef a été calculée à partir des données radar, des enregistrements des conversations avec l'ATC, de l'observation du point de poser des roues et des témoignages. Ces calculs ont permis de déterminer la position et la vitesse de l'appareil pendant l'approche, le moment où l'appareil a franchi le seuil de la piste et la durée du survol de la piste jusqu'au point de poser (figure 7).

⁵⁵ Artex, *ME406 Series, Emergency Locator Transmitter*, 1^{re} édition (30 juin 2005), révision V (19 mars 2015).

Figure 7. Trajectoire en approche finale et au-dessus la piste (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.16.2 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP080/2018 – NVM Recovery – GPS & EGPWS [récupération de la mémoire rémanente – GPS et EGPWS]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Exploitant

Au moment de l'événement, Strait Air était titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne⁵⁶. Les activités de la compagnie étaient régies par la sous-partie 702, Opérations de travail aérien, et par la sous-partie 703, Exploitation d'un taxi aérien, du RAC. La série de vols sous l'indicatif NUK107 était effectuée conformément à la sous-partie 703 du RAC. Les exploitants de taxi aérien disposent généralement de moins de moyens pour le soutien opérationnel que les lignes aériennes, qui ont des politiques et des procédures précises et des répartiteurs pour planifier les vols. De plus, les vols des lignes aériennes sont

⁵⁶ Strait Air a cessé ses opérations le 30 juin 2019.

généralement effectués au départ et à destination de grands centres offrant du soutien en vol et au sol.

Strait Air avait son siège social et une base à CYQB, et disposait d'une deuxième base à CYZV. Au moment des faits, la compagnie exploitait une flotte de 3 Beechcraft King Air A100 et 3 Piper Navajo.

1.17.1.1 Gestion de la sécurité

Les exploitants de taxi aérien comme Strait Air ont l'obligation de gérer les risques associés à leurs activités d'exploitation aérienne. À la base, la gestion des risques consiste à :

- reconnaître et signaler les dangers;
- cerner et choisir des mesures pour atténuer ces dangers;
- attribuer la responsabilité de la gestion de ces mesures;
- mesurer et surveiller l'efficacité des mesures et moyens de contrôle établis⁵⁷.

Selon la réglementation en vigueur, Strait Air n'était pas tenu de mettre en œuvre un système de gestion de la sécurité (SGS) officiel et ne l'avait pas fait.

1.17.1.2 Spécifications d'exploitation

Strait Air disposait entre autres de spécifications d'exploitation pour l'utilisation du Beechcraft King Air A100 dans le cadre d'une exploitation de taxi aérien en vertu de la sous-partie 703 du RAC. Toutefois, Strait Air ne détenait pas la spécification d'exploitation 019 de visibilité réduite, qui s'applique à l'interdiction d'approche aux instruments.

1.17.1.3 Contamination des surfaces critiques des aéronefs

Selon le manuel d'exploitation de Strait Air⁵⁸, [traduction] « si du givre, de la glace et/ou de la neige adhèrent à une surface portante ou aux gouvernes, les contaminants devront être éliminés complètement avant toute tentative de vol. » N'ayant pas en place un programme relatif aux opérations dans des conditions de givrage au sol, Strait Air n'était pas autorisé à utiliser les différents liquides antigivrage au sol pour protéger les aéronefs avant le décollage en conditions de précipitations givrantes.

1.17.1.4 Procédures d'utilisation normalisées

1.17.1.4.1 Généralités

Les 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

⁵⁷ A. J. Stolzer, C. D. Halford et J. J. Goglia (2008), *Safety Management Systems in Aviation*, Aldershot : Ashgate (2008), p. 157, comme cité dans le rapport d'enquête aéronautique A17Q0050 du BST.

⁵⁸ Strait Air (2000) Ltd., *Operations Manual – Aeroplanes : Air Taxi – Day/ME Night IFR* (10 mai 2016), article 3.3.4, p. 3-3.

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, ont récemment réaffirmé l'importance des SOP. Depuis longtemps, le National Transportation Safety Board (NTSB) désigne 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 établies⁵⁹.

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 sécuritaires⁶⁰.

De son côté, la FAA a publié, le 10 janvier 2017, la circulaire 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 (SOP) et pour les fonctions de pilote surveillant (PM)⁶¹ ». Cette circulaire affirme 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 vol⁶².

⁵⁹ Organisation de l'aviation civile internationale, RASG-MID Safety Advisory – 07 (RSA-07), *Standard Operating Procedures Effectiveness and Adherence* (mai 2016), p. 4.

⁶⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, RASG-MID Safety Advisory – 07 (RSA-07), *Standard Operating Procedures Effectiveness and Adherence* (mai 2016), p. 5.

⁶¹ Federal Aviation Administration, Advisory Circular (AC) 120-71B, *Standard Operating Procedures and Pilot Monitoring Duties for Flight Deck Crewmembers* (10 janvier 2017), page couverture.

⁶² Ibid., p. 1.1.

D'ailleurs, entre 1999 et 2019, les SOP sont ressorties dans 113 faits établis quant aux causes, aux facteurs contributifs ou aux risques dans les rapports d'enquête aéronautique du BST. Les lacunes identifiées sont principalement liées à l'absence de directives précises, aux divergences dans les procédures et à la déviation par rapport aux procédures.

Toujours selon l'AC 120-71B [traduction] : « [u]ne coordination efficace et une bonne performance des membres d'équipage ne sont possibles que s'ils partagent un modèle mental commun de chaque tâche. Ce modèle mental, quant à lui, doit se fonder sur les SOP⁶³. » En outre, les SOP [traduction] « doivent être appliquées avec constance et uniformité tout au long du vol⁶⁴ ».

Enfin, la Flight Safety Foundation (FSF) affirmait dans son analyse des accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA) que [traduction] « [l]a gestion des ressources de l'équipage (CRM) n'est pas efficace si les SOP ne sont pas respectées⁶⁵ ». De plus, [traduction] « les SOP servent de référence en matière de normalisation des équipages et établissent le milieu de travail requis pour la CRM⁶⁶ ».

1.17.1.4.2 Procédures d'utilisation normalisées de Strait Air

En juin 2015, TC a revu les SOP de Strait Air et a conclu qu'elles étaient conformes à l'article 723.107 de la *Norme de service aérien commercial 723* du RAC. Les SOP qui s'appliquent au présent événement sont indiquées ci-dessous.

Coordination entre les membres d'équipage

Les SOP de Strait Air comprennent des indications pour les membres d'équipage de conduite sur la coordination et la procédure à suivre en cas de déviation.

La coordination entre membre [sic] d'équipage est de la plus haute importance. La façon de coordonner l'équipage lors de situations normales ou d'urgences est discutée tout au long de ce manuel. Le manquement aux procédures normalisées devrait être exposé au(x) membre(s) d'équipage concerné(s) le plus rapidement possible⁶⁷.

⁶³ Ibid.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Flight Safety Foundation, *Reducing the Risk of Runway Excursions: Report of the Runway Safety Initiative* (mai 2019), Appendix II, p. 1.

⁶⁶ Ibid., p. 3.

⁶⁷ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), section 1.2, p. 1.1.

Communications

Les SOP de Strait Air comprennent par ailleurs des directives sur les communications entre les membres d'équipage.

La communication dans le poste de pilotage est vitale pour éviter la confusion et maintenir un niveau élevé de sécurité. Tout événement inquiétant ou inhabituel doit être communiqué à l'autre MEC [membre d'équipage de conduite] de façon explicite (exemple : étourdissement, difficulté de contrôle de l'appareil, lecture anormale d'instrument). Si on doute que le message soit bien compris, il est important de persévérer jusqu'à ce que la situation soit claire entre les deux MEC.

À chaque fois qu'un MEC fait un changement, il avise l'autre MEC. Ceci inclut mais n'est pas limité aux items suivants : changement de vitesse, syntonisation d'aide à la navigation, déviation du plan de vol, changement de position d'un interrupteur ou d'une manette (exemple : système de dégivrage, etc.)⁶⁸.

Les SOP de Strait Air sur les communications indiquent aussi la phraséologie à utiliser dans les annonces normalisées et indiquent au membre d'équipage quand présumer une incapacité de l'autre membre d'équipage.

Les appels standards⁶⁹ sont utilisés afin de minimiser les ambiguïtés entre les MEC durant certaines phases du vol.

Ces appels sont normalement effectués par le PNV⁷⁰ [pilote qui n'est pas aux commandes] et toujours suivis d'une réponse de l'autre MEC afin de confirmer que l'information a bien été comprise. Si le PNV omet de faire l'appel, le PV⁷¹ [pilote aux commandes] le fait et le PNV répond.

Si l'appel est répété une seconde fois sans obtenir de réponse, le pilote doit considérer une incapacité [*sic*] et appliquer la procédure appropriée^{72, 73}.

Inspection pré-vol

Le commandant est responsable de la planification du vol, et selon les SOP, il doit aussi informer le P/O « du contenu de tous les plans de vol et itinéraires, ainsi que de la météo anticipée⁷⁴ ». Le P/O effectue l'inspection pré-vol de l'avion, s'occupe de l'embarquement et de l'exposé aux passagers. Dans le cas du vol à l'étude, le P/O n'avait pas participé à la planification du vol.

⁶⁸ Ibid., section 2.8, p. 2.3.

⁶⁹ Terminologie de Strait Air qui correspond aux « annonces normalisées » dans le présent rapport.

⁷⁰ Terminologie de Strait Air qui correspond à « PM » dans le présent rapport.

⁷¹ Terminologie de Strait Air qui correspond au « PF » dans le présent rapport.

⁷² Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), section 2.8.1, p. 2.4.

⁷³ La procédure appropriée consiste, entre autres, à prendre les commandes.

⁷⁴ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), section 2.1, p. 2.1.

Préparation à l'approche et descente

Normalement, 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 pour l'approche utilisée et donne le CAP, ouvert à la page de l'approche utilisée, au PF. À ce moment-là, le PF transfère les commandes au PM pour faire l'exposé d'approche. L'exposé d'approche prévu dans les SOP de Strait Air inclut une revue de la carte d'approche et de la procédure d'approche interrompue, mais pas l'établissement de la visibilité minimale de l'interdiction d'approche, ni la question du point de poser des roues et de la nécessité d'effectuer une remise des gaz si ce point est dépassé.

Dans le cas du présent événement, lors de la préparation à l'approche, le commandant n'a pas discuté avec le P/O de la forte probabilité d'avoir à exécuter une remise des gaz.

Avant d'amorcer la descente, ou en passant l'altitude de transition, la liste de vérification « Descent & Approach Check » est exécutée. Le dernier point de la liste est l'exposé aux passagers, qui consiste, entre autres, à rappeler aux passagers de s'assurer que leur ceinture est bien attachée (voir 1.15.1).

Lorsque l'appareil franchit les 10 000 pieds, la liste de vérification « Approach Check » est exécutée.

Approche aux instruments

Lors d'une approche aux instruments, la liste de vérification avant l'atterrissage devrait être exécutée avant d'atteindre le repère d'approche finale en faisant les annonces normalisées indiquées à la figure 8⁷⁵.

Figure 8. Annonces normalisées avant l'atterrissage lors de l'approche aux instruments (Source : Strait Air (2000) Ltd., Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100 [25 septembre 2014], section 3.18, p. 3.40)

PV	PM
1. FLAPS APPROACH	2. SPEED CHECKED, FLAPS APPROACH 3. SÉLECTIONÉ, INDIQUÉ
4. GEAR DOWN 6. CONFIRMÉ 7. BEFORE LANDING CHECK	5. SPEED CHECKED, GEAR DOWN, 3 VERTES 8. BEFORE LANDING CHECK COMPLÉTÉ

La liste de vérification avant l'atterrissage est effectuée après avoir réglé les volets à la position d'approche (F30 %) et après avoir eu la confirmation que le train d'atterrissage est descendu et verrouillé (figure 9).

⁷⁵ Strait Air utilise indifféremment les abréviations « PM » et « PNV », qui correspondent à « PM » dans le présent rapport.

Selon les SOP, l'approche finale est exécutée avec les volets à la position d'approche (F30 %) et à une vitesse de 120 nœuds jusqu'au moment où le PF confirme l'atterrissage et demande la configuration d'atterrissage des volets (F100 %) et des hélices. Selon les SOP, « pour un atterrissage court ou sur une surface en gravier, neige ou glace, il sera fortement recommandé d'utiliser la position "HIGH IDLE" et "MAX RPM"⁷⁶ ».

Figure 9. Liste de vérification avant l'atterrissage (Source : Strait Air (2000) Ltd., Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100 [25 septembre 2014], section 3.18, p. 3.41)

Before Landing CHECK (C/R) :	
1-Flaps	AS REQ'D
2-Gear	DOWN 3 GREEN
3-Ice Vanes	AS REQ'D
4-Landing & Taxi lights	ON
5-Prop Sync	OFF
6-Condition & Prop Levers	AS REQ'D
7-Yaw Damper	OFF
8-GPS Integrity 0.3	CHECKED

Ces points seront exécutés plus tard par le PM, au moment où le PF confirmera la décision d'atterrir en faisant les annonces normalisées « CHECK, LANDING, FLAPS FULL, MAX RPM ». Toutefois, il n'y a aucune autre liste de vérification finale avant l'atterrissage pour s'assurer que ces derniers points ont été exécutés.

Pendant l'approche, le PM surveille l'ensemble du vol. Ses tâches consistent entre autres à rapporter toute indication anormale au PF, à l'aviser lorsqu'il a un contact visuel avec le sol et à faire les annonces normalisées « MINIMUM CONTACT » ou bien « NO CONTACT » selon qu'il a ou n'a pas vu la référence visuelle requise (voir 1.8.1.3). Le PF, quant à lui, pilote l'avion de façon à respecter les limites de l'approche, et suite aux annonces du PM, n'a que 2 choix : faire l'annonce « LANDING » ou « GO AROUND⁷⁷ ».

Altitude minimale de descente et atterrissage

Lorsque l'appareil atteint la MDA et que le PM obtient la référence visuelle requise (voir 1.8.1.3), il fait les annonces normalisées correspondantes (figure 10). À ce moment-là, le PF confirme l'atterrissage et demande la configuration d'atterrissage⁷⁸.

⁷⁶ Strait Air (2000) Ltd., *Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100* (25 septembre 2014), section 3.18, p. 3.41.

⁷⁷ Ibid., section 3.17, p. 3.37.

⁷⁸ Ibid., section 3.21, p. 3.44.

Figure 10. Annonces normalisées lors de l'approche aux instruments avec atterrissage assuré (Source : Strait Air (2000) Ltd., Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100 [25 septembre 2014], section 3.18, p. 3.44)

PV	PNV
2. CHECK, LANDING 3. FLAPS FULL, MAX RPM	1. MINIMUM, LUMIÈRES D'APPROCHES À 12H00 4. SPEED CHECK, FLAPS FULL, MAX RPM. 5. V Ref + _____ Kts

Par la suite, le PM confirme que l'appel radio en finale a été fait ou que l'autorisation d'atterrissage a été reçue. De plus, au cours de la décélération de 120 nœuds jusqu'à la V_{ref} , qui est de 100 nœuds, le PM informe le PF, tous les 5 nœuds, de la vitesse actuelle par rapport à la V_{ref} .

Altitude minimale d'atterrissage et remise des gaz

Selon les SOP, la remise des gaz est une manœuvre possible en tout temps. Cependant, lors d'une approche aux instruments, elle est généralement exécutée à la MDA. Lorsque l'appareil atteint la MDA et que le PM n'a pas la référence visuelle requise en vue (voir 1.8.1.3), il fait l'annonce normalisée correspondante. Le PF répond alors en faisant les annonces normalisées et exécute la manœuvre de remise des gaz (figure 11)⁷⁹.

Figure 11. Annonces normalisées lors de l'approche aux instruments avec remise des gaz (Source : Strait Air (2000) Ltd., Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100 [25 septembre 2014], section 3.18, p. 3.43)

PV	PNV
<i>Manœuvre l'avion pour respecter les limites de l'approche</i>	<i>Surveille l'ensemble du vol et effectue les appels standards</i>
2. CHECK	1. 100' AVANT 3. MINIMUM, PAS DE CONTACT
4. GO AROUND 5. MAX POWER FLAPS APPROACH	6. MAX POWER SET, FLAPS APPROACH
8. GEAR UP	7. POSITIVE RATE

1.17.1.4.3 Procédures suivies dans l'événement à l'étude

Étant donné que l'aéronef dans l'événement à l'étude n'était pas équipé d'un CVR, il a été impossible de confirmer avec précision si les SOP avaient été respectées. Selon les renseignements recueillis, lorsque l'aéronef a atteint la MDA, le PM a fait les annonces normalisées « MINIMUM, PAS DE CONTACT » (point 3 de la figure 11). Le PF n'a pas répondu immédiatement. Le PM a ensuite demandé au PF s'il allait faire une remise des gaz,

⁷⁹ Strait Air (2000) Ltd., Procédures d'utilisation normalisées – King Air A-100 (25 septembre 2014), section 3.20, p. 3.43.

et à ce moment-là, le PF (et commandant) a dit qu'il avait le contact visuel et a poursuivi la descente au-dessous de la MDA. Toutefois, le PF n'a pas fait les annonces normalisées de confirmation de l'atterrissage (points 2 et 3 de la figure 10), annonces qui indiquent au PM de configurer l'appareil pour l'atterrissage. Ainsi, le PM n'a pas reçu l'ordre d'exécuter le reste de ses tâches (points 4 et 5 de la figure 10), et l'appareil a poursuivi la descente avec les volets en position d'approche (F30 %) à une vitesse de 120 nœuds.

1.17.2 Transports Canada, Aviation civile – Surveillance réglementaire

Le programme de surveillance de Transports Canada, Aviation civile (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 réglementaires⁸⁰ ». Le programme comprend « des évaluations, des inspections de validation de programme (IVP) et des inspections du processus⁸¹ ».

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 inspections de processus (IP), quant à elles, sont des inspections qui se concentrent sur un ou plusieurs processus précis. Elles permettent de vérifier si ces processus respectent les exigences réglementaires et fonctionnent correctement. La fréquence de ces inspections dépend, entre autres, du type d'exploitation, du changement de personnel clé de la compagnie, de l'historique de conformité et de la nature des constatations. Ainsi, dans le cas de Strait Air, à la suite de l'IVP de 2013, TCAC a choisi d'effectuer des inspections à 1 an d'intervalle :

- en octobre 2013, une IVP menant à 19 constatations;
- en octobre 2014, une IVP menant à 7 constatations;
- en novembre 2015, une IVP menant à 6 constatations;
- en décembre 2016, une IVP menant à 6 constatations;
- en décembre 2017, une IP menant à 8 constatations.

De par la nature de certaines non-conformités systémiques liées au contrôle de l'exploitation et au programme d'assurance de la qualité, TCAC a toujours maintenu l'intervalle annuel des inspections.

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.

⁸⁰ Transports Canada, Circulaire d'information CI SUR-004, *Programme de surveillance de l'Aviation civile*, édition 01 (19 novembre 2015), section 3.0.

⁸¹ Ibid.

Le programme d'inspection de TCAC prévoit des inspections en vol « afin d'évaluer la conformité de ce dernier [l'exploitant aérien] aux normes en vigueur et de [sic] la pertinence de ses procédures d'exploitation⁸² ». L'inspection en vol permet d'évaluer notamment la manière de fonctionner d'un exploitant aérien, le résultat des programmes de formation, des procédures d'exploitation, des politiques, de l'équipement et des installations de l'exploitant aérien. Le rapport d'inspection comprend, entre autres, une évaluation de la conformité par rapport aux SOP, de la coordination entre les membres d'équipage et de la conscience de la situation. Aucune inspection en vol n'a été effectuée chez Strait Air.

Après l'événement à l'étude, TCAC n'a pas mené d'inspection particulière.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Sorties en bout de piste

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'accidents lié à l'approche et à l'atterrissage (ALA) et la principale cause de sortie de piste à l'atterrissage⁸³ ».

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 exécutée⁸⁴. » 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'exécuter.

La procédure pour l'exposé d'approche de Strait Air traite, entre autres, de la procédure d'approche interrompue, de l'environnement aéroportuaire (longueur et largeur de la piste,

⁸² Transports Canada, TP 3783, *Manuel de l'inspecteur des transporteurs aériens*, 5^e édition (mars 2004, révisé en décembre 2010), section 3.

⁸³ Flight Safety Foundation, *Final Report to the Flight Safety Foundation – Go-Around Decision Making and Execution Project* (mars 2017), section 4, p. 6.

⁸⁴ Ibid., section 3.3, p. 4.

contamination de la surface) et de la distance d'atterrissage nécessaire. Cependant, elle n'exige pas que l'équipage aborde la question de la zone de poser (TDZ) et de la nécessité d'effectuer une remontée si cette zone a été dépassée. Les SOP décrivent quelques exemples de remise des gaz, mais ne mentionnent pas le dépassement de la TDZ. Il revient alors aux pilotes d'évaluer la situation et de réagir en conséquence en se fondant sur leurs connaissances et leur expérience.

1.18.1.1 Facteurs contribuant aux sorties en bout de piste

Le 17 septembre 2014, la FAA a publié la circulaire AC 91-79A pour [traduction] « fournir aux pilotes et aux exploitants des moyens de déterminer, de comprendre et d'atténuer les risques associés aux sorties en bout de piste à l'atterrissage⁸⁵ ». Cette circulaire, à utiliser pour l'élaboration de SOP atténuant ces risques, précise entre autres que [traduction] :

- [...] les dangers suivants augmentent le risque de sortie en bout de piste :
- [...]
- effet d'une vitesse anémométrique excessive au moment de franchir le seuil de la piste; [...]
 - atterrissage au-delà du point d'atterrissage; [...]
 - piste mouillée ou contaminée⁸⁶.

Toujours selon la circulaire, « des SOP précises [...] constituent des outils fondamentaux d'atténuation des risques », et elles devraient porter au moins sur les dangers énumérés ci-dessus. En outre, il est impératif que l'équipage de conduite exécute fidèlement ces SOP⁸⁷. Un programme efficace de formation sur la réduction des sorties en bout de piste offert par les exploitants permet aussi [traduction] « de fournir [aux équipages de conduite] des connaissances théoriques et des compétences visant à sensibiliser le pilote aux facteurs susceptibles de provoquer une sortie en bout de piste⁸⁸ ».

De son côté, la FSF a analysé les données sur les sorties en bout de piste accumulées sur 14 ans et en a conclu que les sorties en bout de piste étaient habituellement occasionnées par au moins un des facteurs suivants : les conditions météorologiques, la performance de l'aéronef, la technique d'atterrissage et la prise de décision de l'équipage⁸⁹.

La FSF a alors recommandé les mesures suivantes pour atténuer ces facteurs :

⁸⁵ Federal Aviation Administration, Advisory Circular (AC) 91-79A, *Mitigating the Risks of a Runway Overrun Upon Landing* (17 septembre 2014), section 1.

⁸⁶ Ibid., section 8.

⁸⁷ Ibid., paragraphe 9.a.

⁸⁸ Ibid., paragraphe 9.b.

⁸⁹ Flight Safety Foundation, *Reducing the Risk of Runway Excursions: Report of the Runway Safety Initiative* (mai 2009), p. 157 à 160.

- la mise en place de politiques précises interdisant tout atterrissage en dehors de la zone d'atterrissage;
- l'inclusion d'annonces normalisées sur la longueur de piste restante fondées sur le balisage lumineux, les marqueurs de distance restante ou d'autres repères connus de la piste;
- la mise en place de procédures relatives à la gestion des conditions de piste défavorables;
- la mise en œuvre de politiques et de formation sur les techniques d'arrondis⁹⁰;
- le respect des SOP.

Selon la FSF, la vitesse d'approche et la technique utilisée pour effectuer l'arrondi avant le poser des roues ont des répercussions importantes sur la distance d'atterrissage [traduction] :

Une augmentation de la vitesse d'approche finale de 10 % se traduit par une augmentation de la distance d'atterrissage de 20 %, en supposant une technique normale d'arrondi et de poser des roues (c'est-à-dire, sans laisser l'aéronef « flotter » et sans réduire l'excédent de vitesse)⁹¹.

Si l'on utilise ce rapport approximatif 10 %/20 % pour calculer l'augmentation de la distance d'atterrissage d'un aéronef configuré avec les volets en position d'approche (F30 %) et volant à une vitesse de 120 nœuds au lieu de 100 nœuds (soit à une vitesse 20 % plus élevée), on obtient une augmentation de la distance d'atterrissage de 40 % depuis une hauteur de 50 pieds au seuil de piste. Si on utilise les distances estimées figurant au tableau 4, avec des volets réglés à 30 %, un aéronef volant à une vitesse de 120 nœuds aura besoin de 3710 pieds sur une piste sèche, et de 5180 pieds sur une piste dont le CRFI est de 0,38, pour atterrir en sécurité.

1.18.2 Prise de décision et conscience situationnelle

La prise de décision est un processus cognitif qui vise à déterminer un plan d'action parmi plusieurs possibilités. Ce processus consiste à cerner les enjeux et menaces et à évaluer les options en tenant compte des risques. La prise de décision est menée dans un environnement dynamique et passe par 4 étapes : recueillir l'information; traiter l'information; prendre des décisions; mettre en œuvre les décisions. La prise de décision peut être biaisée si la collecte d'information est incomplète et si l'information recueillie est inexacte. De plus, le traitement de l'information est influencé notamment par des facteurs

⁹⁰ Un arrondi (*flare* en anglais) est la « [m]odification de la trajectoire d'un aéronef destinée à réduire la vitesse de descente en vue de l'atterrissage ». (Source : TERMIUM Plus, la banque de terminologie du gouvernement du Canada, à l'adresse <http://www.btb.termiumplus.gc.ca> [dernière consultation le 4 mai 2020]).

⁹¹ Flight Safety Foundation, *Reducing the Risk of Runway Excursions: Report of the Runway Safety Initiative* (mai 2009), p. 168.

organisationnels et individuels, les circonstances opérationnelles et l'expérience de la personne qui traite l'information. La communication entre les pilotes d'un équipage est critique. Les pilotes doivent se communiquer les renseignements disponibles afin d'avoir une même compréhension de la situation et être en mesure de prendre une décision optimale⁹².

La conscience situationnelle est au cœur de la prise de décision du pilote. La conscience situationnelle est la perception des éléments dans l'environnement, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans le futur⁹³. Dans un environnement dynamique, la conscience situationnelle requiert l'extraction continue d'information, la fusion de cette information avec l'information déjà à disposition afin de se faire une image mentale cohérente, et à partir de là, l'anticipation des événements futurs⁹⁴. Une conscience situationnelle commune^{95, 96} aux pilotes d'un équipage dépend du degré de concordance entre la conscience situationnelle respective de chaque pilote. Des membres d'équipage qui ont une conscience situationnelle commune peuvent anticiper et coordonner leurs actions et ainsi agir avec cohésion et efficacité.

1.18.2.1 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 inappropriée⁹⁷.

Il est établi que plusieurs biais, dont les suivants, ont une incidence sur la façon d'interpréter l'information et d'y prêter attention dans les environnements complexes :

- La tendance à l'anticipation fait que lorsqu'une personne s'attend à une certaine situation, elle risque de ne pas remarquer des signes indiquant que la situation n'est

⁹² Transports Canada, TP 13897, *Prise de décisions du pilote – PDP*, à l'adresse <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp13897-menu-1889.htm> (dernière consultation le 4 mai 2020).

⁹³ M.R. Endsley, « Design and evaluation for situation awareness enhancement » dans *Proceedings of the Human Factors Society: 32nd Annual Meeting* (Santa Monica [Californie] : 1988), p. 97 à 101.

⁹⁴ SKYbrary, « Situational Awareness », à l'adresse https://www.skybrary.aero/index.php/Situational_Awareness (dernière consultation le 4 mai 2020).

⁹⁵ M.R. Endsley, « Toward a theory of situation awareness in dynamic systems », *Human Factors*, vol. 37, n° 1 (1995), p. 32 à 64.

⁹⁶ E. Salas, C. Prince, D.P. Baker, et L. Shrestha, « Situation awareness in team performance: Implications for measurement and training », *Human Factors*, vol. 37, n° 1 (1995), p. 123 à 136.

⁹⁷ M.R. Endsley, « Situation awareness in aviation systems » dans : *Handbook of Aviation Human Factors*, 2^e édition (Boca Raton [Floride] : CRC Press, 2010) p. 12-1 à 12-22.

pas ce qu'elle devrait être. La tendance à l'anticipation est aggravée quand on doit prendre en compte de nouveaux renseignements incomplets et parfois ambigus qui arrivent sporadiquement⁹⁸.

- La tendance à s'en tenir au plan, qui est une forme de biais de confirmation, se décrit comme une [traduction] « tendance profondément enracinée des gens à poursuivre leur plan d'action initial même quand les circonstances changent et requièrent l'adoption d'un nouveau plan⁹⁹ ». Une fois qu'un plan a été établi et mis en œuvre, il devient plus difficile de reconnaître des stimuli ou des conditions dans l'environnement comme étant des indices de changement que lorsqu'aucun plan n'est établi. Pour qu'un pilote reconnaisse qu'un changement de plan s'impose et réagisse à temps, il doit percevoir la condition ou le stimulus comme étant suffisamment important pour agir immédiatement. Cette tendance à s'en tenir au plan devient encore plus forte lorsque la tâche (par exemple, un atterrissage) est sur le point d'être achevée.
- Les personnes ont une capacité limitée d'attention et de traitement de l'information. Par conséquent, elles peuvent tomber dans le piège du « rétrécissement de l'attention » ou de la canalisation. Elles se concentrent sur certains indices dans l'environnement qu'elles tentent de traiter, tout en détournant leur attention, par inadvertance ou intentionnellement, d'autres indices ou tâches. Par exemple, des pilotes dans des conditions de charge de travail élevée peuvent se concentrer sur certains indicateurs, au détriment d'autres¹⁰⁰.

La charge de travail dépend du nombre de tâches à accomplir dans une certaine période de temps. Si le nombre de tâches à accomplir augmente, ou si le temps disponible diminue, la charge de travail augmente. Par conséquent, pour réduire la charge de travail, il faut soit diminuer le nombre de tâches à accomplir, soit augmenter le temps disponible pour les accomplir. La saturation des tâches est une condition où le nombre de tâches à accomplir dans une période de temps donnée excède les capacités des pilotes à les accomplir, et certaines tâches sont alors omises ou reportées.

1.18.2.2 Gestion des ressources de l'équipage

La 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 efficacité¹⁰¹. La CRM met en jeu les compétences, les habiletés, les attitudes, la

⁹⁸ Benjamin A. Berman et R. Key Dismukes, « Pressing the Approach », *Aviation Safety World*, (décembre 2006), p. 31.

⁹⁹ Ibid., p. 28.

¹⁰⁰ J.A. Wise, V.D. Hopkin et D.J. Garland, *Handbook of Aviation Human Factors*, 2^e édition (CRC Press, 19 avril 2016), chapitre 12 : Situation awareness in aviation systems.

¹⁰¹ Transports Canada, *Document d'élaboration et de mise en œuvre du programme avancé de qualification (PAQ)*, à l'adresse <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/normes/commerce-paq-chapitre7-menu-196.htm> (dernière consultation le 4 mai 2020).

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 acquérir et conserver une conscience situationnelle exacte, pour résoudre des problèmes et pour prendre des décisions. Les aptitudes interpersonnelles sont liées aux communications et aux comportements associés au travail d'équipe.

Le 7 janvier 2007, un Beech A100 King Air exploité par Transwest Air (TW350) s'est écrasé suite à une remise des gaz effectuée lors de l'arrondi. Les 4 occupants ont survécu à l'impact et ont réussi à évacuer l'avion. Le commandant de bord a succombé à ses blessures avant l'arrivée des secours. L'avion a été lourdement endommagé par le choc et a été détruit dans l'incendie qui s'est déclaré après l'impact. Dans le cadre de l'enquête sur cet événement (Rapport d'enquête aéronautique A07C0001 du BST), le BST a constaté que des problèmes de CRM avaient contribué à l'accident. De plus, l'enquête a permis de conclure que certains exploitants n'offriront fort probablement pas de formation en CRM si aucune réglementation ne les y oblige. Compte tenu des risques inhérents à l'absence de formation récente en CRM dispensée aux membres d'équipage d'un taxi aérien ou d'un service aérien de navette, en 2009, le BST recommandait que :

le ministère des Transports oblige les exploitants aériens commerciaux à dispenser une formation contemporaine en gestion des ressources de l'équipage (CRM) aux pilotes d'un taxi aérien relevant de la sous-partie 703 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) et aux pilotes d'un service aérien de navette relevant de la sous-partie 704 du RAC.

Recommandation A09-02 du BST

Dans sa dernière réponse à cette recommandation, en décembre 2017, TC a indiqué avoir élaboré de nouvelles normes de formation en CRM à l'intention des exploitants aériens commerciaux assujettis aux sous-parties 702, 703, 704 et 705 du RAC. Ces nouvelles normes de formation sont entrées en vigueur le 31 janvier 2019, et les exploitants aériens concernés devaient les mettre en œuvre au plus tard le 30 septembre 2019¹⁰². Ces nouvelles normes obligent les transporteurs aériens à fournir une formation initiale et annuelle actualisée sur la CRM moderne aux équipages de conduite, aux agents de bord, aux

¹⁰² Transports Canada, Exemption RCN-003-2019, *Exemption de l'application des paragraphes 722.76(24), 723.98(33) – Avions, 723.98(25) – Hélicoptères, 724.115(38) – Avions, 724.115(28) – Hélicoptères et 725.124(39) des Normes de service aérien commercial prises en vertu du paragraphe 702.76(1), du sous-alinéa 702.76(2)d)(vi), du paragraphe 703.98(1), de l'alinéa 703.98(2)d), du paragraphe 704.115(1), de l'alinéa 704.115(2)e), du paragraphe 705.124(1) et de l'alinéa 705.124(2)e) du Règlement de l'aviation canadien* (31 janvier 2019), à l'adresse <https://www.tc.gc.ca/AviationCivile/Servreg/Affaires/exemptions/docs/fr/3174.htm> (dernière consultation le 4 mai 2020).

régulateurs de vols, aux préposés au suivi des vols, aux équipes au sol et au personnel de maintenance.

Le Bureau est d'avis que les mesures en matière de réglementation prises par TC réduiront considérablement les risques liés à la lacune de sécurité visée par la recommandation A09-02 lorsque les nouvelles normes de CRM seront en vigueur. Par conséquent, le Bureau estime que la réponse à la recommandation A09-02 dénote une attention entièrement satisfaisante¹⁰³.

Au moment de l'accident, Strait Air, tout comme les autres exploitants assujettis aux sous-parties 702, 703 et 704 du RAC, n'était pas obligé de fournir une formation en CRM à ses équipages et ne l'avait pas fait.

1.18.2.3 Gestion des menaces et des erreurs

La CRM moderne incorpore la gestion des menaces et des erreurs (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 récupération¹⁰⁴, 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.

L'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001 du BST a révélé que les 2 principaux facteurs sous-jacents qui contribuent aux accidents d'aéronefs exploitant un service de taxi aérien¹⁰⁵ sont : l'acceptation de pratiques non sécuritaires et la gestion inadéquate des dangers opérationnels.

¹⁰³ Bureau de la sécurité des transports du Canada, Recommandation A09-02, Réévaluation de la réponse à la recommandation en matière de formation en gestion des ressources de l'équipage (février 2018), à l'adresse <http://www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2009/rec-a0902.html> (dernière consultation le 4 mai 2020).

¹⁰⁴ 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).

¹⁰⁵ Dans le cadre de cette enquête, un total de 167 rapports d'enquête aéronautique publiés par le BST entre 2000 et 2014 inclusivement ont été examinés.

1.18.2.4 Rapport d'autorité

Le rapport d'autorité renvoie à la hiérarchie décisionnelle entre le commandant de bord et le P/O. Ce rapport se caractérise par plusieurs facteurs, notamment l'expérience de chaque personne et son rang au sein de l'organisation. Un fort rapport d'autorité peut constituer une entrave à la dynamique décisionnelle d'un équipage et peut dissuader le P/O d'exprimer un désaccord en raison de la différence d'âge, d'ancienneté, de culture, de respect de la hiérarchie, d'expérience globale ou d'expérience sur le type d'appareil.

Dans le cas de l'équipage du vol à l'étude, le commandant de bord était le chef pilote de la compagnie et avait 4288 heures de vol à son actif au moment de l'accident. Le P/O avait accumulé 395 heures de vol. De plus, le commandant de bord avait été le pilote formateur du P/O quand ce dernier était arrivé chez Strait Air. Lors de vols antérieurs, le commandant de bord et le copilote avaient fréquemment été jumelés. L'enquête n'a pas relevé de problème de rapport d'autorité entre eux lors de ces vols antérieurs.

1.18.2.5 Assertivité progressive des premiers officiers

Un des outils de communication de la CRM est le modèle PACE (*probing, alerting, challenging et emergency warning*)¹⁰⁶. Le modèle PACE fournit aux pilotes, et plus particulièrement aux P/O, de nombreuses stratégies de communication visant à développer une assertivité progressive naturelle, selon les circonstances qui prévalent à un moment donné. L'assertivité peut être progressive ou immédiate selon le niveau de gravité de la menace.

Le modèle PACE commence par des questions exploratoires précises lorsque la sécurité n'est pas compromise et qu'il y a assez de temps pour poser des questions. Cette étape vise à aider l'équipage à mieux comprendre la situation et à faire coïncider les modèles mentaux, d'une façon non menaçante.

L'étape suivante du processus consiste à avertir l'autre pilote d'une préoccupation. À ce stade, la personne exprime sa préoccupation particulière de façon à s'assurer que l'autre comprend bien ce qui la préoccupe. Il est essentiel d'utiliser un langage direct, sans équivoque, pour s'assurer que l'avertissement est bien compris.

La troisième étape du processus de progression est une déclaration de contestation. La déclaration fournit sans équivoque à l'autre personne une description claire des conséquences liées à la poursuite d'un plan d'action particulier et propose un autre plan d'action à adopter.

La dernière étape est une intervention d'urgence, le P/O prenant les commandes de l'aéronef dans des situations dangereuses ou lorsque le temps presse.

¹⁰⁶ R.O. Besco, « To Intervene or Not To Intervene? The Co-Pilot's Catch 22 », dans les actes du 25^e Séminaire international du forum de l'Association internationale des enquêteurs de la sécurité aérienne, 27, 5, p. 94 à 101.

Même si le modèle PACE fournit de nombreuses stratégies de communication allant de neutres à très impératives, rien n'oblige à commencer au début du modèle si la situation dicte une autre mesure. Le principe sous-jacent de ce modèle est de s'assurer que toutes les parties comprennent la situation et que tout le monde est sur la même longueur d'onde en ce qui concerne le plan d'action proposé.

En fait, le modèle permet à l'organisation de donner au P/O la responsabilité non seulement de prendre la situation en main, mais aussi de prendre les commandes de l'aéronef à la place du commandant si cela s'avère nécessaire.

Idéalement, le modèle doit être encadré par la philosophie de l'entreprise, faire l'objet d'une politique de l'organisation et être mis en œuvre au moyen de procédures adaptées aux besoins de l'exploitant. Des séances de formation pratique sont nécessaires pour renforcer les concepts philosophiques, procéduraux et liés aux politiques, de même que la phraséologie, en les appliquant à des scénarios opérationnels réalistes.

Au moment de l'accident, Strait Air, tout comme bien d'autres exploitants similaires, n'avait pas fourni d'outil d'assertivité à ses équipages, et la réglementation ne l'exigeait pas.

1.18.3 Liste de surveillance du BST

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

1.18.3.1 Sorties en bout de piste

Les sorties en bout de piste figuraient sur la Liste de surveillance en 2018, et elles y figuraient depuis 2010.

Chaque année au Canada, même si des millions de mouvements sont exécutés sans incident sur les pistes d'aéroports, un certain nombre de sorties en bout de piste se produisent durant les atterrissages ou les décollages interrompus. On a dénombré 135 accidents ou incidents avec sortie en bout de piste au Canada entre 2005 et le début d'octobre 2018. En fait, depuis 2013, il se produit en moyenne 9 accidents ou incidents avec sortie en bout de piste chaque année. Des dommages aux aéronefs, des blessures et même des pertes de vie peuvent en découler, et les conséquences peuvent être particulièrement graves en l'absence de RESA adéquate ou de dispositif d'arrêt approprié.

À l'heure actuelle, il n'existe au Canada aucune exigence que les pistes soient conformes aux normes internationales et aux pratiques recommandées relatives aux RESA.

De nombreux aéroports canadiens ne respectent toujours pas la directive de TC préconisant une RESA de 150 m, et la plupart des grands aéroports ne se conforment pas à la pratique recommandée par l'OACI préconisant une RESA de 300 m pour les pistes de plus de 1200 m de longueur¹⁰⁷. Le relief au-delà de l'extrémité de nombreuses pistes au Canada pourrait

¹⁰⁷ Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 14 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, Huitième édition, (juillet 2018), *Aérodromes*, vol. 1.

ainsi, en cas d'accident, contribuer à endommager les aéronefs et à blesser des passagers et des membres d'équipage.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Sans objet.

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 planification et l'exécution du vol, ainsi que sur les questions relatives à la survie des occupants. Finalement, l'analyse se penchera sur les facteurs humains liés aux sorties en bout de piste.

2.1 Planification du vol

Le jour de l'événement, C-GJXF, qui effectuait la série de vols sous l'indicatif NUK107, s'est posé à Sept-Îles (CYZV) (Québec) à 8 h 36 et a redécollé à destination de Havre St-Pierre (CYGV) (Québec) à 10 h 49. Pendant la période au sol à CYZV, le commandant a vérifié les conditions météorologiques pour les vols suivants, alors que le premier officier (P/O) s'occupait des tâches liées à la préparation de l'avion.

2.1.1 Conditions météorologiques au moment de la planification du vol

En raison de la visibilité réduite par les averses de neige dans la région, le commandant a changé l'aéroport de décollage initialement prévu de Natashquan (CYNA) (Québec) pour Gaspé (Michel-Pouliot) (CYGP) (Québec).

Lorsque le commandant a vérifié le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome de CYGV, la visibilité rapportée était de $\frac{3}{4}$ mille terrestre (SM). Même si cette visibilité était inférieure à la visibilité publiée dans le *Canada Air Pilot* (CAP) pour l'approche LOC/DME PISTE 08¹⁰⁸ à CYGV, elle était à la limite de l'interdiction d'approche pour ce vol. Bien qu'il était permis d'entreprendre le vol selon les règles de vol aux instruments, il était raisonnable de s'attendre à la nécessité d'effectuer une remise des gaz ou un déroutement vers l'aéroport de décollage compte tenu des conditions météorologiques prévues à CYGV et dans la région.

2.1.2 Distance d'atterrissage recommandée sur piste contaminée

En fonction du poids de l'appareil, qui était presque à la limite maximale autorisée à l'atterrissage (voir 1.6.1), et des conditions de la piste ayant un coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) de 0,38, la distance recommandée d'atterrissage depuis une hauteur de 50 pieds au seuil de piste était de 2900 pieds (tableau 4). Puisque la piste 08 à CYGV a une longueur de 4498 pieds, l'aéronef disposait d'environ 1600 pieds de piste supplémentaires. En fonction de la vitesse d'approche prévue de 100 nœuds au seuil de piste, il fallait approximativement 9 secondes pour parcourir les 1600 pieds de piste

¹⁰⁸ Approche au radiophare d'alignement de piste (LOC) avec équipement de mesure de distance (DME) de la piste 08.

supplémentaires. Ainsi, le pilote aux commandes (PF) disposait d'environ 9 secondes supplémentaires pour poser l'appareil sur la piste 08 à CYGV après avoir franchi le seuil.

Le commandant avait pris connaissance des conditions de piste avant de décoller de CYZV. De par son expérience, il connaissait les performances d'atterrissage de l'appareil et ne prévoyait aucune difficulté particulière pour se poser à CYGV. Ainsi, aucun calcul précis des performances à l'atterrissage n'a été effectué.

Lors des premières communications avec Madeleine Radio, l'équipage a reçu les conditions de piste à nouveau. Ces dernières étaient identiques aux conditions obtenues par le commandant avant le départ de CYZV.

2.2 Exécution du vol

L'aéronef est parti de CYZV avec 46 minutes de retard, mais le décollage, la montée et le vol en croisière ont été exécutés sans difficulté particulière.

2.2.1 Préparation à l'approche

Généralement, la préparation à l'approche s'effectue en vol de croisière, une fois que l'équipage a reçu les conditions météorologiques les plus récentes et a déterminé la piste en service. Sur les 31 minutes que ce court vol a duré, l'aéronef est resté en vol de croisière pendant 9 minutes seulement. La charge de travail de l'équipage pendant ce court vol était élevée en raison des nombreux appels requis sur différentes fréquences, de l'écoute des renseignements météorologiques sur la fréquence du système automatisé d'observations météorologiques (AWOS) et des préparatifs pour l'approche et l'atterrissage, en plus des tâches requises pendant l'approche et l'atterrissage.

Selon les procédures d'utilisation normalisées (SOP), lors de la préparation à l'approche, le PF revoit, entre autres, la procédure d'approche et la procédure d'approche interrompue. Étant donné que les conditions de piste et météorologiques de l'AWOS avaient été obtenues pendant la descente, il est probable que les préparatifs d'approche n'ont pas été terminés avant l'amorce de la descente.

2.2.2 Conditions météorologiques avant l'atterrissage

À 11 h, soit 11 minutes après le décollage de l'aéronef de CYZV, les conditions météorologiques se sont détériorées à CYGV, où la visibilité est passée à $\frac{3}{8}$ SM par neige modérée. À 11 h 09, une minute après avoir amorcé la descente, la visibilité a diminué à nouveau pour passer à $\frac{1}{4}$ SM par neige forte. À 11 h 10, le pilote qui n'est pas aux commandes et qui surveille les paramètres de vol (PM) a pris connaissance des dernières conditions météorologiques de CYGV sur la fréquence de l'AWOS. Par la suite, le PM a avisé le PF des conditions météorologiques, y compris du fait que la visibilité était de $\frac{1}{4}$ SM par neige forte. La visibilité est demeurée à $\frac{1}{4}$ SM jusqu'à 12 h, soit 40 minutes après l'atterrissage de l'aéronef à CYGV.

2.2.2.1 Conception des approches aux instruments

Lors de la conception de l'approche LOC/DME PISTE 08 à CYGV, la visibilité minimale publiée a été établie à 1 SM. La visibilité minimale représente la visibilité minimale à laquelle le pilote qui se trouve à l'altitude minimale de descente (MDA) en approche devrait être en mesure d'avoir en vue et de maintenir en vue la référence visuelle requise jusqu'à l'atterrissage. Au Canada, cette visibilité n'est publiée dans le CAP qu'à titre indicatif et ne constitue donc pas une limitation d'approche. La limitation d'approche est fonction des règles applicables aux interdictions d'approche qui, elles, varient selon le type d'exploitation (voir 1.8.1.2 et 2.2.2.2). Dans tous les cas, cette limitation d'approche est inférieure à la visibilité minimale établie lors de la conception de l'approche. Par conséquent, il est probable, qu'une fois à la MDA, les pilotes ne soient pas en mesure d'acquérir la référence visuelle requise, référence permettant d'effectuer un atterrissage sécuritaire.

2.2.2.2 Interdiction d'approche et visibilité opérationnelle d'aérodrome

Ailleurs qu'au Canada, il est interdit d'effectuer une approche si la visibilité rapportée est inférieure à la visibilité indiquée sur la carte d'approche utilisée. Par conséquent, le contrôle de la circulation aérienne n'autorisera pas un aéronef à effectuer une approche si, selon les conditions météorologiques, la visibilité est inférieure aux limites publiées sur la carte d'approche. Toutefois, au Canada, la décision de se conformer ou non à l'interdiction d'approche revient uniquement et entièrement au commandant. Bien que Transports Canada (TC) puisse prendre des mesures d'application de la loi plus tard, au moment où le commandant effectue l'approche, rien ne l'empêche de poursuivre l'approche et l'atterrissage sous les minimums.

Au Canada, les nombreuses règles, conditions et exceptions liées à l'interdiction d'approche sont publiées dans le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) et dans la section « Minimums opérationnels » du CAP. La visibilité entraînant une interdiction d'approche est différente pour les exploitants privés, les exploitants commerciaux et les exploitants commerciaux qui détiennent la spécification d'exploitation 019. Ainsi, en fonction de la visibilité publiée dans le CAP pour l'approche utilisée, un ratio différent est appliqué pour obtenir la limite de l'interdiction pour un vol donné.

Chaque aérodrome établit une limite de visibilité opérationnelle applicable aux manœuvres au sol et aux décollages, qui n'a rien à voir avec l'interdiction d'approche. Cette limite n'est pas publiée au même endroit que la visibilité publiée pour l'approche utilisée. Elle est publiée dans le *Supplément de vol – Canada* (CFS), dans la section sur les pistes. Si la limite de visibilité opérationnelle d'un aérodrome n'est pas publiée dans le CFS, les opérations ne sont pas autorisées quand la visibilité est inférieure à ½ SM. Pour déterminer si l'approche est permise, il faut consulter la carte d'approche (dans le CAP) et les critères d'interdiction d'approche (section Généralités du CAP). Ensuite, il faut consulter la section sur les pistes dans le CFS pour déterminer si les manœuvres au sol sont autorisées lorsque la visibilité est inférieure à ½ SM. Enfin, dans certains cas, bien que l'approche soit autorisée pour certains

exploitants quand la visibilité est inférieure à ½ SM en vertu des conditions d'interdiction d'approche, la visibilité opérationnelle d'aérodrome ne permet pas de manœuvres au sol.

Dans l'événement à l'étude, la visibilité opérationnelle publiée de CYGV est de ¼ SM, et la visibilité publiée dans le CAP pour l'approche LOC/DME PISTE 08 est de 1 SM. Toutefois, la visibilité minimale aux fins d'interdiction d'approche est fixée à ¼ SM pour un exploitant privé et à ¾ SM pour un exploitant commercial comme Strait Air, mais à ½ SM pour un exploitant commercial qui détient la spécification d'exploitation 019. Ainsi, il est raisonnable de conclure que les limites de visibilité liées aux opérations aux aéroports canadiens ne sont pas très claires et que les nombreuses conditions et exceptions augmentent le risque d'interprétation erronée par les équipages. Si TC ne simplifie pas les minimums opérationnels d'approche et d'atterrissage, les équipages de conduite risquent de poursuivre une approche qui est en réalité interdite, ce qui augmente le risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA), dont les sorties en bout de piste.

Ni le contrôle de la circulation aérienne, ni le service consultatif de vol, ni l'exploitant d'un aérodrome ne connaissent avec certitude le type d'exploitation de l'aéronef en approche, ni ne savent s'il détient la spécification d'exploitation 019. Par conséquent, il leur est impossible de déterminer quelles limites de visibilité aux fins de l'interdiction d'approche s'appliquent à un aéronef qui exécute une approche aux instruments et ainsi d'aviser les pilotes si l'approche est interdite dans les conditions du moment. Il incombe donc au commandant d'interpréter l'interdiction d'approche, et à lui seul de décider s'il poursuit l'approche. Ainsi, les pilotes peuvent poursuivre une approche sans tenir compte des limites relatives à l'interdiction d'approche, ce qui augmente le risque d'ALA.

Le vol faisant l'objet de la présente enquête étant un vol commercial effectué sans la spécification d'exploitation 019, l'interdiction d'approche était fixée aux ¾ de la visibilité de 1 SM publiée dans le CAP pour l'approche LOC/DME PISTE 08 à CYGV. Ainsi, la visibilité minimale aux fins de l'interdiction d'approche était de ¾ SM pour ce vol. Puisque la visibilité rapportée à CYGV était de ¼ SM, l'aéronef n'était pas autorisé à poursuivre l'approche au-delà du repère d'approche finale (FAF) ALKOV en rapprochement. Toutefois, lors du vol, le commandant croyait, à tort, que l'exception applicable à la visibilité opérationnelle de l'aérodrome concernant la visibilité rapportée par l'AWOS pouvait s'appliquer à l'interdiction d'approche. Ainsi, il croyait que la visibilité de l'AWOS n'était pas limitative pour cette approche. Par conséquent, le commandant a poursuivi l'approche au-delà du FAF alors que la visibilité rapportée était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche, ce qui a contribué à cet ALA, en l'occurrence, la sortie de piste.

Le PM était conscient que selon les conditions météorologiques, la visibilité était inférieure aux minimums de l'approche publiée dans le CAP. Toutefois, il ne comprenait pas tous les détails nébuleux liés à l'interdiction d'approche pour ce vol commercial effectué sans la spécification d'exploitation 019. Étant incertain de l'application de l'interdiction d'approche, il n'a pas remis en question la décision du commandant de poursuivre l'approche. Ainsi, cet écart de compréhension des limites de visibilité applicables à cette approche n'a pas été discuté ni résolu avant l'atterrissage.

Puisque l'interdiction n'a pu empêcher l'approche et l'atterrissage alors que la visibilité était bien inférieure ($\frac{1}{4}$ SM au lieu de $\frac{3}{4}$ SM) à l'interdiction d'approche applicable à ce vol, il est raisonnable de conclure que l'interdiction d'approche actuelle au Canada ne constitue pas une défense efficace contre les approches et les atterrissages dans des conditions de visibilité inférieure aux minimums.

Entre décembre 2006¹⁰⁹ et décembre 2019, 31 événements sont survenus à la suite d'approches exécutées sous la MDA avec peu de références visuelles. Dix-sept de ces 31 événements sont survenus lors d'atterrissages en conditions météorologiques où la visibilité était *inférieure* à la visibilité publiée sur la carte d'approche¹¹⁰.

Par ailleurs, cette situation persiste encore, car 9 de ces 17 événements se sont produits au cours des 5 dernières années.

2.2.3 L'approche

Après avoir intercepté la trajectoire d'approche finale, l'équipage a allumé l'ensemble du balisage lumineux (balisage de piste, balisage lumineux d'approche omnidirectionnel [ODALS] et indicateurs de trajectoire d'approche de précision [PAPI]) à haute intensité par l'intermédiaire du balisage lumineux d'aérodrome télécommandé. Toutefois, au moment où l'appareil s'approchait de la MDA, une série de 6 clics très rapides ont été entendus sur la fréquence, ce qui a réduit le balisage lumineux à l'intensité moyenne (30 %).

La liste de vérification avant l'atterrissage avait été exécutée avant le FAF ALKOV. À ce moment-là, conformément aux SOP de Strait Air, les volets et le régime des hélices n'étaient pas encore réglés pour l'atterrissage. Selon les SOP, l'appareil doit être configuré pour l'atterrissage lorsque la décision d'atterrir a été prise, soit dans ce cas-ci, à la MDA.

2.2.3.1 Référence visuelle requise – poursuite de la descente au-dessous de l'altitude minimale de descente

Toujours selon les SOP, lorsque l'appareil atteint la MDA, le PM doit faire des annonces précises en fonction de ce qu'il voit. Le PF doit répondre par des annonces précises selon la situation : demander une remise des gaz et amorcer la manœuvre, ou confirmer l'atterrissage et demander les pleins volets et les hélices au petit pas en préparation pour l'atterrissage. Après avoir exécuté ces actions, le PM confirme la vitesse cible, soit la vitesse de référence de 100 nœuds pour ce vol. Le PF ne peut poursuivre la descente au-dessous de la MDA que s'il a la référence visuelle requise en vue et ne peut atterrir que s'il peut la maintenir jusqu'à l'atterrissage.

Lorsque l'aéronef a atteint la MDA, le PM n'avait aucun contact visuel et a fait les annonces normalisées des SOP « MINIMUM, PAS DE CONTACT ». À ce moment-là, l'aéronef était sur la

¹⁰⁹ Date d'entrée en vigueur de la réglementation sur les minimums d'atterrissage (article 602.128 du RAC) et de l'interdiction d'approche (article 602.129 du RAC).

¹¹⁰ À la suite de ces 17 événements, le BST a publié les rapports d'enquête aéronautique suivants : A08W0237, A08O0333, A09Q0203, A12Q0216, A14A0067, A15O0015, A15H0002, A16A0041 et A18Q0030.

penne optimale de descente de 3°, se trouvait à 0,85 SM du seuil de la piste 08, et la visibilité rapportée au sol était de ¼ SM. Bien que le PF, de son point de vue, ait pu avoir *une* des références visuelles requises possibles pour poursuivre l'approche, quelques secondes plus tard, le PM n'avait toujours aucun contact visuel et a demandé au PF si une remise des gaz devait être effectuée. À ce moment-là, le PF (et commandant) a répondu qu'il avait un contact visuel et a poursuivi la descente au-dessous de la MDA, sans faire les annonces des SOP qui confirment l'atterrissage et qui demandent la configuration de l'avion pour l'atterrissage.

Les volets sont ainsi restés à la position d'approche (30 %), et la vitesse de l'appareil n'a pas été réduite à la vitesse de référence de 100 nœuds, ce qui a augmenté de plus de 25 % la distance d'atterrissage, qui est alors passée à environ 3700 pieds (tableau 4).

À cet instant, le modèle mental du PM reposait sur la nécessité de remettre les gaz, tandis que celui du PF consistait à poursuivre l'approche et l'atterrissage. Ainsi, l'équipage n'avait plus une conscience commune de la situation, et le PM était incertain des intentions du PF, mis à part l'intention de poursuivre l'approche. Si les membres d'équipage de conduite n'ont pas une conscience situationnelle commune, ils ne peuvent ni anticiper ni coordonner leurs actions, ce qui augmente le risque d'ALA. À mesure que l'approche s'est poursuivie, les pilotes n'ont pas réussi à communiquer efficacement ce que chacun d'eux percevait, comprenait et prévoyait quant à la position de l'avion pour la suite de l'approche en vue de l'atterrissage.

2.2.4 L'atterrissage

2.2.4.1 Référence visuelle requise – poursuite de l'atterrissage

Lors de l'événement, l'équipage de conduite aurait pu avoir comme aides visuelles l'ODALS, les feux de piste et les feux du PAPI. Bien que le PAPI soit *une* des références visuelles requises possibles pour poursuivre l'approche au-dessous de la MDA, dans sa définition de la référence visuelle requise, le RAC exige que le pilote ait suffisamment de références visuelles pour lui permettre « d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de position en vue de continuer l'approche et de compléter l'atterrissage¹¹¹ ». Sinon, le pilote doit effectuer une approche interrompue.

En réalité, il est improbable qu'un équipage n'ayant en vue que le PAPI soit en mesure d'effectuer un atterrissage en toute sécurité étant donné que ces feux sont décalés par rapport à la piste et sur la gauche. L'équipage devrait avoir au moins une autre référence visuelle associée à la piste une fois passé le PAPI.

Dans l'événement à l'étude, après le franchissement du PAPI, l'équipage n'a plus vu la piste ni le balisage lumineux de piste pendant un bref instant. L'équipage a ensuite aperçu une petite section de piste asphaltée d'environ 20 pieds de longueur sur 4 pieds de largeur, légèrement à droite de la trajectoire de l'aéronef. Même si l'équipage ne voyait toujours

¹¹¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 101.01(1).

aucun feu de piste, et que le PF ne voyait toujours pas le reste de la piste, ce dernier a aligné l'appareil en direction de cette section d'asphalte.

L'équipage n'avait que peu de repères visuels pour déterminer avec exactitude la position de l'aéronef par rapport au début et au bout de piste. Ainsi, la manœuvre déjà complexe consistant à aligner l'aéronef au-dessus de la piste a été rendue encore plus difficile par la visibilité réduite à $\frac{1}{4}$ SM en raison des fortes averses de neige et du relief avoisinant recouvert de neige, par la piste complètement recouverte de neige et par le balisage lumineux alors réduit à l'intensité moyenne, soit 30 %.

Par ailleurs, au moment où le PF effectuait cette manœuvre d'alignement en direction de la section d'asphalte visible, sa charge de travail était très élevée. Il a canalisé son attention sur l'exécution de la manœuvre et s'est concentré sur certains indicateurs, au détriment d'autres. Sa conscience situationnelle s'est rapidement dégradée, et il a perdu la notion du temps et n'a plus pensé à la configuration de l'appareil (voir 2.4.3.2.2).

Le biais cognitif que constitue la tendance à s'en tenir au plan étant plus forte lorsque la tâche est sur le point d'être achevée, il devient de plus en plus difficile pour le pilote de changer de plan et d'effectuer une remise des gaz. Par conséquent, si les pilotes poursuivent une approche sous la MDA avec une seule référence visuelle, ils risquent de continuer l'atterrissage alors qu'ils n'ont pas acquis les références visuelles supplémentaires requises pour atterrir en toute sécurité. Cette question de la poursuite de l'approche sous la MDA avec peu de références visuelles est d'ailleurs ressortie à plusieurs reprises dans les rapports d'enquête aéronautique du BST.

2.2.5 Sortie en bout de piste

Pendant la manœuvre d'alignement, l'aéronef a dépassé la petite section d'asphalte visible et s'est retrouvé à mi-piste, où il ne lui restait donc que 2250 pieds pour se poser (figure 7). À ce moment-là, il était probable qu'il fasse une sortie en bout de piste puisque la distance de roulement au sol recommandée avec les volets à F30 % et un CRFI de 0,38 était estimée à 2250 pieds.

Lors de l'approche, le balisage lumineux de piste avait été réduit à l'intensité moyenne, soit à 30 % du maximum, ce qui diminuait la probabilité d'acquiescer la référence visuelle requise pour effectuer l'atterrissage sur la piste. De plus, la faible visibilité combinée à l'état de la piste et à l'environnement n'offrait pas suffisamment de contraste visuel pour permettre aux pilotes de discerner la surface de la piste. Malgré cela, le commandant a poursuivi la séquence d'atterrissage sans voir ni connaître la longueur de piste restant devant lui et sans pouvoir évaluer avec précision la position de l'avion. Par conséquent, l'appareil s'est posé à environ 3800 pieds après le seuil, soit à 700 pieds de l'extrémité de la piste, et a terminé sa course 220 pieds au-delà de la piste, dans un banc de neige.

2.3 Questions relatives à la survie des occupants

2.3.1 Exposé de sécurité donné aux passagers avant l'atterrissage

Lors de ce court vol, une passagère avait détaché sa ceinture après le décollage et avait omis de la rattacher avant l'atterrissage; elle a subi des blessures légères. Il est toujours préférable que les passagers gardent leur ceinture attachée en vol afin de réduire le risque de blessure en cas de turbulence. Les SOP requièrent qu'un exposé de sécurité soit donné aux passagers avant la descente. Toutefois, en raison de la courte période en vol de croisière et de la charge de travail élevée au moment de la descente, cet exposé n'a pas été donné. Si un exposé de sécurité n'est pas donné aux passagers avant l'atterrissage pour leur rappeler d'attacher leur ceinture, certains d'entre eux risquent de ne pas l'attacher avant l'atterrissage, ce qui augmente le risque de blessure en cas d'accident.

2.3.2 Ceintures-baudriers

Des études menées aux États-Unis et au Canada sur la protection des occupants de petits aéronefs en cas d'accident indiquent que les probabilités de survie aux forces d'impact sont considérablement plus élevées lorsqu'un dispositif de retenue du torse est utilisé (voir 1.15.2). Bien que les forces de décélération n'aient pas nui aux chances de survie des occupants dans l'événement à l'étude, une des blessures mineures subie par un passager a été attribuée au choc de son torse contre une partie fixe de l'appareil. Si les sièges passagers installés à bord d'aéronefs légers ne sont pas munis de ceintures-baudriers, les passagers sont exposés à un plus grand risque de blessure plus ou moins grave, voire mortelle, en cas d'accident.

2.3.3 Plan de mesures d'urgence de l'aéroport de Havre St-Pierre

Après l'immobilisation de l'appareil, le commandant a indiqué à Madeleine Radio qu'il n'avait pas besoin d'assistance. Le centre d'appels 9-1-1 n'a donc pas été contacté à ce moment-là. Par conséquent, le service de protection contre les incendies n'a pas été contacté non plus pour sécuriser le site de l'accident. Cependant, lorsqu'un accident se produit à un aéroport, il incombe au personnel de l'aéroport d'enclencher les procédures du plan de mesures d'urgence et d'évaluer si toutes les mesures sont nécessaires, et ce, après avoir établi l'état des passagers et après avoir sécurisé le site de l'accident. Si l'exécution du plan de mesures d'urgence de l'aéroport est interrompue et que le service de protection contre les incendies n'est pas appelé rapidement pour sécuriser le lieu de l'accident, il existe un risque de blessure pour les personnes sur le lieu de l'accident et de dommages aux installations aéroportuaires et à l'environnement.

2.3.4 Aire de sécurité d'extrémité de piste

La piste 08/26 à CYGV a été conçue et certifiée en vertu des normes et pratiques recommandées pour les aérodromes précisées dans la 4^e édition du TP 312. Elle comprend une bande de 60 m de longueur s'étendant en amont du seuil de la piste et au-delà de l'extrémité de la piste. La version révisée du TP 312, soit la 5^e édition, requiert désormais

une aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA) d'une longueur minimale de 150 m pour les pistes de plus de 1200 m. Toutefois, en vertu de l'article 302.07 du RAC, communément appelé « la clause des droits acquis », CYGV n'est pas tenu de respecter ces nouvelles normes relatives aux RESA.

Les sorties en bout de piste peuvent entraîner des dommages aux aéronefs, des blessures, voire des pertes de vie, et avoir des conséquences particulièrement graves en l'absence de RESA adéquate ou de dispositif d'arrêt approprié (voir 1.18.3.2).

Dans l'événement à l'étude, l'aéronef a dépassé le bout de la piste et la bande de piste de 60 m pour ensuite aller percuter un banc de neige, qui l'a arrêté. L'appareil a subi des dommages importants, notamment au train d'atterrissage qui s'est affaissé vers l'arrière. La moitié des passagers ont subi des blessures légères. Sans le banc de neige, l'avion aurait poursuivi sa course dans un fossé, ce qui aurait pu causer des blessures graves aux occupants. Si les pistes d'une longueur de 1200 m ou plus ne sont pas pourvues d'une RESA d'au moins 150 m ou d'un autre dispositif d'arrêt des aéronefs offrant un niveau de sécurité équivalent, il existe un risque de blessure pour les occupants d'aéronefs en cas de sortie en bout de piste.

2.3.5 **Déneigement et fermeture de la piste**

Puisque durant la journée de l'événement les conditions météorologiques se détérioraient et que les averses de neige devenaient de plus en plus fortes, les opérations de déneigement se sont poursuivies de façon continue à CYGV. Selon le plan de déneigement de CYGV, plusieurs critères peuvent être utilisés pour déterminer si une piste doit être fermée, notamment la présence de congères dépassant une hauteur de 30 pouces, une largeur de piste utilisable par les aéronefs inférieure à 100 pieds ou un CRFI inférieur à 0,15.

Au moment de l'atterrissage de l'aéronef à CYGV, la piste 08 était dégagée sur une largeur de 80 pieds et bordée par des congères d'une hauteur de 30 pouces (à la limite de la hauteur admissible), ce qui signifiait que la largeur utilisable était inférieure à 100 pieds. La fermeture de la piste n'étant pas obligatoire lorsqu'un seul des critères du plan de déneigement est dépassé, la piste est restée ouverte. Si les exploitants d'aéroport ne sont pas tenus de fermer une piste lorsque la limite d'un critère du plan de déneigement est dépassée, le risque de sortie de piste est plus grand.

2.4 **Facteurs humains liés aux sorties en bout de piste**

2.4.1 **Généralités**

Afin de mieux comprendre les choix et les décisions du commandant, il est important de se pencher sur le contexte du vol à l'étude, et plus globalement des vols de taxi aérien régis par la sous-partie 703 du RAC. Les exploitants de taxi aérien disposent généralement de moins de moyens pour le soutien opérationnel que les lignes aériennes, qui ont des politiques et des procédures précises et des répartiteurs pour planifier les vols. De plus, les vols des lignes aériennes sont généralement effectués au départ et à destination de grands centres

offrant du soutien en vol et au sol. Le commandant de l'aéronef en cause dans l'événement devait à lui seul gérer la planification et l'exécution de tous ses vols, et ce, avec peu de soutien ou de supervision.

Plusieurs des facteurs de risque de sortie de piste relevés par la Flight Safety Foundation (FSF)¹¹² existaient au moment de la planification du vol : la visibilité à CYGV était aux minimums d'approche, dans des conditions d'averses de neige; la piste était recouverte de neige; il y avait des congères de 30 pouces de hauteur; le CRFI était de 0,38. Au cours du vol, les averses de neige se sont intensifiées, réduisant la visibilité à ¼ SM, et réduisant aussi par là même la probabilité d'un atterrissage à CYGV comme prévu. En se fondant sur ses connaissances et ses compétences, le commandant a fait, seul, la planification du vol et a décidé, seul, comment gérer les risques. Rien n'indique que la compagnie avait exercé une pression sur l'équipage pour qu'il se pose à CYGV, ni que l'équipage avait ses propres pressions.

2.4.2 Gestion des ressources de l'équipage

L'efficacité de la gestion des ressources de l'équipage (CRM) repose en grande partie sur les compétences cognitives et interpersonnelles du commandant pour gérer le vol. La formation en CRM est un outil indispensable pour aider les pilotes à gérer et à coordonner les tâches de l'équipage, les enjeux et menaces et la prise de décision. En janvier 2019, TC a publié une nouvelle norme (voir 1.18.2.2) obligeant les exploitants de taxi aérien comme Strait Air à fournir une formation moderne en CRM à son personnel au plus tard le 30 septembre 2019. Pour être efficace et pour qu'elle aide les pilotes à prendre les bonnes décisions, cette formation doit être pertinente et faire l'objet d'une évaluation et d'une surveillance. De plus, elle doit s'inscrire dans une culture d'entreprise qui normalise les décisions sécuritaires et n'accepte pas les pratiques non sécuritaires.

2.4.2.1 Gestion des menaces et des erreurs

La gestion des menaces et des erreurs (TEM) repose sur l'anticipation, la détection et la correction des menaces et des erreurs. En pratique, elle se fait par la préparation et l'adaptation de plans d'action communs (par exemple, avant le départ et lors de la préparation à l'approche) pour que les membres d'équipage aient la même conscience de la situation.

Dans le vol à l'étude, les menaces avant le départ étaient liées à la présence d'altocumulus castellanus indiquée dans la prévision de zone graphique. Ce type de nuage est, en effet, un signe précurseur d'une masse d'air instable pouvant mener à une dégradation des conditions météorologiques, en particulier de la visibilité en raison d'averses de neige. D'ailleurs, après avoir pris connaissance de ces prévisions et de la réduction de la visibilité attendue, le commandant a changé l'aéroport de décollage pour le vol à destination de CYGV. Puisque l'aéronef transportait une quantité de carburant supérieure aux minimums

¹¹² Flight Safety Foundation, *Reducing the Risk of Runway Excursions: Report of the Runway Safety Initiative* (mai 2009), p. 157 à 160.

réglementaires, il n'était pas tenu de se rendre immédiatement à son aéroport de décollage au cas où il serait impossible de se poser à CYGV. Le commandant avait peut-être un plan d'action pour les vols de la journée, mais il n'en a pas discuté avec le P/O, qui n'a donc pas été avisé du changement d'aéroport de décollage.

Par la suite, la visibilité a diminué à nouveau et a atteint les minimums de l'interdiction d'approche à CYGV, ce qui a rendu l'atterrissage à CYGV encore plus improbable. Par ailleurs, si l'aéronef se posait à CYGV, le départ suivant serait retardé en raison de l'accumulation de neige sur l'appareil.

Puisqu'il neigeait à CYGV pendant les opérations de déneigement, la piste recouverte de neige pouvait être difficile à discerner, d'autant plus que les alentours immédiats et le relief avoisinant étaient eux aussi recouverts de neige. La présence de congères de 30 pouces de hauteur risquait par ailleurs de masquer les feux de piste et de rendre la piste encore plus difficile à voir. Enfin, en raison du CRFI de 0,38, la distance d'atterrissage depuis une hauteur de 50 pieds passait de 2100 à 2900 pieds.

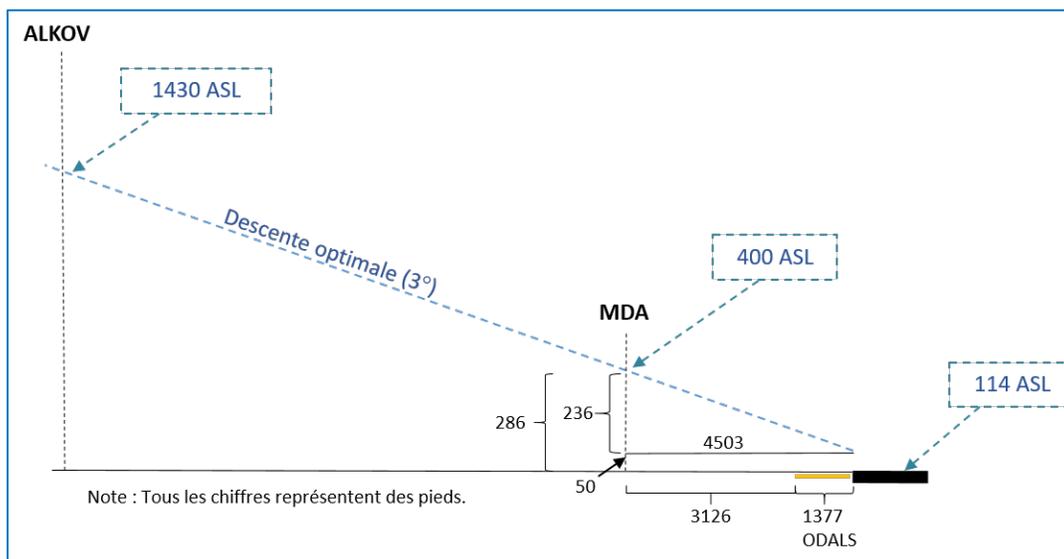
2.4.2.1.1 Coordination de l'équipage et conscience de la situation

Les membres d'équipage doivent avoir un plan commun et une connaissance de la situation commune pour pouvoir agir en fonction des risques, menaces et enjeux à gérer. La planification du vol à l'étude avait été faite conformément aux SOP, qui n'exigeaient pas, selon l'attribution des tâches pré-vol, la participation directe du P/O. Par conséquent, ce dernier n'était pas au courant du fait que les conditions météorologiques se trouvaient aux minimums de l'interdiction d'approche, du changement d'aéroport de décollage, de la quantité de carburant à bord, des conditions de piste, ni du dégivrage qui serait requis au sol à CYGV. Il avait ainsi une conscience situationnelle différente de celle du commandant.

Quand l'aéronef était en descente, la charge de travail de l'équipage était élevée : le PM écoutait la transmission des conditions météorologiques sur la fréquence de l'AWOS et les notait, pendant que le PF se tenait à l'écoute sur la fréquence obligatoire avec Madeleine Radio.

Puisque l'aéronef allait effectuer la descente en approche finale sur une pente de descente optimale de 3° se terminant au seuil de la piste à une hauteur d'approximativement 50 pieds, il allait se trouver à environ 4500 pieds du seuil de la piste 08 en atteignant la MDA. L'ODALS ayant une longueur de 1377 pieds (419,8 m), l'aéronef allait donc se trouver à environ 3100 pieds du premier feu du balisage d'approche (figure 12).

Figure 12. Distance du seuil et du balisage lumineux d'approche omnidirectionnel à l'altitude minimale de descente (Source : BST)



Puisqu'une visibilité de $\frac{1}{4}$ SM correspond à 1320 pieds, il était improbable que l'équipage puisse acquérir les références visuelles requises à la MDA. La piste et les alentours de la piste étant recouverts de neige, la surface de la piste elle-même allait être difficile à discerner, ce qui réduisait encore la probabilité d'un atterrissage en toute sécurité à CYGV.

Par ailleurs, même si l'atterrissage à CYGV était réussi, l'appareil serait rapidement recouvert de neige. Le départ de CYZV ayant été retardé en raison de l'accumulation de neige sur l'avion, il était raisonnable de prévoir un retard au sol à CYGV, où de fortes averses de neige tombaient à ce moment-là. Strait Air ne disposait pas de hangar à CYGV et n'était pas autorisé à effectuer l'antigivrage de ses aéronefs au sol. Ainsi, l'aéronef ne pourrait pas décoller dans ces conditions de fortes averses de neige, puisqu'il n'était pas possible d'enlever la neige de l'avion, et ensuite de circuler au sol pour se rendre à la piste de décollage sans que la neige adhère à la surface des ailes (voir 1.17.1.3). Ainsi, il était impératif de revoir le plan initial qui prévoyait un atterrissage à CYGV, d'autant plus que la quantité de carburant à bord était supérieure au minimum requis par la réglementation et permettait donc d'aller jusqu'à la destination suivante prévue, La Romaine (CTT5) (Québec), avant d'avoir à se rendre à l'aéroport de dégivrage (CYGP).

L'équipage ayant de nombreuses tâches à exécuter pour effectuer l'approche directement vers la piste 08, il disposait de peu de temps pour revoir le plan initial en fonction des conditions qui venaient de changer. Il est probable que l'équipage est arrivé à saturation, qu'il a effectué les tâches pressantes par ordre de priorité, et qu'il n'a plus eu le temps de voir quelles conséquences l'augmentation de l'intensité des précipitations et la diminution de la visibilité auraient sur l'atterrissage à CYGV. Ainsi, les enjeux et menaces associés à un atterrissage par faible visibilité, dans des conditions de fortes averses de neige et sur une piste contaminée, n'ont pas été gérés conjointement entre les membres de l'équipage de conduite, ce qui a augmenté le risque d'un ALA.

L'exposé d'approche prévu dans les SOP de Strait Air inclut, dans le cadre de la préparation à l'approche, une revue de la carte d'approche, mais pas l'établissement de la visibilité minimale de l'interdiction d'approche. Il est fait mention par ailleurs de la contamination de la piste, mais pas de la question du point de poser des roues ni de la nécessité d'effectuer une remise des gaz si ce point est dépassé. Si les exposés d'approche des SOP ne couvrent pas tous les éléments limitatifs pour l'approche, les pilotes risquent d'effectuer une approche hors des limites établies, ce qui augmente le risque d'ALA.

2.4.2.1.2 Préparation à la remise des gaz

Dans le rapport d'un projet de recherche sur la décision et l'exécution d'une remise des gaz, la FSF indique que le fait de ne pas prendre la décision de remettre les gaz lorsque celle-ci devient nécessaire est la principale cause de sortie de piste à l'atterrissage. La remise des gaz étant une des dernières défenses, et la principale défense, contre les ALA, il est essentiel de s'y préparer.

Lors de la préparation à l'approche, le commandant n'a pas discuté avec le P/O de la forte probabilité d'avoir à exécuter une remise des gaz. Ainsi, il n'a pas revu les tâches associées à cette manœuvre, qui n'est pas exécutée souvent mais qui doit être exécutée sans hésitation. Si les pilotes ne sont pas bien préparés à exécuter une remise des gaz à chaque approche, ils risquent de ne pas être prêts à réagir immédiatement au moment où cette manœuvre devient impérative, ce qui augmente le risque d'ALA.

2.4.2.1.3 Performances à l'atterrissage et zone de poser des roues sur la piste

Le commandant n'a effectué aucun calcul précis pour déterminer la distance requise pour atterrir sur la piste 08 à CYGV, piste dont le CRFI était de 0,38. Il a déterminé, en se fondant sur son expérience, que l'atterrissage de cet appareil sur une piste enneigée de 4500 pieds ne présentait pas de difficultés particulières. Cependant, sans calculs précis, ces connaissances ne suffisaient pas pour avoir une mesure quantitative de la marge dont l'équipage disposait pour effectuer l'atterrissage. Ainsi, le P/O n'était pas en mesure de surveiller la progression de l'atterrissage en cours en fonction d'une distance connue afin d'aviser le PF en cas d'écart ou de changement important. Par exemple, pendant l'atterrissage, le P/O, sans avoir de mesures précises, était conscient que l'appareil était environ à mi-piste (2250 pieds) alors qu'il n'était pas encore au sol, mais il ne disposait pas des données nécessaires pour évaluer la progression de cet atterrissage. Selon les calculs de distance d'atterrissage (tableau 4), l'aéronef avait besoin de 1750 pieds pour le roulement au sol et l'arrêt complet à la suite d'une approche et d'un atterrissage avec les volets à 100 %. Ainsi, même sans tenir compte du fait que les volets n'étaient pas à 100 %, l'aéronef devait se poser dans les 3 secondes qui suivaient¹¹³ pour éviter de faire une sortie en bout de piste.

¹¹³ Marge = 2250 – 1750 = 500 / 169 pieds par seconde à 100 nœuds = 2,96 secondes.

2.4.2.2 Procédures d'utilisation normalisées et recommandations de la Federal Aviation Administration et de la Flight Safety Foundation

Les SOP ne sont pas seulement des lignes directrices sur l'utilisation des aéronefs, elles sont reconnues mondialement comme étant à la base de la sécurité aérienne, comme formant un cadre permettant la mise en application des concepts de CRM et de TEM. Les SOP constituent la référence pour la normalisation des équipages, et elles établissent le milieu de travail requis pour une bonne CRM en aidant les membres d'un équipage à maintenir une conscience situationnelle commune. Entre 1999 et 2019, les SOP sont ressorties dans 113 faits établis quant aux causes, aux facteurs contributifs ou aux risques dans les rapports d'enquête aéronautique du BST. Les lacunes identifiées sont principalement liées à l'absence de directives précises, aux divergences dans les procédures et à la déviation par rapport aux procédures.

Puisque les déviations par rapport aux SOP sont une des causes principales d'ALA, il est impératif que ces SOP soient élaborées et mises à jour régulièrement de façon à encadrer le mieux possible le travail des équipages. Les SOP doivent aussi reposer sur des politiques claires, qui définissent le rôle et les responsabilités du P/O et lui fournissent les outils d'assertivité nécessaires pour exprimer ses inquiétudes en situation dangereuse.

Même si les SOP de Strait Air étaient conformes aux exigences du RAC du point de vue de la forme, leur efficacité n'avait pas été évaluée par TC. Les principes de CRM n'y étaient pas pleinement intégrés, et à plusieurs reprises, les procédures n'étaient pas associées à des politiques obligatoires et laissaient place à une interprétation de la part du pilote, qui devait s'en remettre à son jugement. Ainsi, lorsque le PF a dévié des SOP, le PM a dû improviser la suggestion de remettre les gaz, qui a été refusée. À partir de ce moment-là, les membres d'équipage ont perdu leur conscience commune de la situation. La déviation par rapport aux SOP à un moment critique du vol a été source de confusion entre les membres d'équipage, si bien que l'appareil n'a pas été configuré pour l'atterrissage, ce qui a augmenté la distance d'atterrissage et en particulier le risque de sortie en bout de piste.

En 2014, la Federal Aviation Administration (FAA) a publié un document visant à assurer aux pilotes et aux exploitants des moyens de déterminer, comprendre et atténuer les risques associés aux sorties en bout de piste à l'atterrissage, grâce à l'élaboration de SOP précises (voir 1.18.1.1). Dans le cadre de la présente enquête, il apparaît que plusieurs faits établis quant aux risques sont liés à des ambiguïtés ou des lacunes des SOP.

La FSF a aussi émis plusieurs recommandations en faveur, entre autres, de politiques et de SOP précises pour réduire les risques de sortie en bout de piste. Certaines de ces recommandations visent spécifiquement les enjeux et menaces présents dans le vol à l'étude, comme la publication de données et de procédures pour les atterrissages sur piste contaminée, l'élaboration d'une politique liée à la préparation et à l'engagement à effectuer une remise des gaz afin de décourager les manœuvres dangereuses à l'atterrissage, et l'élaboration d'une politique qui interdit les atterrissages au-delà de la zone de poser (TDZ). Strait Air n'avait cependant pas incorporé ces recommandations dans ses opérations, et rien ne l'exigeait.

2.4.2.2.1 Absence d'enregistreur de conversations de poste de pilotage

L'absence d'enregistreur de conversations de poste de pilotage a fait qu'il n'a pas été possible d'établir clairement les activités et les communications des 2 pilotes pendant le vol. Si des enregistrements de conversations de poste de pilotage ne sont pas disponibles, il est impossible d'évaluer avec précision la CRM, l'exécution et le respect des SOP de même que la gestion de la charge de travail, ce qui risque de nuire à la détection des lacunes de sécurité et donc à l'amélioration de la sécurité.

2.4.2.2.2 Surveillance réglementaire de Transports Canada

Bien que TC effectuait une inspection de Strait Air chaque année, cette inspection se limitait à la documentation des systèmes mis en place par la compagnie. Par conséquent, il était impossible d'évaluer l'efficacité de la formation, de la CRM, de la TEM et de la prise de décision, et d'évaluer le degré d'application et de respect des SOP et leur efficacité. Vu l'importance des SOP pour parer au risque d'ALA, il est raisonnable de conclure que la surveillance à bord des avions est primordiale. Si TC ne fait pas la surveillance des opérations de vol pour évaluer l'efficacité de la CRM, de la TEM, de la prise de décision et des SOP, y compris leur degré d'application et de respect, ces SOP risquent d'être inefficaces, ce qui augmente le risque d'accident et en particulier le risque d'ALA.

2.4.3 Prise de décision

2.4.3.1 Conscience situationnelle

La prise de décision de l'équipage passe, entre autres, par la conscience situationnelle, la gestion des menaces et l'évaluation des options et des risques. Ainsi, dans l'événement à l'étude, le commandant devait traiter les nouvelles indications reçues et les fusionner avec l'information déjà à sa disposition afin de se faire une image mentale cohérente de la situation et revoir les enjeux et menaces du plan initial prévoyant l'atterrissage à CYGV. Par la suite, il devait faire part de son évaluation et de son plan d'action au P/O pour qu'ils arrivent à une compréhension commune de la situation. Le P/O aurait alors été en mesure d'anticiper, et lui et le commandant auraient alors pu coordonner leurs actions et ainsi agir avec cohésion et efficacité.

2.4.3.2 Contexte cognitif et biais de la prise de décision

Pour essayer de comprendre pourquoi le commandant, qui était le PF, a poursuivi l'atterrissage alors qu'il avait très peu de repères visuels, il faut s'attarder sur le contexte ainsi que sur la perception et la compréhension qu'il avait de la situation au moment de prendre ces décisions, car la conscience situationnelle fait partie intégrante de la prise de décision du pilote. L'enquête a démontré que la charge de travail du PF était lourde lors de l'approche et qu'elle a augmenté lors de l'atterrissage.

2.4.3.2.1 Tendance à s'en tenir au plan et tendance à l'anticipation

Lorsque l'équipage a reçu les nouvelles informations sur les conditions météorologiques indiquant une réduction de la visibilité à $\frac{1}{4}$ SM, le commandant avait peu de temps pour

revoir son plan initial en prenant en compte les différentes options et leurs risques, tout en exécutant toutes les tâches liées à l'approche directe vers la piste 08.

La tendance à s'en tenir au plan a pu influencer le commandant et le conduire à s'en tenir à son intention initiale d'atterrir à CYGV malgré la réduction importante de la visibilité. Dans ces circonstances, il lui était difficile de réaliser que ces changements de conditions météorologiques exigeaient qu'il revoie immédiatement son plan initial et qu'il examine ses options.

Lorsque l'aéronef a atteint la MDA, la charge de travail du commandant, qui pilotait manuellement l'appareil tout en tentant d'acquérir les références visuelles requises, était élevée. Le commandant était conscient des opérations de déneigement en cours à CYGV au moment d'effectuer l'approche. La surface d'une piste déneigée étant généralement bien visible, le commandant s'attendait peut-être à voir la surface noire de la piste sans problème. Toutefois, quand l'appareil a franchi le seuil, il n'avait pas encore réussi à voir la piste. La réalité de la situation ne correspondait plus à ses attentes, ce qui a pu prolonger son temps de réaction et retarder la décision de changer de plan. Ainsi, ces tendances cognitives combinées ont probablement contribué à son hésitation à effectuer une remise des gaz immédiatement après avoir perdu toute référence visuelle au passage du PAPI.

2.4.3.2.2 Rétrécissement de l'attention

Peu après avoir franchi le PAPI, l'équipage a aperçu sur la droite une petite section de piste asphaltée de 20 pieds de longueur sur 4 pieds de largeur. Le commandant a amorcé une manœuvre d'alignement à basse altitude, qui est venue alourdir sa charge de travail. Les personnes en général ont une capacité limitée d'attention et de traitement de l'information, et peuvent faire l'objet d'un rétrécissement de l'attention. Le commandant, dans l'événement à l'étude, a concentré toute son attention sur l'exécution de la manœuvre pour poser l'appareil au centre de la piste, tout en essayant de distinguer la surface du reste de la piste. Il a ainsi détourné son attention des autres tâches et des indices qui signalaient une augmentation du risque d'ALA.

Le commandant n'a pas réalisé, par exemple, que les annonces des SOP n'avaient pas été faites et que l'appareil n'était pas en configuration d'atterrissage (F100 %). Ainsi, au seuil de la piste, la vitesse de l'appareil était toujours à la vitesse d'approche (120 nœuds), soit 20 nœuds au-dessus de la vitesse de référence d'atterrissage (V_{ref}) de 100 nœuds. L'aéronef s'est posé environ 20 secondes après avoir franchi le seuil de piste, soit à environ 700 pieds de l'extrémité de la piste, qui n'était toujours pas visible.

Le contexte cognitif d'une charge de travail élevée et d'une saturation des tâches entraîne une diminution de la conscience situationnelle et qui réduit la capacité cognitive de prise de décision. Les biais cognitifs aussi peuvent nuire à la prise de décision. Ainsi, il est raisonnable de conclure que la combinaison du contexte cognitif et des biais de prise de décision ont réduit la capacité cognitive du commandant à prendre la décision d'effectuer une remise des gaz.

Par ailleurs, il est important de noter qu'un contexte cognitif réduisant la capacité de prise de décision est susceptible d'affecter tous les pilotes, indépendamment de leur expérience.

Le commandant, concentré sur la manœuvre d'atterrissage et sous l'influence d'un rétrécissement de l'attention, n'a pas su prendre la décision d'effectuer une remise des gaz, a perdu la notion du temps et a survolé la piste pendant 20 secondes sans réaliser qu'il lui était désormais impossible de se poser et de s'arrêter avant la fin de la piste.

2.4.3.3 Rapport d'autorité

Aucun problème de rapport d'autorité n'a été signalé lors des vols antérieurs. Toutefois, l'écart entre les degrés d'autorité du commandant (également le pilote en chef de la compagnie) et du P/O (qui avait moins de 400 heures de vol au total) était grand. Cet écart d'autorité s'est manifesté notamment lorsque l'aéronef est arrivé à la MDA. En effet, le P/O, qui n'avait aucune référence visuelle, a fini par suggérer une remise des gaz, mais le commandant a poursuivi l'approche. Par la suite, le P/O, qui n'avait toujours pas de référence visuelle au cours de l'approche, n'a pas suggéré à nouveau une remise des gaz.

Il est possible que le rapport d'autorité ait dissuadé le P/O d'insister, car certains P/O sont mal à l'aise à l'idée de remettre en question la décision d'un commandant. Ils optent plutôt pour une communication indirecte ou suggestive, avec l'espoir que leur message passera. Dans ce cas précis, l'enquête n'a pas permis de savoir pourquoi le P/O n'avait pas réagi ou remis en question plus ouvertement le plan d'action du commandant lorsqu'il ne voyait pas la piste. Le P/O n'avait aucune directive ni outils d'assertivité et n'avait suivi aucune formation pour l'aider dans cette situation où le commandant a dévié des SOP et a poursuivi un plan d'action qui était potentiellement dangereux.

Strait Air n'avait pas de politique pour remédier aux effets néfastes de l'écart d'autorité entre les commandants et les P/O, et rien ne l'exigeait. Sachant que de nombreux pilotes débutent leur carrière chez des exploitants commerciaux similaires à Strait Air, il est d'autant plus important que ces exploitants mettent en place des politiques claires et fournissent une formation aux commandants et aux P/O sur la nécessité de respecter les politiques et les consignes des SOP de la compagnie, et qu'ils fournissent aux P/O des outils d'assertivité.

En l'absence de politiques et de procédures comme le modèle PACE (probing, alerting, challenging et emergency warning) permettant au P/O d'exprimer ses préoccupations avec plus d'assertivité et lui donnant l'autorité de prendre les commandes de l'avion à la place du commandant, le P/O était limité à un rôle consultatif alors qu'il était clairement conscient du risque croissant. En l'absence de politiques, de procédures claires et de formation, le P/O n'avait pas les outils nécessaires pour passer de la consultation passive à une assertivité suffisante pour convaincre le commandant d'effectuer une remise des gaz. Ainsi, le P/O s'est retrouvé en dehors des paramètres des SOP, ne pouvant qu'observer la poursuite de l'approche alors qu'il n'avait aucune référence visuelle.

2.4.3.4 Rôle de l'équipage

Dans un premier temps, le contexte cognitif et les biais expliquent en partie pourquoi le commandant, dont la charge de travail était élevée, a décidé de poursuivre l'approche, et par la suite, alors que toute son attention était canalisée sur l'exécution de l'atterrissage, pourquoi il s'est posé au-delà du seuil, à 700 pieds de l'extrémité de la piste. Cette analyse des facteurs humains démontre qu'il était impossible au commandant de se rendre compte que sa conscience situationnelle n'était plus synchronisée avec la réalité de sa position au-dessus de la piste.

Dans un deuxième temps, l'interdiction d'approche n'a pas empêché le commandant de poursuivre l'approche alors que selon les conditions météorologiques, la visibilité était au tiers de la visibilité minimale de l'interdiction d'approche et au quart de la visibilité recommandée lors de la conception de cette approche. Ainsi, il est raisonnable de conclure que l'interdiction d'approche a été inefficace pour stopper cette approche alors que la visibilité au sol était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche, ce qui a contribué à la sortie en bout de piste. Par ailleurs, du fait que l'interdiction d'approche au Canada varie selon le type d'exploitation, un aéronef pourrait recevoir une autorisation d'approche alors que l'approche est interdite pour ce vol. Si un mécanisme n'est pas instauré au Canada pour stopper une approche qui est en réalité interdite, il y a un risque accru d'ALA. Ailleurs dans le monde, le contrôle de la circulation aérienne n'autorise pas un aéronef à effectuer une approche si les conditions météorologiques sont inférieures aux limites publiées sur la carte d'approche.

Dans un troisième temps, dans l'événement à l'étude, il est raisonnable de s'interroger sur le rôle du P/O qui, étant mal à l'aise dans cette situation, n'a pas su communiquer clairement ses inquiétudes au commandant. Pour ce faire, il faut tenir compte de sa situation, c'est-à-dire ses tâches, sa conscience situationnelle et le rapport d'autorité entre le commandant et lui. En l'occurrence, il devait surveiller les paramètres du vol et composer avec la déviation par rapport aux SOP, tout en essayant lui aussi de déterminer la position de l'appareil par rapport à la piste. N'ayant pas de données précises à sa disposition comme la distance d'atterrissage requise, et l'aéronef n'ayant pas l'obligation de se poser dans la TDZ, le P/O n'avait pas de références précises pour évaluer la progression de l'atterrissage. Il devait donc se fier à son expérience limitée pour évaluer cet atterrissage et déterminer si une remise des gaz était nécessaire alors que l'appareil survolait la piste. Il devait ensuite communiquer ses inquiétudes au commandant rapidement et sans ambiguïté, et l'inciter à effectuer une remise des gaz immédiate. Compte tenu du contexte dans lequel il se trouvait, de son expérience limitée et de sa position dans la compagnie, le P/O n'a pas su s'affirmer pour convaincre le commandant d'exécuter une remise des gaz.

En conclusion, l'étude de cet accident démontre l'importance de la CRM, de la TEM et de la prise de décision sécuritaire en équipage pour réduire les risques d'accident. L'étude du BST sur l'exploitation de services de taxi aérien a révélé que les 2 facteurs sous-jacents principaux ayant contribué aux accidents d'aéronefs de taxi aérien étaient **l'acceptation de pratiques non sécuritaires et la gestion inadéquate des dangers opérationnels**. Les

effets de ces 2 facteurs peuvent être atténués, entre autres, par la CRM, la TEM et une prise de décision axée sur la sécurité dans la mesure où les exploitants favorisent un milieu de travail où les pratiques non sécuritaires sont inacceptables. La FSF et la FAA ont émis plusieurs recommandations liées aux politiques, aux SOP et à la formation des équipages pour réduire les risques d'ALA, mais ces recommandations ne sont généralement pas suivies. Par conséquent, une des premières mesures qui pourrait réduire les risques d'ALA serait la mise en œuvre des recommandations formulées par la FSF et la FAA. Par ailleurs, la CRM, la TEM et la prise de décision sécuritaire en équipage pourraient être améliorées grâce à la mise en place de politiques strictes et de SOP précises qui encadrent les opérations, mais aussi grâce à une formation en CRM moderne et pertinente pour aider les équipages à mieux gérer les dangers opérationnels et réduire l'acceptation des pratiques non sécuritaires.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

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

1. Le commandant a poursuivi l'approche au-delà du repère d'approche finale alors que la visibilité rapportée était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche.
2. Lors de l'approche, le balisage lumineux de piste avait été réduit à l'intensité moyenne, soit à 30 % du maximum, ce qui diminuait la probabilité d'acquiescer la référence visuelle requise pour effectuer l'atterrissage sur la piste.
3. Le commandant a poursuivi la séquence d'atterrissage sans voir ni connaître la longueur de piste restant devant lui et sans pouvoir évaluer avec précision la position de l'avion.
4. L'appareil s'est posé à environ 3800 pieds après le seuil, soit à 700 pieds de l'extrémité de la piste, et a terminé sa course 220 pieds au-delà de la piste, dans un banc de neige.
5. La déviation par rapport aux procédures d'utilisation normalisées à un moment critique du vol a été source de confusion entre les membres d'équipage, si bien que l'appareil n'a pas été configuré pour l'atterrissage, ce qui a augmenté la distance d'atterrissage.
6. Le commandant, concentré sur la manœuvre d'atterrissage et sous l'influence d'un rétrécissement de l'attention, n'a pas su prendre la décision d'effectuer une remise des gaz, a perdu la notion du temps et a survolé la piste pendant 20 secondes sans réaliser qu'il lui était désormais impossible de se poser et de s'arrêter avant la fin de la piste.
7. En l'absence de politiques, de procédures claires et de formation, le premier officier n'avait pas les outils nécessaires pour passer de la consultation passive à une assertivité suffisante pour convaincre le commandant d'effectuer une remise des gaz.
8. L'interdiction d'approche a été inefficace pour stopper cette approche alors que la visibilité au sol était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche.

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 Transports Canada ne simplifie pas les minimums opérationnels d'approche et d'atterrissage, les équipages de conduite risquent de poursuivre une approche qui

est en réalité interdite, ce qui augmente le risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage.

2. Si les membres d'équipage de conduite n'ont pas une conscience situationnelle commune, ils ne peuvent ni anticiper ni coordonner leurs actions, ce qui augmente le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.
3. Si les pilotes poursuivent une approche sous l'altitude minimale de descente avec une seule référence visuelle, ils risquent de continuer l'atterrissage alors qu'ils n'ont pas acquis les références visuelles supplémentaires requises pour atterrir en toute sécurité.
4. Si un exposé de sécurité n'est pas donné aux passagers avant l'atterrissage pour leur rappeler d'attacher leur ceinture, certains d'entre eux risquent de ne pas l'attacher avant l'atterrissage, ce qui augmente le risque de blessure en cas d'accident.
5. Si les sièges passagers installés à bord d'aéronefs légers ne sont pas munis de ceintures-baudriers, les passagers sont exposés à un plus grand risque de blessure plus ou moins grave, voire mortelle, en cas d'accident.
6. Si l'exécution du plan de mesures d'urgence de l'aéroport est interrompue et que le service de protection contre les incendies n'est pas appelé rapidement pour sécuriser le lieu de l'accident, il existe un risque de blessure pour les personnes sur le lieu de l'accident et de dommages aux installations aéroportuaires et à l'environnement.
7. Si les pistes d'une longueur de 1200 m ou plus ne sont pas pourvues d'une aire de sécurité d'extrémité de piste d'au moins 150 m ou d'un autre dispositif d'arrêt des aéronefs offrant un niveau de sécurité équivalent, il existe un risque de blessure pour les occupants d'aéronefs en cas de sortie en bout de piste.
8. Si les exploitants d'aéroport ne sont pas tenus de fermer une piste lorsque la limite d'un critère du plan de déneigement est dépassée, le risque de sortie de piste est plus grand.
9. Si les exposés d'approche des procédures d'utilisation normalisées ne couvrent pas tous les éléments limitatifs pour l'approche, les pilotes risquent d'effectuer une approche hors des limites établies, ce qui augmente le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.
10. Si les pilotes ne sont pas bien préparés à exécuter une remise des gaz à chaque approche, ils risquent de ne pas être prêts à réagir immédiatement au moment où cette manœuvre devient impérative, ce qui augmente le risque d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.
11. Si des enregistrements de conversations de poste de pilotage ne sont pas disponibles, il est impossible d'évaluer avec précision la gestion des ressources de l'équipage, l'exécution et le respect des procédures d'utilisation normalisées de

même que la gestion de la charge de travail, ce qui risque de nuire à la détection des lacunes de sécurité et donc à l'amélioration de la sécurité.

12. Si Transports Canada ne fait pas la surveillance des opérations de vol pour évaluer l'efficacité de la gestion des ressources de l'équipage, de la gestion des menaces et erreurs, de la prise de décision et des procédures d'utilisation normalisées, y compris leur degré d'application et de respect, ces procédures risquent d'être inefficaces, ce qui augmente le risque d'accident et en particulier le risque d'accident lié à l'atterrissage et à l'approche.
13. Si un mécanisme n'est pas instauré au Canada pour stopper une approche qui est en réalité interdite, il y a un risque accru d'accident lié à l'approche et à l'atterrissage.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

4.2 Mesures de sécurité à prendre

Le 26 février 2018, un Beechcraft King Air A100 (immatriculation C-GJXF, numéro de série B-159) exploité par Strait Air (2000) Ltd. effectuait le vol nolisé NUK107 selon les règles de vol aux instruments en provenance de l'aéroport de Sept-Îles (Québec) à destination de l'aéroport de Havre St-Pierre (CYGV) (Québec), avec 2 membres d'équipage et 6 passagers à bord. Alors que les conditions de visibilité étaient réduites en raison de fortes averses de neige, l'aéronef a effectué une approche vers la piste 08, qui était enneigée, et s'est posé environ 3800 pieds après le seuil, soit à environ 700 pieds de l'extrémité de la piste. Il a continué sa course à l'atterrissage au-delà de la piste, pour finalement aller s'immobiliser dans un banc de neige, à environ 220 pieds au-delà de l'extrémité de la piste. L'accident s'est produit de jour, à 11 h 20, heure normale de l'Est. La radiobalise de repérage d'urgence émettant sur 406 MHz ne s'est pas déclenchée suite à l'événement. L'appareil a subi des dommages importants. Il y a eu 4 blessés légers.

4.2.1 Minimums d'atterrissage au Canada

Lors de la conception des approches aux instruments, la visibilité minimale publiée représente la visibilité minimale à laquelle un pilote se trouvant à la hauteur de décision (DH) ou à l'altitude minimale de descente (MDA) en approche devrait être en mesure d'avoir en vue et de maintenir en vue la référence visuelle requise jusqu'à l'atterrissage.

Les normes et pratiques recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)¹¹⁴ stipulent qu'une approche aux instruments ne sera pas poursuivie à moins que la visibilité rapportée ne soit égale ou supérieure au minimum spécifié. Ce minimum est publié sur les cartes d'approche en fonction du type et du balisage d'approche.

Les diverses autorités de l'aviation civile dans le monde (comme la Federal Aviation Administration [FAA] aux États-Unis et l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne [AESA]) ont établi que la visibilité minimale autorisée est celle spécifiée et publiée pour l'approche effectuée. Ainsi, pour déterminer si une approche est autorisée, il suffit de comparer la visibilité rapportée à la visibilité publiée sur la carte d'approche. Par conséquent, lorsque la visibilité rapportée est inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche, le contrôle de la circulation aérienne (ATC) n'autorise pas un aéronef à effectuer l'approche.

¹¹⁴ Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 6 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale*, Onzième édition (juillet 2018), *Exploitation technique des aéronefs*, partie 1, chapitre 4.

Toutefois, au Canada, les visibilité publiées sur les cartes d'approche sont données à titre indicatif seulement.

Pour déterminer s'il est possible d'atterrir en toute légalité à un aérodrome au Canada, il faut d'abord vérifier les restrictions opérationnelles qui s'appliquent à l'aérodrome concerné pour s'assurer que cet aérodrome convient à la manœuvre à exécuter¹¹⁵. Un des facteurs déterminants est la visibilité opérationnelle d'aérodrome, qui est définie dans la partie portant sur les minimums opérationnels¹¹⁶ de la section Généralités du volume 6 du *Canada Air Pilot (CAP)*. Cette visibilité opérationnelle minimale est publiée dans le *Supplément de vol – Canada (CFS)*, et plus précisément dans le champ réservé à l'information sur les pistes. Si la visibilité opérationnelle d'aérodrome n'est pas publiée dans le CFS, cela signifie que les opérations ne sont pas autorisées quand la visibilité est inférieure à ½ mille terrestre (SM).

Ensuite, il faut calculer la visibilité minimale de l'interdiction d'approche pour déterminer si l'approche peut être poursuivie jusqu'à la DH ou la MDA. Cette visibilité minimale est calculée à partir de la visibilité publiée sur la carte d'approche et varie en fonction du type d'exploitation comme suit :

- ¾ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux;
- ½ de la visibilité publiée pour les exploitants commerciaux qui détiennent une spécification d'exploitation 019 de visibilité réduite;
- ¼ SM pour les exploitants privés, quelle que soit l'approche effectuée.

Selon ce calcul, la visibilité minimale de l'interdiction d'approche au Canada est inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche dans tous les cas. Par conséquent, il est probable, qu'une fois à la DH ou la MDA, les pilotes ne soient pas en mesure d'acquiescer la référence visuelle requise, référence permettant d'effectuer un atterrissage sécuritaire.

Entre décembre 2006¹¹⁷ et décembre 2019, 31 événements sont survenus à la suite d'approches exécutées sous la MDA avec peu de références visuelles. Dix-sept de ces 31 événements sont survenus lors d'atterrissages en conditions météorologiques où la visibilité était inférieure à la visibilité publiée sur la carte d'approche¹¹⁸.

Par ailleurs, cette situation persiste encore, car 9 de ces 17 événements se sont produits au cours des 5 dernières années.

Au Canada, en raison de la complexité et de la variation des minimums en fonction du type d'exploitation, l'ATC peut difficilement déterminer si l'approche prévue est interdite. Il autorise ainsi un aéronef à effectuer l'approche quels que soient les minimums publiés,

¹¹⁵ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 602.96(2)b).

¹¹⁶ NAV CANADA, *Canada Air Pilot (CAP)*, CAP 6 : Québec (en vigueur du 1^{er} février au 29 mars 2018), p. 16 à 18.

¹¹⁷ Date d'entrée en vigueur de la réglementation sur les minimums d'atterrissage (article 602.128 du RAC) et de l'interdiction d'approche (article 602.129 du RAC).

¹¹⁸ À la suite de ces 17 événements, le BST a publié les rapports d'enquête suivants : A08W0237, A08O0333, A09Q0203, A12Q0216, A14A0067, A15O0015, A15H0002, A16A0041 et A18Q0030.

contrairement à ce qui se fait ailleurs dans le monde. Par conséquent, il incombe au commandant d'interpréter l'interdiction d'approche, et à lui seul de décider s'il poursuit l'approche.

Dans l'événement à l'étude, selon son interprétation des nombreuses conditions et exceptions liées à l'interdiction d'approche, le commandant croyait à tort qu'il lui était permis d'effectuer l'approche. Le premier officier quant à lui était conscient que selon les conditions météorologiques, la visibilité était inférieure aux minimums de l'approche publiés dans le CAP, mais il ne comprenait pas tous les détails liés à l'interdiction d'approche. Par conséquent, il n'était pas en mesure de contester la décision du commandant d'effectuer l'approche.

Le service consultatif de vol et l'exploitant de l'aérodrome pouvant difficilement déterminer si l'approche était interdite, ils ne pouvaient pas aviser les pilotes que l'approche était interdite dans les conditions existantes, en dépit du fait que la visibilité était au quart de la visibilité publiée sur la carte d'approche.

Ainsi, si Transports Canada (TC) ne simplifie pas les minimums opérationnels d'approche et d'atterrissage, les équipages de conduite risquent de poursuivre une approche qui est en réalité interdite, ce qui augmente le risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA), dont les sorties en bout de piste.

Par conséquent, le Bureau recommande que

le ministère des Transports revoie et simplifie les minimums opérationnels pour les approches et les atterrissages aux aérodromes canadiens.

Recommandation A20-01 du BST

Dans l'événement à l'étude, l'interdiction d'approche en vigueur au Canada n'a pas empêché le commandant de poursuivre l'approche, alors que selon les conditions météorologiques, la visibilité était au tiers de la visibilité minimale de l'interdiction d'approche et au quart de la visibilité publiée sur la carte d'approche. Lors de l'approche, au moment où l'aéronef est arrivé à la MDA, il incombait au pilote, et à lui seul, de déterminer s'il avait acquis ou non la référence visuelle requise pour continuer la descente et l'atterrissage. Ainsi, il est raisonnable de conclure que l'interdiction d'approche a été inefficace pour stopper cette approche alors que la visibilité au sol était inférieure aux minimums relatifs à l'interdiction d'approche, ce qui a contribué à la sortie en bout de piste.

Comme le démontre cet accident, en l'absence de mécanisme pour stopper une approche qui est en réalité interdite, les pilotes peuvent choisir de poursuivre l'approche, ce qui augmente le risque d'ALA.

Par conséquent, le Bureau recommande que

le ministère des Transports instaure un mécanisme pour stopper les approches et les atterrissages qui sont en réalité interdits.

Recommandation A20-02 du BST

4.3 Préoccupation liée à la sécurité

4.3.1 Surveillance réglementaire de Transports Canada en matière de procédures d'utilisation normalisées

Depuis 2019, TC exige que tous les exploitants aériens commerciaux assurent une formation contemporaine en gestion des ressources de l'équipage (CRM). Cependant, bien que TC effectue des inspections régulières des exploitants, ces inspections se limitent généralement à la documentation des systèmes mis en place par la compagnie. Par exemple, dans l'événement à l'étude, les procédures d'utilisation normalisées (SOP) étaient conformes aux exigences du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) du point de vue de la forme. Toutefois, leur efficacité n'avait pas été évaluée par TC. Dans ce contexte, il est impossible d'évaluer l'efficacité de la formation, de la CRM, de la gestion des menaces et des erreurs (TEM) et de la prise de décision, et d'évaluer le degré d'application et de respect des SOP ainsi que leur efficacité à bord des aéronefs lors des opérations aériennes.

Les SOP ne sont pas seulement des lignes directrices entourant l'utilisation des aéronefs, elles sont reconnues mondialement comme étant à la base de la sécurité aérienne. Elles forment un cadre permettant la mise en application des concepts de CRM et de TEM. Ainsi, la Flight Safety Foundation (FSF) et la FAA ont émis plusieurs recommandations liées aux SOP pour réduire les risques d'ALA.

Entre 1999 et 2019, les SOP sont ressorties dans 113 faits établis quant aux causes, aux facteurs contributifs ou aux risques dans les rapports d'enquête aéronautique du BST. Les lacunes identifiées sont principalement liées à l'absence de directives précises, aux divergences dans les procédures et à la déviation par rapport aux procédures. Dans l'événement à l'étude, une déviation par rapport aux SOP à un moment critique du vol a été un élément déclencheur qui a contribué à la sortie en bout de piste.

Le Bureau craint que si TC ne fait pas la surveillance des opérations de vol pour évaluer l'efficacité de la CRM, de la TEM, de la prise de décision et des SOP, y compris leur degré d'application et de respect, ces SOP risquent d'être inefficaces, ce qui augmente le risque d'accident et en particulier le risque d'ALA.

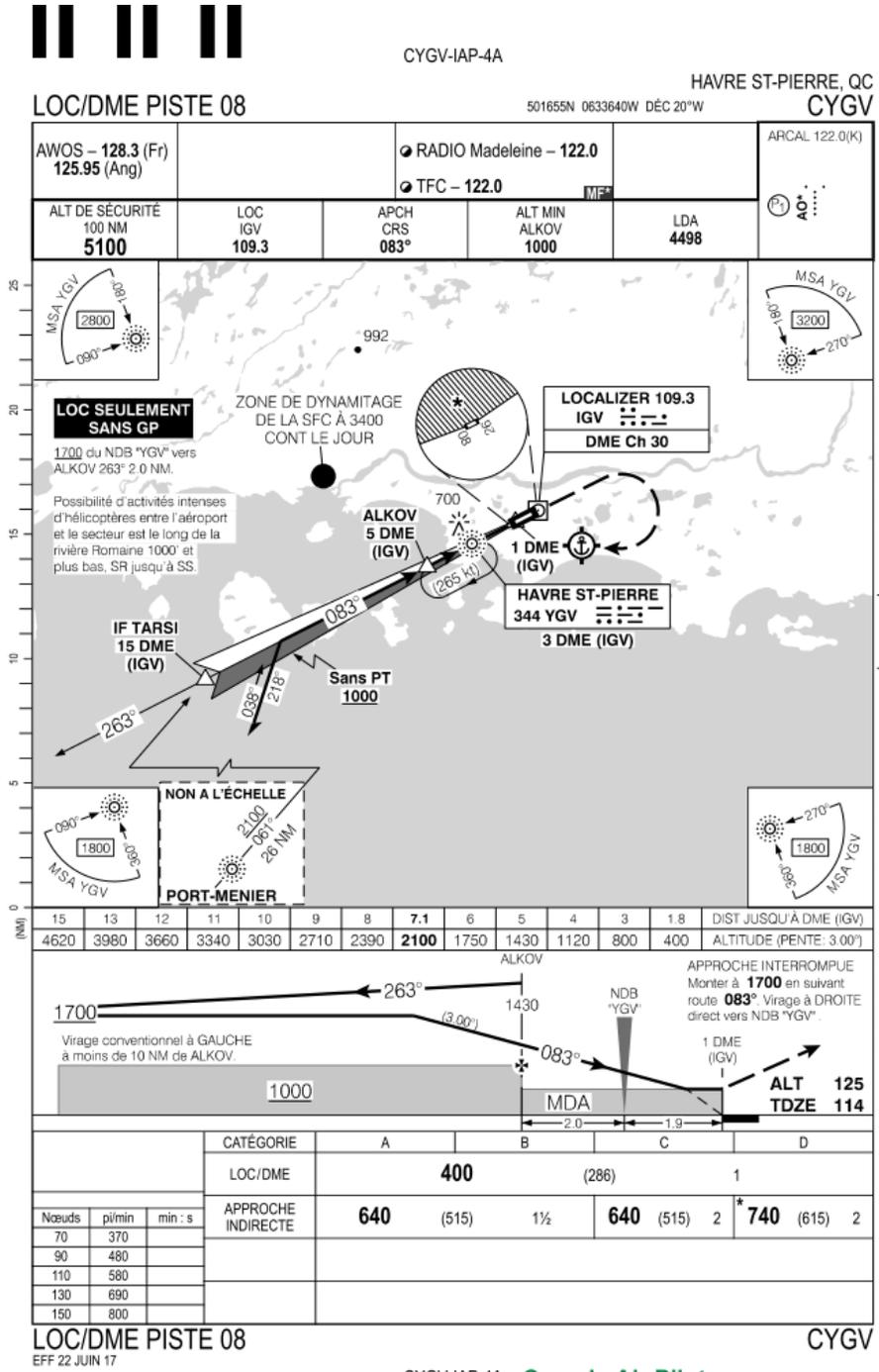
Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 18 mars 2020. Le rapport a été officiellement publié le 21 mai 2020.

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

trouvez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

ANNEXES

Annexe A – Carte d’approche LOC/DME PISTE 08 à l’aéroport de Havre St-Pierre (À ne pas utiliser pour la navigation)



Source : Canada Air Pilot.

Annexe B – Distances d’atterrissage recommandées

Tableau 2
CRFI – Distances d’atterrissage recommandées (avec effet de disque ou inversion de poussée)

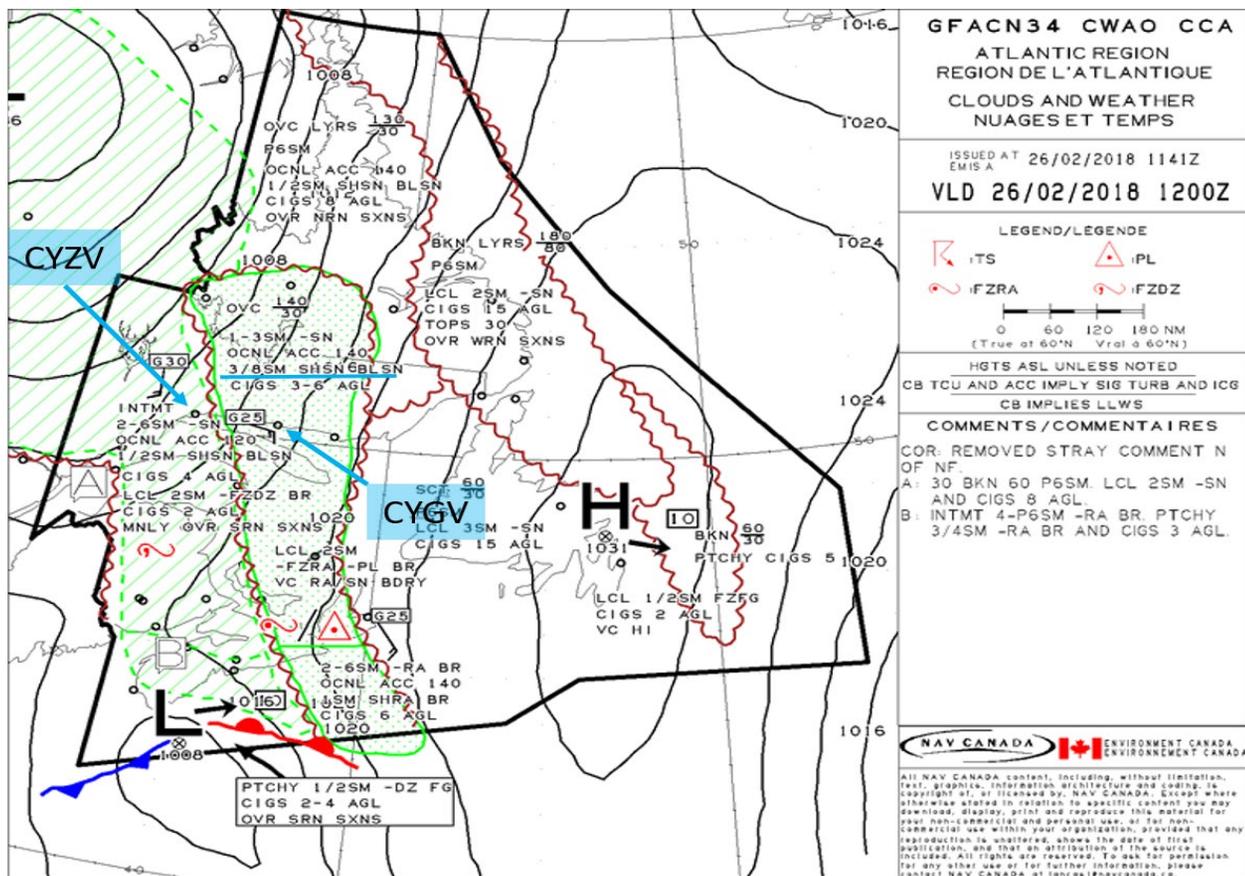
Distance d’atterrissage (pieds) Piste dégagée et sèche	CRFI donné												Longueur de piste d’atterrissage (pieds) Piste dégagée et sèche	Longueur de piste d’atterrissage (pieds) Piste dégagée et sèche
	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18		
Non pondérée	Distances d’atterrissage recommandées (avec effet de disque ou inversion de poussée)												Pondérée à 60 %	Pondérée à 70 %
1 200	2 000	2 040	2 080	2 120	2 170	2 220	2 280	2 340	2 380	2 440	2 490	2 540	2 000	1 714
1 400	2 340	2 390	2 440	2 500	2 580	2 660	2 750	2 820	2 870	2 950	3 010	3 080	2 333	2 000
1 600	2 670	2 730	2 800	2 880	2 970	3 070	3 190	3 280	3 360	3 460	3 540	3 630	2 667	2 286
1 800	3 010	3 080	3 160	3 250	3 350	3 480	3 630	3 730	3 810	3 930	4 030	4 130	3 000	2 571
2 000	3 340	3 420	3 520	3 620	3 740	3 880	4 050	4 170	4 260	4 400	4 510	4 630	3 333	2 857
2 200	3 570	3 660	3 760	3 880	4 020	4 170	4 360	4 490	4 590	4 750	4 870	5 000	3 667	3 143
2 400	3 900	4 000	4 110	4 230	4 380	4 550	4 750	4 880	4 980	5 150	5 270	5 410	4 000	3 429
2 600	4 200	4 300	4 420	4 560	4 710	4 890	5 100	5 240	5 350	5 520	5 650	5 790	4 333	3 714
2 800	4 460	4 570	4 700	4 840	5 000	5 190	5 410	5 560	5 670	5 850	5 980	6 130	4 667	4 000
3 000	4 740	4 860	5 000	5 160	5 340	5 550	5 790	5 950	6 070	6 270	6 420	6 580	5 000	4 286
3 200	5 080	5 220	5 370	5 550	5 740	5 970	6 240	6 420	6 560	6 770	6 940	7 110	5 333	4 571
3 400	5 350	5 500	5 660	5 850	6 060	6 310	6 590	6 790	6 930	7 170	7 340	7 530	5 667	4 857
3 600	5 620	5 780	5 960	6 160	6 390	6 650	6 960	7 170	7 320	7 570	7 750	7 950	6 000	5 143
3 800	5 890	6 060	6 250	6 460	6 700	6 980	7 310	7 540	7 700	7 970	8 160	8 380	6 333	5 429
4 000	6 070	6 250	6 440	6 660	6 910	7 210	7 540	7 780	7 950	8 220	8 430	8 650	6 667	5 714

ATIR

Source : Manuel d’information aéronautique de Transports Canada.

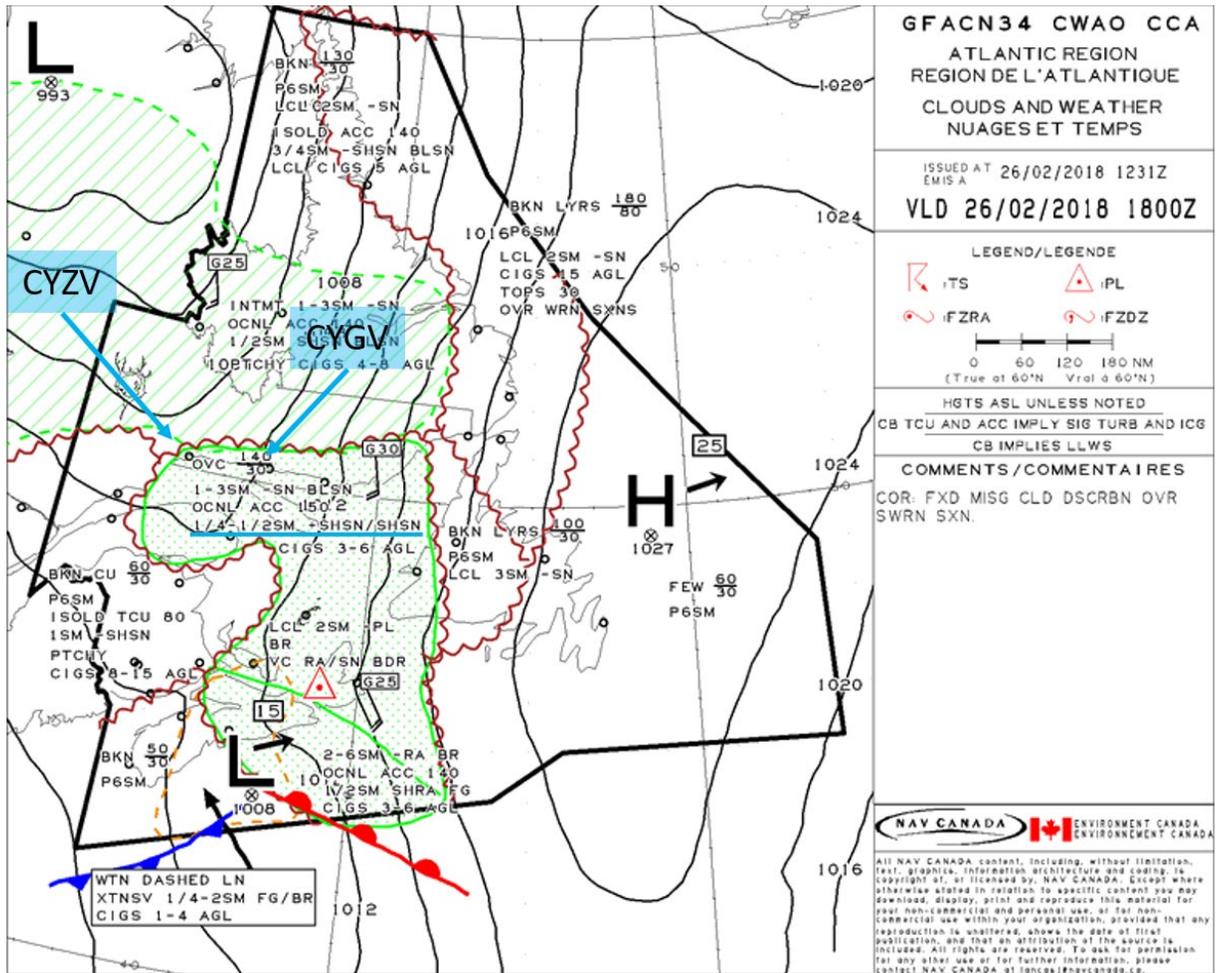
Annexe C – Cartes de prévision de zone graphique Nuages et temps émises le jour de l'événement à l'étude

Figure C1. Carte de prévision de zone graphique Nuages et temps valide à 12 h UTC le 26 février 2018



Source : NAV CANADA

Figure C2. Carte de prévision de zone graphique Nuages et temps valide à 18 h UTC le 26 février 2018



Source : NAV CANADA.

Annexe D – Messages d’observation météorologique d’aérodrome, messages d’observation météorologique spéciale d’aérodrome et prévisions d’aérodrome lors du vol à l’étude

METAR et SPECI

Renseignements des METAR et des SPECI	Visibilité par rapport aux minimums de l’interdiction d’approche pour le vol à l’étude
METAR CYGV 261500Z AUTO 17008KT 2 1/2SM -SN OVC009 M03/M03 A2986 RMK VIS VRB 1 ¾ - 2 ½	Au-dessus des minimums
SPECI CYGV 261519Z AUTO 18010G15KT 1 3/4SM -SN OVC009 M03/M04 A2985 RMK	Au-dessus des minimums
SPECI CYGV 261534Z AUTO 19009KT 3/4SM -SN OVC009 M03/M03 A2985 RMK	Aux minimums
SPECI CYGV 261543Z AUTO 18007KT 3/4SM -SN BKN007 OVC011 M03/M03 A2985 RMK	Aux minimums
METAR CYGV 261600Z AUTO 19007KT 3/8SM SN OVC005 M03/M03 A2984 RMK	Sous les minimums
SPECI CYGV 261609Z AUTO 16004KT 1/4SM +SN VV004 M03/M03 A2984 RMK	Sous les minimums
METAR CYGV 261700Z AUTO 16006KT SM +SN VV006 M02/M02 A2981 RMK	Sous les minimums
SPECI CYGV 261704Z AUTO 15005KT 3/8SM SN BKN006 OVC011 M02/M02 A2980 RMK	Sous les minimums
SPECI CYGV 261716Z AUTO 14004KT 3/4SM -SN BKN009 OVC013 M02/M03 A2980 RMK	Aux minimums
SPECI CYGV 261719Z AUTO 14005KT 3/4SM -SN BKN007 OVC011 M02/M03 A2980 RMK	Aux minimums
SPECI CYGV 261720Z AUTO 15004KT 1SM -SN OVC009 M02/M03 A2980 RMK	Au-dessus des minimums

TAF

TAF CYGV 261338Z 2614/2702 16010G20KT 3/4SM -SN VV008 TEMPO 2614/2622 3SM -SN SCT008 OVC015 BECMG 2620/2622 24010G20KT FM262200 24010G20KT P6SM BKN040 TEMPO 2622/2702 4SM -SHSN RMK FCST BASED ON AUTO OBS. NXT FCST BY 262000Z=

Annexe E – Restrictions opérationnelles énoncées dans le *Canada Air Pilot* en vigueur le jour de l'événement

Restrictions opérationnelles applicables aux aérodromes – Visibilité

MINIMUMS OPÉRATIONNELS

Generalités

Le RAC 602 énonce que les décollages des aéronefs canadiens sont régis uniquement par la visibilité, les restrictions d'approche par la valeur RVR, et les atterrissages par la hauteur de décision (DH) ou l'altitude minimale de descente (MDA).

Restrictions opérationnelles applicables aux aérodromes – visibilité

L'alinéa 602.96(2)(b) du RAC impose au commandant de bord d'un aéronef de s'assurer, avant d'effectuer un décollage, un atterrissage ou toute autre manœuvre à un aérodrome, que ledit aérodrome se prête à la manœuvre qu'il compte exécuter. En outre, dans le cas des exploitants aériens et privés, le RAC (et les normes et spécifications d'exploitation associées) régissent les opérations lorsque la RVR est inférieure à 2600 (½ SM).

La visibilité opérationnelle à un aérodrome constitue l'un des facteurs dont il faut tenir compte pour s'assurer du respect des exigences de réglementation susmentionnées.

A. La visibilité opérationnelle à un aérodrome est définie comme suit :

Aux emplacements dotés d'une tour de contrôle de la circulation aérienne (ATC) en service :

(Conformément aux procédures publiées d'exploitation d'aéroport)

Pour les arrivées et les départs, la visibilité opérationnelle de l'aérodrome est établie selon la hiérarchie suivante :

1. portée visuelle de piste (RVR) pour la piste qu'on prévoit utiliser;
2. visibilité au sol (METAR);
3. visibilité de la tour;
4. visibilité du pilote.

Note : La visibilité observée à la tour n'a pas préséance sur la visibilité signalée au sol. Lorsque la visibilité au sol est signalée, la visibilité observée à la tour n'a qu'une valeur indicative. Cependant, lorsque la visibilité au sol n'est soit pas signalée ou bien la visibilité rapportée par l'AWOS est non-représentative de la visibilité dominante à l'aéroport, la visibilité observée à la tour, lorsque disponible, remplace la visibilité au sol et doit être prise en considération dans la détermination de la visibilité opérationnelle de l'aérodrome.

Aux emplacements sans tour ATC en service :

(Hors des heures d'exploitation de la tour, MF, UNICOM, CARS, emplacements consultatifs, etc.)

Pour les arrivées, la visibilité opérationnelle de l'aérodrome est établie selon la hiérarchie suivante :

1. portée visuelle de piste (RVR) pour la piste qu'on prévoit utiliser;
2. visibilité au sol (METAR);
3. visibilité du pilote

Pour les départs, la visibilité opérationnelle à l'aérodrome est la plus faible des visibilités suivantes :

- visibilité au sol (METAR);
- toute RVR signalée;
- visibilité du pilote.

Source des données aéronautiques civiles pour le Canada : © 2018 NAV CANADA Tous droits réservés

MINIMUMS OPÉRATIONNELS

MINIMUMS OPÉRATIONNELS

- B. Aux fins des paragraphes C et D, la visibilité est inférieure à la visibilité minimale exigée pour l'atterrissage et la circulation au sol si la visibilité opérationnelle de l'aérodrome est inférieure au niveau de service publié dans le CFS pour la piste prévue.
- C. Lorsque la visibilité opérationnelle de l'aérodrome énoncée au paragraphe A est inférieure à la visibilité minimale publiée dans le CFS, les opérations de circulation au sol sont réputées se dérouler en conditions de visibilité inférieures à celles de la visibilité opérationnelle publiée de l'aérodrome, sauf lorsque l'une des conditions suivantes est présente :
- la visibilité atteint une valeur inférieure à celle de la visibilité opérationnelle de l'aérodrome publiée après que l'aéronef a commencé à circuler au sol pour se rendre au point de départ (y compris l'arrêt à l'aire de dégivrage);
 - la visibilité atteint une valeur inférieure à celle de la visibilité opérationnelle de l'aérodrome publiée après que l'aéronef a atterri et circule au sol jusqu'à sa destination à l'aérodrome;
 - l'aéronef circule au sol sur l'aire de manœuvre suivant l'autorisation de l'ATC et conformément aux procédures opérationnelles publiées de l'aérodrome*;
 - l'aéronef circule au sol en vue du départ d'un emplacement sans tour de contrôle en opération, en conformité avec les procédures opérationnelles de l'aérodrome, publiées en vertu du RAC 602.96(3)(d)*;
 - l'aéronef circule au sol sur l'aire de manœuvre dans un but autre que le décollage ou l'atterrissage, tel qu'autorisé par l'exploitant d'aérodrome conformément au RVOP ou au LVOP de l'aérodrome*.
- *Note :** Au besoin, l'exploitant d'aérodrome émet à l'intention des pilotes, dans les publications aéronautiques appropriées, des restrictions ou procédures spéciales d'opération par visibilité faible ou réduite.
- D. Lorsque la visibilité opérationnelle de l'aérodrome fixée au paragraphe A est inférieure à la visibilité minimale publiée dans le CFS, un atterrissage est réputé se produire en conditions inférieures à celles de la visibilité opérationnelle publiée de l'aérodrome pour la piste prévue, sauf lorsque l'une des conditions suivantes est présente :
- au moment où un rapport de visibilité au sol est reçu, l'aéronef a franchi le FAF en rapprochement ou, lorsqu'il n'y a pas de FAF, il a dépassé le point d'interception de la trajectoire d'approche finale;
 - la RVR de la piste prévue pour l'atterrissage varie entre des valeurs inférieures et supérieures à la RVR minimale et la visibilité au sol est égale ou supérieure à la visibilité minimale;
 - aux emplacements sans tour ATC en service, la visibilité au sol varie entre des valeurs inférieures et supérieures à la visibilité au sol minimale et la RVR est égale ou supérieure à la visibilité minimale;
 - aux emplacements sans tour ATC en service, avant d'arriver à 1000 pi au-dessus de l'aérodrome, le commandant de bord détermine qu'un phénomène météorologique localisé a une incidence sur la visibilité au sol après avoir constaté que la piste devant servir à l'atterrissage et le trajet de circulation au sol pour se rendre à destination à l'aérodrome sont visibles et reconnaissables.
- E. La visibilité minimale requise pour le décollage est précisée dans la section MINIMUMS DE DÉCOLLAGE/PROCÉDURES DE DÉPART.

Source des données aéronautiques civiles pour le Canada : © 2018 NAV CANADA Tous droits réservés

MINIMUMS OPÉRATIONNELS

Restrictions opérationnelles – Approche

MINIMUMS OPÉRATIONNELS – APPROCHE

Interdiction d'approche – Exploitants commerciaux – Approche de non-précision, APV ou de précision de CAT I (Réf. RAC 700.10)

Sous réserve de certaines exceptions, un pilote d'aviation commerciale n'est pas autorisé à poursuivre une approche de non-précision, une APV ou une approche de précision de CAT I au-delà du FAF en rapprochement ou, s'il n'y a pas de FAF, du point d'interception de la trajectoire finale d'approche, si les valeurs de visibilité sont inférieures aux valeurs de visibilité recommandées par le CAP pour l'approche visée :

Visibilité minimale – Avions – Non-précision, APV ou CAT I

Visibilité recommandée par le CAP (SM, RVR x 100 pieds)	Rapport de visibilité (visibilité au sol en SM, RVR « A » ou visibilité de piste en pieds)
½ RVR 26	⅜, RVR ou vis. piste 1600
¾ RVR 40	⅝, RVR ou vis. piste 3000
1 RVR 50	¾, RVR ou vis. piste 4000
1¼	1, RVR ou vis. piste 5000
1½	1¼, RVR ou vis. piste 6000
1¾	1½, RVR ou vis. piste >6000
2	1½, RVR ou vis. piste >6000
2¼	1¾, RVR ou vis. piste >6000
2½	2, RVR ou vis. piste >6000
2¾	2¼, RVR ou vis. piste >6000
3	2¼, RVR ou vis. piste >6000

RVR minimale – Hélicoptères - Non-précision, APV ou CAT I

Capteur RVR utilisé	Hélicoptères
RVR « A » seulement	1200
RVR « A » et « B »	1200/0
RVR « B » seulement	1200

Le rapport de RVR a priorité sur le rapport de visibilité de piste ou le rapport de visibilité au sol, et le rapport de visibilité de piste a priorité sur le rapport de visibilité au sol. La visibilité au sol n'impose une interdiction d'approche qu'aux aérodromes se trouvant au sud du 60° de latitude Nord. Si aucune RVR, visibilité de piste ou visibilité au sol n'est signalée, il n'existe aucun critère pour imposer une interdiction d'approche. (Cette notion est similaire à celle du présent paragraphe 602 sur l'interdiction d'approche du RAC qui énonce que, si aucune RVR n'est signalée, il n'existe pas de critère pour imposer une interdiction d'approche.)

Un rapport RVR est le seul rapport de visibilité qui puisse imposer une interdiction d'approche aux hélicoptères.

L'une quelconque des exceptions suivantes à l'interdiction susmentionnée peut s'appliquer à tout aéronef :

- le rapport de visibilité indique une valeur inférieure à celle requise et l'aéronef a franchi le FAF en rapprochement;
- le commandant de bord a informé l'unité ATC concernée que l'aéronef est en vol d'entraînement et qu'il a l'intention d'amorcer une procédure d'approche interrompue à la DA(H) ou au-dessus, ou à l'altitude minimale de descente, selon le cas;

Source des données aéronautiques civiles pour le Canada : © 2018 NAV CANADA Tous droits réservés

MINIMUMS OPÉRATIONNELS – APPROCHE

MINIMUMS OPÉRATIONNELS – APPROCHE

- la RVR fluctue entre des valeurs inférieures et supérieures à la RVR minimale;
- la visibilité au sol fluctue entre des valeurs inférieures et supérieures à la visibilité minimale;
- un phénomène météorologique localisé réduit la visibilité au sol au point où la visibilité le long de l'approche vers la piste visée et le long de cette piste, tel qu'elle est observée par le pilote en vol et immédiatement signalée à l'ATS, le cas échéant, est égale ou supérieure à la visibilité spécifiée dans le CAP pour la procédure d'approche aux instruments effectuée;
- l'approche est effectuée conformément aux spécifications d'exploitation délivrées aux termes des sous-parties 703, 704 ou 705 du RAC.

Le pilote n'a pas le droit d'entamer une approche de non-précision, une APV ou une approche de précision de CAT I vers un aéroport où les procédures de faible visibilité sont en vigueur. Ces procédures sont associées aux opérations CAT III; le **Canada Air Pilot** les énonce pour chaque aéroport approprié. Elles restreignent les opérations des aéronefs et des véhicules sur l'aire de mouvement de l'aéroport lorsque la RVR est inférieure à 1200.

Restrictions opérationnelles – Atterrissage

MINIMUMS OPÉRATIONNELS – ATERRISSAGE

Minimums d'atterrissage

La sous-partie 602 du RAC spécifie que les atterrissages sont régis par les DH/MDA publiées. Un pilote d'aéronef en approche aux instruments n'a pas le droit de poursuivre la descente sous la DH, ou de descendre sous la MDA, selon le cas, à moins que la référence visuelle requise ne soit établie et maintenue pour effectuer un atterrissage sûr. Lorsque la référence visuelle requise n'est pas établie ou maintenue, le pilote doit effectuer une approche interrompue. La marge de franchissement d'obstacles n'est pas garantie dans le cas d'une approche interrompue au-delà du MAP.

Pour qu'il poursuive l'approche en vue d'un atterrissage, le pilote doit pouvoir distinguer clairement l'un des repères visuels énoncés ci-après :

- piste ou marques de piste;
- seuil de piste ou marques de seuil;
- TDZ ou marques de TDZ;
- feux d'approche;
- indicateur de pente d'approche;
- feux d'identification de piste (RILS);
- feux de seuil et d'extrémité de piste;
- balisage lumineux de zone de poser (TDZL);
- feux parallèles de bord de piste;
- feux d'axe de piste

Sous réserve de l'interdiction d'approche, les visibilité d'atterrissage associées aux procédures d'approche aux instruments sont publiées à titre indicatif uniquement. Elles devraient permettre d'établir et de garder en vue le repère visuel requis jusqu'à l'atterrissage; elles ne sont pas limitatives, et leur but est d'aider le pilote à estimer la probabilité d'un atterrissage réussi en regard des rapports de visibilité disponibles de l'aérodrome vers lequel l'approche aux instruments est effectuée.

Exigences de calage altimétrique

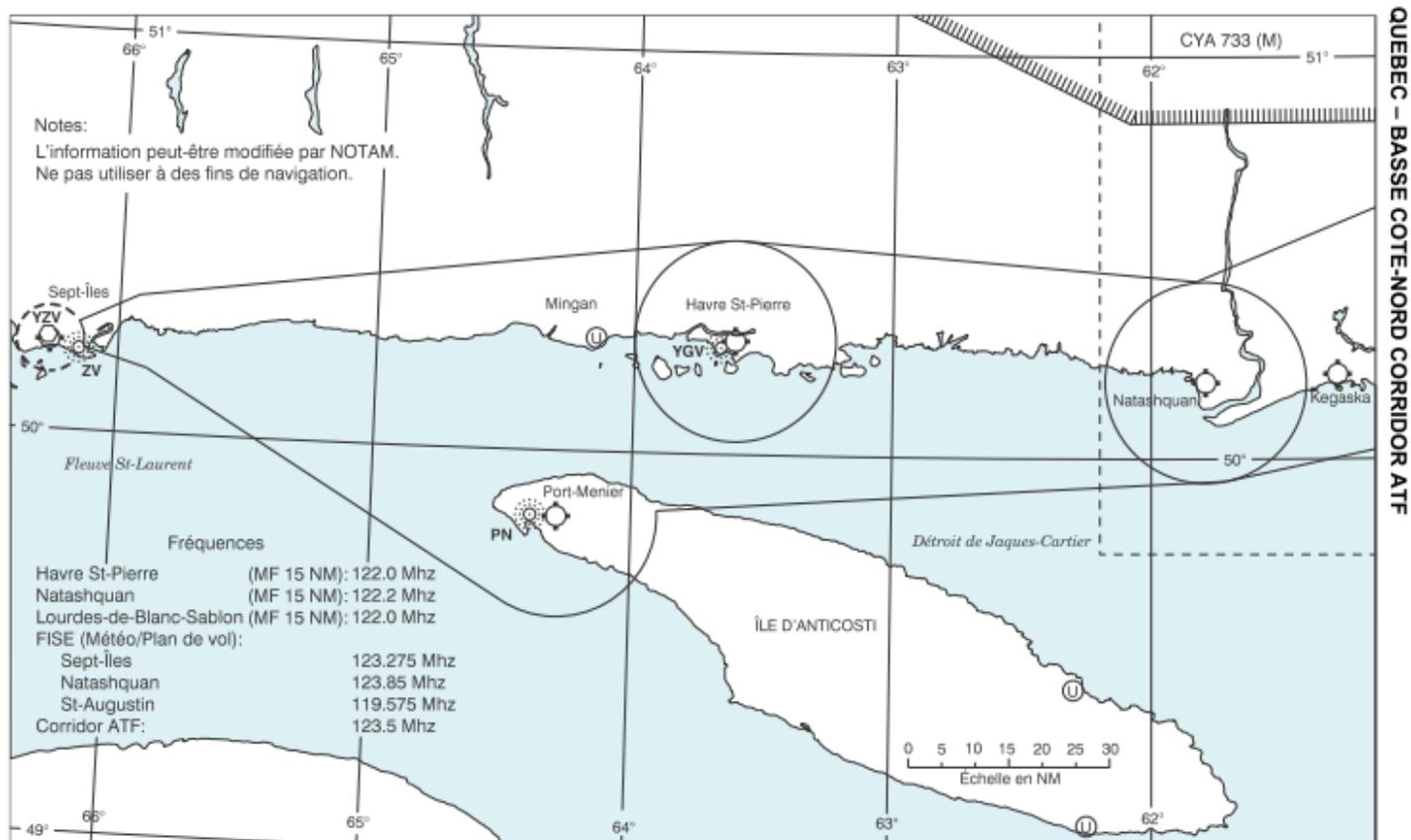
Avant d'entamer une procédure d'approche aux instruments, le pilote doit régler l'altimètre de l'aéronef sur un calage altimétrique courant valable pour l'endroit où l'approche aura lieu. Le calage altimétrique peut être un calage local ou un calage à distance, s'il est autorisé selon la carte de procédure aux instruments. Le calage altimétrique courant est obtenu soit par lecture directe approuvée, soit par équipement à distance, soit par consultation du dernier rapport météorologique horaire régulier. Ce calage est considéré valide pendant 90 minutes après le moment de l'observation.

ATTENTION : Il faut user de prudence lorsqu'on utilise un calage altimétrique dont la mesure remonte à plus de 60 minutes ou lorsqu'une baisse rapide de pression est signalée. Dans de tels cas, une valeur peut être ajoutée à la DH ou la MDA publiée pour compenser la tendance à la baisse de la pression (0.01 pouce de mercure correspond à une correction de 10 pieds).

Source des données aéronautiques civiles pour le Canada : © 2018 NAV CANADA Tous droits réservés

MINIMUMS OPÉRATIONNELS – ATERRISSAGE

Annexe F – Corridor ATF de la Basse-Côte-Nord (À ne pas utiliser pour la navigation)



Source : Supplément de vol – Canada.

