



Transportation
Safety Board
of Canada

Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A15A0054



Atterrissage dur et sortie de piste

Maritime Air Charter Limited
Beechcraft King Air A100 (C-FDOR)
Margaree (Nouvelle-Écosse)
16 août 2015

Canada 

Bureau de la sécurité des transports du Canada
Place du Centre
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau (Québec) K1A 1K8
8199943741
18003873557
www.bst.gc.ca
communications@bst-tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2017

Rapport d'enquête aéronautique A15A0054

N° de cat. TU3-5/15-0054F-PDF
ISBN 978-0-660-08268-4

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

This report is also available in English.

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.

Rapport d'enquête aéronautique A15A0054

Atterrissage dur et sortie de piste Maritime Air Charter Limited Beechcraft King Air A100 (C-FDOR) Margaree (Nouvelle-Écosse) 16 août 2015

Résumé

Le 16 août 2015, un Beechcraft King Air A100 (immatriculé C-FDOR, numéro de série B-103) exploité par Maritime Air Charter Limited effectuait un vol nolisé de l'aéroport international Stanfield de Halifax (Nouvelle-Écosse) à l'aérodrome de Margaree (Nouvelle-Écosse) avec 2 pilotes et 2 passagers à bord. Vers 16 h 16, heure avancée de l'Atlantique, durant une approche visuelle de la piste 01, l'aéronef a fait un atterrissage dur à environ 263 pieds au-delà du seuil de piste. Presque aussitôt, le train d'atterrissage principal droit s'est affaissé, puis l'hélice et l'aile droites ont heurté la piste. L'aéronef a glissé sur la piste sur une distance d'environ 1350 pieds, avant de pivoter à droite et de quitter la piste par le côté. Il s'est immobilisé à 22 pieds du bord de la piste, et à environ 1850 pieds au-delà du seuil de celle-ci. Il n'y a eu ni blessures ni incendie après l'impact. L'aéronef a été gravement endommagé. L'événement est survenu durant les heures de clarté. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz ne s'est pas déclenchée.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0	Renseignements de base	1
1.1	Déroulement du vol.....	1
1.2	Victimes.....	4
1.3	Dommages à l'aéronef.....	4
1.4	Autres dommages.....	4
1.5	Renseignements sur le personnel.....	4
1.6	Renseignements sur l'aéronef.....	5
1.6.1	Généralités	6
1.6.2	Circuit du train d'atterrissage.....	6
1.6.3	Radiobalise de repérage d'urgence.....	7
1.6.4	Ceintures-baudriers des sièges passagers.....	7
1.6.5	Système de navigation.....	8
1.7	Renseignements météorologiques.....	9
1.8	Aides à la navigation.....	9
1.9	Communications.....	9
1.10	Renseignements sur l'aérodrome.....	9
1.11	Enregistreurs	10
1.12	Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	10
1.12.1	Généralités	10
1.12.2	Train d'atterrissage principal droit.....	10
1.13	Renseignements médicaux	11
1.14	Incendie.....	11
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	11
1.15.1	Ceintures-baudriers des sièges passagers.....	11
1.16	Essais et recherches	11
1.16.1	Rapports de laboratoire du Bureau de la sécurité des transports du Canada	11
1.17	Renseignements sur l'entreprise et sur la gestion.....	12
1.17.1	Maritime Air Charter Limited.....	12
1.17.2	Système de gestion de la sécurité de Maritime Air Charter Limited.....	12
1.17.3	Surveillance exercée par Transports Canada	14
1.17.3.1	Généralités.....	14
1.17.3.2	Avis de suspension.....	16
1.17.4	Procédures d'utilisation normalisées de l'A100 de Maritime Air Charter Limited.....	17
1.17.4.1	Généralités.....	17
1.17.4.2	Vérifications au point fixe.....	17
1.17.4.3	Vérifications avant atterrissage.....	17
1.17.4.4	Exposés.....	17
1.17.4.5	Directives d'approche et d'atterrissage.....	18
1.17.5	Manettes d'hélices en position plein petit pas	18
1.18	Renseignements supplémentaires.....	19
1.18.1	Culture de sécurité organisationnelle.....	19
1.18.2	Les approches non stabilisées sont l'un des enjeux de la Liste de surveillance 2016.....	20

1.18.3	Technique d'atterrissage.....	21
1.18.4	Approche stabilisée.....	21
1.18.4.1	Généralités.....	21
1.18.4.2	Alerte à la sécurité de l'Aviation civile.....	21
1.18.5	Fondation pour la sécurité aérienne.....	23
1.18.6	Prise de décisions du pilote.....	24
1.18.7	Gestion des ressources de l'équipage.....	24
1.18.8	Traitement de l'information.....	26
1.19	Techniques d'enquête utiles ou indiquées.....	27
2.0	Analyse.....	28
2.1	Introduction.....	28
2.2	Affectation des équipages et appariement des membres d'équipage.....	28
2.3	Gestion des ressources de l'équipage.....	29
2.4	Décision de remettre les gaz.....	30
2.5	Approche.....	30
2.6	Culture de sécurité de la compagnie.....	32
2.7	Ceintures-baudriers des sièges passagers.....	33
3.0	Faits établis.....	34
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	34
3.2	Faits établis quant aux risques.....	34
3.3	Autres faits établis.....	35
4.0	Mesures de sécurité.....	36
4.1	Mesures de sécurité prises.....	36
4.1.1	Maritime Air Charter Limited.....	36
4.1.1.1	Mesures correctives concernant le commandant de bord.....	36
4.1.1.2	Vérifications au point fixe avant le décollage.....	36
4.1.1.3	Aide-mémoire d'évaluation des risques avant le décollage.....	36
4.1.1.4	Distance d'accélération-arrêt.....	36
4.1.1.5	Programme de formation.....	36

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

Le 16 août 2015, Maritime Air Charter Limited (MAC) devait effectuer un vol nolisé depuis l'aéroport international Stanfield de Halifax (CYHZ) (Nouvelle-Écosse) à destination de l'aérodrome de Margaree (CCZ4) (Nouvelle-Écosse)¹, avec 2 passagers à bord.

Le gestionnaire des opérations de MAC a déterminé que le Beechcraft King Air A100 (A100) de la compagnie effectuerait ce vol. Cette décision s'appuyait principalement sur la disponibilité du personnel, et sur le fait que l'A100 de la compagnie avait déjà atterri à CCZ4 à 2 reprises². En outre, compte tenu de la masse prévue à l'atterrissage, la distance d'atterrissage calculée était de 1700 pieds, soit 800 pieds de moins que la longueur de la piste.

Le gestionnaire des opérations a nommé un pilote employé à temps partiel comme commandant de bord, et un pilote employé à temps plein comme premier officier (P/O). Quoique ces pilotes avaient déjà volé ensemble, ni l'un ni l'autre n'avait atterri à CCZ4 avant.

Durant les préparatifs au vol, le gestionnaire des opérations et le commandant de bord ont discuté des dangers que l'équipage de conduite devait connaître, principalement la présence potentielle de personnes ou d'animaux sur la piste, et de la possibilité de dérouter le vol vers l'aéroport de Port Hawkesbury (CYPD) si cela s'avérait nécessaire³. Le gestionnaire des opérations s'attendait à ce que le commandant de bord décide si l'atterrissage pouvait se faire en toute sécurité.

Ni le commandant de bord ni le P/O n'a indiqué quelque réserve que ce soit à propos de ce vol. En discutant de l'atterrissage sur la piste 01, l'équipage de conduite a remarqué qu'elle était plus courte que celles auxquelles il avait l'habitude d'atterrir. L'équipage de conduite a convenu qu'il procéderait à l'approche finale à 120 nœuds et poserait l'aéronef le plus près possible du seuil de piste. Étant donné le relief élevé aux abords de CCZ4, l'équipage de conduite avait prévu maintenir une altitude élevée, puis descendre à un angle plus prononcé durant l'approche finale.

Avant le départ, même s'il s'agissait du premier vol de la journée pour cet aéronef, l'équipage n'a pas effectué les vérifications au point fixe nécessaires.

¹ L'aérodrome de Margaree n'a pas de certificat d'aéroport, et n'est pas tenu d'être certifié comme tel. Il a le statut d'« aérodrome » au sens prévu par la *Loi sur l'aéronautique*.

² Les 2 vols précédents avaient été effectués par des pilotes chevronnées de la compagnie.

³ L'aéroport de Port Hawkesbury se trouve à 45 milles marins au sud-sud-ouest de CCZ4.

À 15 h 29⁴, l'aéronef a décollé de l'aéroport international Stanfield de Halifax selon les règles de vol à vue (VFR). Le commandant de bord occupait le siège gauche comme pilote aux commandes (PC); le premier officier était le pilote qui n'est pas aux commandes (PNF).

À 15 h 51, l'équipage a amorcé une descente depuis une altitude en route de 9500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl).

L'équipage de conduite a de nouveau confirmé qu'étant donné les vents dont faisait état le système automatisé d'observations météorologiques de l'aéroport de Port Hawkesbury, il allait atterrir sur la piste 01.

À 16 h, le PNF a transmis un avis sur la fréquence de trafic d'aérodrome (ATF)⁵ pour informer tout autre aéronef dans le secteur que l'aéronef allait entrer dans le circuit en étape de base gauche⁶ pour la piste 01.

À 16 h 4, l'équipage de conduite a fait les vérifications de descente conformément aux procédures d'utilisation normalisées (SOP) de la compagnie, à l'exception de l'exposé d'approche. Ce dernier a été abrégé et décrivait l'approche de la piste 01 comme étant visuelle.

À 16 h 7, le PNF a annoncé sur la fréquence ATF que l'aéronef se trouvait à 2700 pieds asl et à environ 20 milles marins (nm) de CCZ4. Aucun autre aéronef n'a signalé sa présence dans le secteur.

Alors que l'aéronef se trouvait à 2500 pieds asl, le PNF a transmis un avis sur la fréquence ATF pour indiquer que l'aéronef allait entrer dans le circuit en étape de base gauche pour la piste 01.

À 16 h 13, à environ 5 nm de la piste, l'équipage de conduite a réduit la puissance à 600 pieds-livres de couple et a sélectionné les volets en position d'approche pour amorcer un taux de descente à un angle prononcé⁷.

L'équipage de conduite a noté la présence d'un pylône dans sa trajectoire de vol, et le PNF s'est concentré sur le maintien de la marge de franchissement.

Vers 16 h 14, le PC a réduit la puissance au ralenti de vol afin d'accroître davantage le taux de descente. Les allumeurs du circuit d'autoallumage se sont activés, ce qui indique que la puissance moteur était inférieure à 400 pieds-livres de couple. Ils sont demeurés en fonction jusqu'au poser de l'aéronef.

⁴ Toutes les heures indiquées sont à l'heure avancée de l'Atlantique (temps universel coordonné moins 3 heures).

⁵ La fréquence de trafic d'aérodrome (ATF) de CCZR est le 123,3 MHz.

⁶ L'étape de base est une courte trajectoire descendante perpendiculaire au prolongement de l'axe à l'extrémité d'approche de la piste.

⁷ L'angle des volets en position d'approche est de 30 %.

L'équipage a sélectionné la sortie du train d'atterrissage; après que le PNF eût confirmé que l'aéronef avait dégagé le pylône, l'équipage a sélectionné les pleins volets⁸. L'équipage de conduite n'a pas achevé les vérifications avant atterrissage, comme l'exigent les SOP. Environ 20 secondes plus tard, l'aéronef traversait 1900 pieds asl en descente (environ 1700 pieds au-dessus de l'élévation de la piste) et se trouvait à 2,1 nm du seuil de piste.

Vers 16 h 15 min 34 s, le PNF a indiqué que la vitesse anémométrique était inférieure à celle prévue. Le PC a indiqué qu'il effectuait la correction nécessaire et a accru la vitesse anémométrique en plongeant l'aéronef dans un piqué; il n'y a eu aucun changement de puissance moteur. Cette correction a été suivie des alertes automatisées « SINK RATE » (taux de descente), « PULL UP, PULL UP » (cabrer) et « FIVE HUNDRED » (500 pieds au-dessus de l'élévation du relief) émises à intervalles très rapprochés par le système d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS). Le PC a confirmé les annonces du TAWS et a amorcé une réduction du taux de descente en cabrant l'aéronef; il n'y a eu aucun changement de puissance moteur.

À 16 h 15 min 56 s, alors que l'aéronef était à environ 120 pieds au-dessus de l'élévation de la piste, le PNF a commencé à pousser les manettes d'hélices en position plein petit pas⁹, tout en demandant au PC s'il devait faire ce réglage. Presque aussitôt, le PC a répondu « check » au PNF (affirmatif). Il n'y a eu aucun changement de puissance moteur, et le taux de descente de l'aéronef a augmenté.

À 16 h 16 min 6 s, les manettes d'hélices étaient en position plein petit pas; 4 secondes plus tard, le PC a demandé de pousser les manettes d'hélices en position plein petit pas. Presque immédiatement après, l'aéronef s'est posé brutalement à plat, à environ 263 pieds au-delà du seuil de piste. Le train principal droit s'est affaissé, et 82 pieds plus loin, l'hélice droite a heurté la surface de la piste. L'aéronef s'est appuyé sur l'aile et la nacelle du moteur droites, avant de virer à droite et de sortir de la piste. L'aéronef s'est immobilisé à 22 pieds du bord de la piste, à environ 1850 pieds au-delà du seuil, sur un cap d'environ 90° (figure 1).

Il n'y a eu ni blessures ni incendie après l'impact. L'équipage de conduite et les passagers ont évacué l'aéronef par la porte de la cabine.

⁸ Le réglage pleins volets est 100 %.

⁹ Le déplacement des manettes d'hélices en position plein petit pas règle la vitesse de rotation de l'hélice à 2200 tours par minute.

Figure 1. Aéronef à l'étude



1.2 Victimes

Tableau 1. Victimes

	Équipage	Passagers	Autres	Total
Tués	-	-	-	-
Blessés graves	-	-	-	-
Blessés légers/indemnes	2	2	-	4
Total	2	2	-	4

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été gravement endommagé.

1.4 Autres dommages

La piste a subi de nombreuses éraflures causées par la glissade de l'aéronef et le contact de l'hélice droite avec la surface.

1.5 Renseignements sur le personnel

Les dossiers indiquaient que l'équipage possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Licence	Pilote de ligne	Pilote professionnel
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} septembre 2015	1 ^{er} novembre 2015
Heures totales de vol	1723,9	532
Heures de vol aux commandes du Beechcraft King Air A100	298,3	70,1
Heures de vol aux commandes du Beechcraft King Air B200	177,3	107,5
Heures de vol - 90 derniers jours	33,9	56,5
Heures de vol aux commandes de l'A100 - 90 derniers jours	19,2	39,5
Jours libres avant la prise de service	15	1

Le commandant de bord était au service de MAC à temps partiel depuis environ 10 ans. Le dernier contrôle de compétence pilote périodique du commandant de bord pour l'A100 avait eu lieu en mai 2015. Son dernier vol aux commandes de l'A100 avait eu lieu 16 jours avant le vol à l'étude. Le commandant de bord avait accumulé toutes ses heures de vol aux commandes de l'A100 au service de MAC.

Le P/O était au service de MAC depuis environ 2 ans. Il avait réussi un contrôle de compétence pilote pour l'A100 en mai 2015, et son dernier vol aux commandes de l'A100 avait eu lieu 10 jours avant le vol à l'étude. Le contrôle de compétence pilote du P/O ne le qualifiait pas pour les fonctions de commandant de bord d'un A100.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Beechcraft*
Type, modèle et immatriculation	Beechcraft King Air A100 (C-FDOR)
Année de construction	1972
Numéro de série	B-103
Date d'émission du certificat de navigabilité	27 mars 1972
Nombre total d'heures de vol cellule	14 345 heures
Type de moteur (nombre de moteurs)	Turbopropulseurs, Pratt & Whitney Canada, PT6A-28 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	11 500 livres
Types de carburant recommandés	Jet A1, Jet A, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet-A1

* La société mère Textron Aviation Inc. est le propriétaire et l'exploitant de Beechcraft Corporation.

1.6.1 Généralités

L'A100 est un aéronef bimoteur turbopropulsé pressurisé. L'aéronef à l'étude était configuré pour transporter 2 membres d'équipage et un maximum de 8 passagers.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément aux règlements en vigueur et aux procédures approuvées. Il n'y avait aucune indication qu'un composant ou un système était défectueux avant l'atterrissage à l'étude. La masse et le centre de gravité se situaient en deçà des limites prescrites.

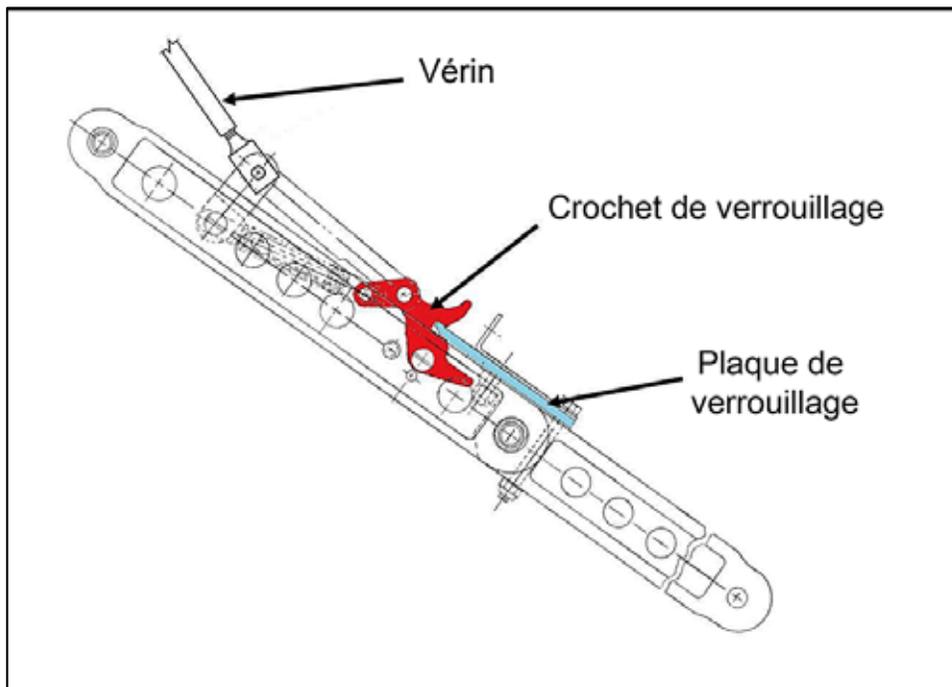
L'enquête a permis de déterminer que la distance d'atterrissage calculée par MAC correspondait aux données du manuel d'utilisation de l'aéronef A100 pour un atterrissage pleins volets et sans inversion de pas d'hélices compte tenu des conditions qui prévalaient ce jour-là et la masse à l'atterrissage déclarée.

1.6.2 Circuit du train d'atterrissage

L'A100 est muni d'un train d'atterrissage tricycle escamotable. Des vérins hydrauliques commandent l'entrée et la sortie du train d'atterrissage, et leur pression d'huile est assurée par une pompe électrique¹⁰. Le déploiement des vérins fait sortir le train d'atterrissage. L'ensemble de la contrefiche du train principal comprend un crochet de verrouillage sur la contrefiche supérieure et une plaque de verrouillage sur la contrefiche inférieure. Lorsque le vérin est déployé, l'ensemble de contrefiche (qui comporte 2 pièces) se déplie, ce qui fait pivoter le crochet, lequel s'engage dans l'extrémité de la plaque. Lorsque le train d'atterrissage est complètement déployé et verrouillé, les points d'articulation de la contrefiche sont alignés, et le crochet et la plaque sont complètement engagés. Cette configuration maintient l'ensemble de contrefiche dans une position sortie et verrouillée positive, et permet à la contrefiche d'agir comme composant rigide de l'ensemble de train d'atterrissage (figure 2).

¹⁰ Le C-FDOR avait été modifié par l'installation d'un système hydraulique d'escamotage et de déploiement du train d'atterrissage conforme au certificat de type supplémentaire SA4013WE de la Federal Aviation Administration. Cette modification ne change rien aux ensembles de contrefiches.

Figure 2. Ensemble de contrefiche du train d'atterrissage principal (Source : Textron Aviation Inc., avec annotations du BST)



1.6.3 Radiobalise de repérage d'urgence

L'aéronef était muni d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) automatique fixe de 406 mégahertz (MHz) de marque Ameri-King Corporation à déclenchement manuel ou automatique. Le déclenchement manuel se fait en plaçant l'interrupteur de l'ELT à « ON » (marche). Le déclenchement automatique survient lorsque l'interrupteur de l'ELT est en position « ARM » (armé) et que les forces d'impact déclenchent un interrupteur à inertie interne.

On a trouvé l'ELT installée dans la bonne orientation, et son interrupteur de déclenchement était armé. Le laboratoire du BST a testé l'ELT, et aucune défaillance n'a été constatée. Les forces d'impact étaient insuffisantes pour que l'ELT se déclenche automatiquement.

1.6.4 Ceintures-baudriers des sièges passagers

Les sièges passagers installés à bord de l'aéronef à l'étude n'étaient pas munis de ceintures-baudriers, et la réglementation en vigueur ne l'exigeait pas.

D'après l'alinéa 605.24 (3)¹¹ du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), tout petit avion construit après le 12 décembre 1986 dont le certificat de type initial prévoit neuf sièges

¹¹ <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-96-433/page-118.html> (dernière consultation le 17 février 2017).

passagers ou moins doit comprendre des sièges passagers munis d'une ceinture de sécurité comprenant une ceinture-baudrier. Aucune exigence réglementaire n'oblige l'installation de ceintures-baudriers à bord de petits aéronefs fabriqués avant cette date, comme celui à l'étude.

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 l'existence d'ensembles de sièges ou de trousse de ceintures-baudriers pour assurer la retenue du torse des passagers. L'avionneur recommandait fortement l'installation de ces mises à niveau comme moyen d'améliorer la sécurité des passagers.

Le numéro de série de l'aéronef à l'étude indique que pour se conformer à l'instruction de service, le propriétaire aurait dû se procurer des ensembles de sièges complets, étant donné l'incompatibilité des trousse de ceintures-baudriers.

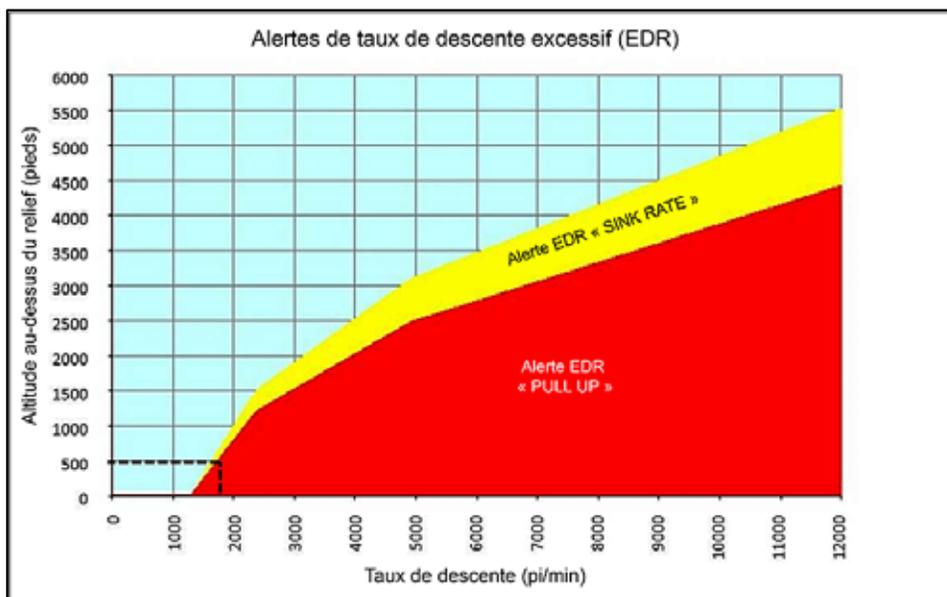
MAC ne considérait pas l'absence de ceintures-baudriers aux sièges passagers comme un risque pour la sécurité, et ignorait tout de l'instruction de service 0937.

1.6.5 Système de navigation

L'aéronef était muni d'un système de navigation GTN 750 fabriqué par Garmin International, Inc. La fonction TAWS de ce système comprend des alarmes de taux de descente excessif qui avertissent les pilotes lorsque le système détermine que l'aéronef descend vers le relief à un taux de descente excessif.

D'après les critères de taux de descente excessif, pour que le système TAWS annonce « SINK RATE », puis « PULL UP, PULL UP » à intervalles très rapprochés lorsque l'aéronef est à environ 500 pieds au-dessus du sol, le taux de descente devait avoir été d'au moins 1750 pieds par minute (figure 3).

Figure 3. Tableau des critères de taux de descente excessif (reproduit avec la permission de Garmin International, Inc., avec annotations du BST)



1.7 Renseignements météorologiques

Environ 20 minutes avant l'atterrissage, le système automatisé d'observations météorologiques de l'aéroport de Port Hawkesbury a fait état des conditions suivantes : vents du 310° magnétique soufflant à 10 nœuds, visibilité supérieure à 9 milles terrestres, ciel dégagé, température de 29 °C, point de rosée de 19 °C, calage altimétrique de 29,98 pouces de mercure.

1.8 Aides à la navigation

CCZA n'est desservi par aucune aide à la navigation au sol.

1.9 Communications

Toutes les communications avec l'aéronef durant le vol se sont déroulées normalement.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

CCZA est un aérodrome non contrôlé exploité et maintenu par la municipalité du comté d'Inverness. Il comprend une seule piste asphaltée (piste 01/19) qui mesure 2500 pieds de longueur sur 75 pieds de largeur. L'élévation de la piste est de 181 pieds asl.

Le *Supplément de vol - Canada* publié par NAV CANADA comprend une mise en garde sur le relief élevé pouvant atteindre 1400 pieds asl à moins de 3 nm de l'aérodrome.

1.11 Enregistreurs

L'appareil n'avait pas d'enregistreur de données de vol, et il n'était pas tenu d'en avoir en vertu de la réglementation.

Il était toutefois pourvu d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage Honeywell (modèle AR-30, numéro de pièce 980-6023-001, numéro de série 0590), quoique la réglementation ne l'exigeait pas non plus. Ce dispositif avait une capacité d'enregistrement de 30 minutes, et les données qui y étaient stockées comprenaient celles du vol à l'étude. On a pu télécharger les données de l'enregistreur de conversations de poste de pilotage; elles contenaient des enregistrements audio de bonne qualité du vol à l'étude qui ont fourni des renseignements utiles aux enquêteurs.

De nombreux rapports d'enquêtes aéronautiques du BST ont fait état d'enquêteurs incapables de déterminer les causes d'un accident en raison de l'absence de dispositifs d'enregistrement de bord¹². Les avantages des données de vol enregistrées dans le cadre d'enquêtes sur les accidents d'aéronefs sont bien connus et documentés¹³. Leur absence pourrait empêcher la détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Généralités

Lorsque l'aéronef a quitté la piste, il a heurté plusieurs petits arbres avant de s'immobiliser sur son aile et la nacelle moteur de droite. Le train d'atterrissage principal gauche et le train avant sont demeurés déployés.

Les pales de l'hélice droite étaient tordues et abrasées. Les volets de droite étaient écrasés, et l'aile droite a été endommagée à son extrémité, sur son bord d'attaque et sur son intrados et son extrados. L'ouïe de prise d'air de radiateur d'huile du moteur droit a été endommagée par abrasion, et les trappes du train d'atterrissage principal droit étaient déformées et abrasées. Le côté droit du fuselage à côté de l'hélice présentait plusieurs petites bosselures.

1.12.2 Train d'atterrissage principal droit

La plaque de verrouillage de la contrefiche en position sortie du train principal droit était pliée. Le support s'était dégagé du crochet de verrouillage train sorti, l'ensemble de contrefiche était replié en position rentrée, et le vérin du train principal droit était complètement déployé.

¹² Rapports d'enquêtes aéronautiques du Bureau de la sécurité des transports A01W0261, A02W0173, A03H0002, A05W0137, A05C0187, A06W0139, A07Q0063, A07W0150, A09A0036, A09P0187 et A10P0244. Ces rapports sont disponibles sur le site Web du BST (www.bst.gc.ca).

¹³ Rapport d'enquête aéronautique A11W0048 du BST.

L'ensemble de contrefiche du train principal droit et les composants de l'ensemble de verrouillage train sorti ont été examinés par le laboratoire du BST. La plaque de verrouillage train sorti présentait une courbure d'environ 33°, ce qui correspond à une surcharge comme suite à un atterrissage dur. Lorsque le support s'est dégagé du crochet, la contrefiche s'est repliée (position rentrée) sous le poids de l'aéronef.

1.13 Renseignements médicaux

Selon l'enquête, rien n'indiquait que la fatigue ait pu nuire au rendement de l'équipage de conduite.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Ceintures-baudriers des sièges passagers

On sait que l'utilisation d'un dispositif de retenue à 3 ou 4 points d'ancrage (ceinture de sécurité et ceinture-baudrier) permet une meilleure répartition de la force d'impact et diminue la gravité des blessures au tronc et à la tête¹⁴.

Le risque de blessures graves ou de décès est plus accru chez les occupants d'avions légers ne portant pas de dispositif de retenue du torse ou de ceintures-baudriers. Récemment, une étude réalisée par la Federal Aviation Administration sur les accidents mortels et occasionnant des blessures graves en Alaska¹⁵ a appuyé les résultats d'études de sécurité antérieures¹⁶.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP262/2015 – Main Landing Gear Examination [Examen du train d'atterrissage principal]

¹⁴ National Transportation Safety Board des États-Unis (NTSB), *General Aviation Crashworthiness Project: Phase Two – Impact Severity and Potential Injury Prevention in General Aviation Accidents* (Safety Report NTSB/SR-85/01, 15 mars 1985).

¹⁵ Federal Aviation Administration, Office of 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).

¹⁶ (1) Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST), *Étude de sécurité portant sur les possibilités de survie dans les accidents d'hydravions*, rapport SA9401 (1994). (2) *Small Aircraft Crashworthiness*, volume 1, TP 8655E, préparé par Sypher : Mueller International inc. (juillet 1987).

- LP265/2015 – ELT Examination [Examen de l'ELT]
- LP266/2015 – G-Switch Examination [Examen de l'interrupteur du détecteur d'écrasement]

1.17 Renseignements sur l'entreprise et sur la gestion

1.17.1 Maritime Air Charter Limited

MAC est une compagnie privée en affaires depuis 1996. La compagnie offre des services de taxi aérien assujetti à la sous-partie 703 du RAC, ainsi que de vols nolisés intérieurs et internationaux. Au moment de l'événement, outre l'aéronef à l'étude, la compagnie exploitait 1 Beechcraft King Air B200 (B200) et 2 Piper Navajo PA-31.

Selon le manuel d'exploitation de la compagnie, les responsabilités étaient réparties comme suit : la sécurité des opérations aériennes incombait au gestionnaire des opérations; les normes professionnelles des équipages de conduite incombait au chef pilote; le contrôle du système de maintenance de l'exploitant aérien incombait au coordonnateur de la maintenance. Les personnes qui occupaient ces postes étaient des pilotes qui avaient aussi des tâches de pilotage.

En janvier 2015, Transports Canada (TC) a approuvé un nouveau titulaire au poste de gestionnaire des opérations à MAC. La compagnie a également confié à cette personne les tâches et responsabilités de chef pilote. Au moment de l'accident, outre le nouveau gestionnaire des opérations/chef pilote et le président de la compagnie, MAC avait à son service 1 pilote à temps partiel et 3 pilotes à temps plein.

1.17.2 Système de gestion de la sécurité de Maritime Air Charter Limited

Quoique la réglementation en vigueur ne l'exigeait pas, MAC avait volontairement mis en œuvre un système de gestion de la sécurité (SGS) en 2007. Ce système respectait les composants d'un SGS mentionnés dans la publication technique 14135 de TC intitulée *Systèmes de gestion de la sécurité propres aux petites exploitations aériennes : Un guide de mise en œuvre pratique*¹⁷. Comme la réglementation n'impose pas aux exploitants assujettis à la sous-partie 703 du RAC d'avoir un SGS, TC n'a ni examiné ni approuvé le SGS de MAC.

Le SGS de MAC définit le processus pour cerner les dangers pour la sécurité et réduire au minimum les risques et états qui en découlent. Selon ce SGS, [traduction] « chacun doit avoir pour objectif quotidien d'adhérer à des SOP fondées sur des pratiques sécuritaires et d'éviter les raccourcis qui peuvent réduire la sécurité¹⁸ ».

¹⁷ La publication technique 14135 a été annulée le 2 septembre 2016 par l'entrée en vigueur de la Circulaire d'information (CI) n° 107-002, « Guide sur le développement des systèmes de gestion de la sécurité à l'intention des plus petits organismes de l'aviation » de TC.

¹⁸ Maritime Air Charter Limited, *Operations Manual*, Chapter 8: Safety Management System (SMS), p. 8-1, 7 avril 2015.

Selon l'énoncé (partiel) de la politique de sécurité du cadre supérieur responsable¹⁹ :
[traduction] « Un SGS ne peut être efficace sans l'appui total de la gestion de la compagnie²⁰. »

Il incombait au gestionnaire des opérations de surveiller tous les aspects du SGS et de s'assurer que l'ensemble du personnel de supervision les connaissait à fond. Ces aspects du SGS comprenaient l'examen et l'analyse des dangers signalés pour en cerner les causes profondes et assurer la mise en place de mesures correctives.

D'après l'alinéa 5.12.1 du manuel d'exploitation de la compagnie, la formation initiale et la formation annuelle des pilotes consacrent 12 minutes au SGS. Or, aucun des manuels de la compagnie ne comprenait de description de la formation sur le SGS.

Le commandant de bord et le P/O avaient reçu une formation sur le SGS durant leur formation périodique en 2015.

Le SGS de MAC comprenait les éléments suivants :

- des rapports sur les dangers pour la sécurité;
- des rapports sur la gestion du risque accompagnés de descriptions d'analyses des causes profondes;
- des plans de mesures correctives à court et à long terme se soldant par un examen de leur efficacité à une date ultérieure prescrite;
- une politique de signalement non punitive et des objectifs de sécurité;
- une politique de maintenance pour le SGS;
- une analyse annuelle des tendances;
- un calendrier de conservation de la documentation SGS.

MAC se servait des éléments du SGS de façon préventive, pour mettre en œuvre les suggestions d'amélioration des employés, et aussi de façon réactive, en réponse aux constatations de TC soulevées durant des activités de surveillance antérieures et aux préoccupations de sécurité soulevées par le personnel de la compagnie.

MAC a préparé des analyses annuelles des tendances SGS en 2012 et 2013, ainsi que des résumés de rapports SGS en 2011, 2012 et 2013. La compagnie a également publié une infolettre sur la sécurité en 2011 qui faisait état des principaux dangers pour la sécurité et de leurs mesures correctives. Il s'agit des seules occasions où ces rapports ont été produits.

¹⁹ Le président de la compagnie était le cadre supérieur responsable.

²⁰ Maritime Air Charter Limited, *Operations Manual*, Chapter 8: Safety Management System (SMS), p. 8-4, 7 avril 2015.

1.17.3 Surveillance exercée par Transports Canada

1.17.3.1 Généralités

TC s'attend à ce que les compagnies gèrent activement la sécurité de leurs activités (c.-à-d., atténuent les risques à des niveaux acceptables) et mettent sur pied des programmes qui leur permettent d'assurer leur conformité constante aux exigences réglementaires. Le programme de surveillance de TC sert à évaluer si une compagnie d'aviation a mis en œuvre des systèmes appropriés et efficaces. Le ministère effectue des inspections ciblées de surveillance des systèmes à intervalles définis par les indicateurs de risque. Ce programme est axé sur les systèmes clés définis en fonction du type de certificat et de l'exigence obligatoire ou facultative pour une compagnie d'avoir un SGS.

Le programme de surveillance repose sur une approche systémique de la gestion du risque et comprend les étapes suivantes :

- examen de la documentation;
- entrevues et échantillonnage sur place effectués par des inspecteurs;
- production d'un rapport faisant état des lacunes systémiques constatées.

Cette approche permet aux inspecteurs de comprendre la manière dont une compagnie prévoit satisfaire à une exigence réglementaire particulière. Dans le cadre de l'échantillonnage, les inspecteurs choisissent des domaines ou des extraits précis pour tester la conformité au système et aux règlements applicables.

TC effectue habituellement des inspections de validation de programme (IVP) sur une base régulière. Ces inspections se fondent sur des indicateurs de risque, et leur fréquence est ajustée en fonction de ces indicateurs. L'approche de surveillance actuelle de TC est de planifier, selon l'indicateur de risque ou d'impact d'une compagnie (évalué par TC), un intervalle de surveillance aussi bref qu'une fois par année (risque ou impact élevés) ou aussi long que tous les 5 ans (risque ou impact plus faible). Ces intervalles sont soumis à une révision annuelle et peuvent être modifiés en tout temps si TC estime que des changements dans les indicateurs de risque d'une compagnie le justifient.

Pendant une IVP, l'équipe de TC effectue des entrevues, et analyse ses observations après avoir recueilli des preuves pour les appuyer. Ensuite, elle détermine si l'exploitant se conforme aux règlements et si son SGS est efficace (s'il doit en avoir un). L'équipe consigne les éléments de non-conformité constatés et documente les résultats de l'examen sur place.

L'inspection de processus (IP) est un autre outil de surveillance qu'emploie TC pour déterminer si les processus d'un exploitant répondent aux exigences réglementaires et s'ils fonctionnent comme prévu. Contrairement à une IVP, la portée d'une IP se limite à un seul processus et sert à aider TC à déterminer le niveau de risque associé à un exploitant et si une surveillance additionnelle s'impose ou non. Comme une IVP, une IP peut, elle aussi, donner lieu à des constatations; toutefois, on n'accorde aucune note à celles-ci. Le rapport d'IP indique si un processus répond aux exigences réglementaires applicables et si l'exploitant y adhère tel qu'il est publié dans les manuels approuvés de la compagnie, ou bien si ce

processus n'est ni documenté, ni mis en œuvre, ni efficace. Dans certains cas, les résultats d'une IP peuvent entraîner la tenue d'une IVP dans un intervalle plus court que prévu.

En principe, tout processus requis par la réglementation peut faire l'objet d'une IP ou d'une IVP. Des IP ciblées portant sur toute une gamme de domaines peuvent faire ressortir un manque de conformité à la réglementation qui exige ces processus. Si une IP met en lumière des lacunes de sécurité, une IVP pourra alors être menée de façon urgente dans le but de colliger assez d'information pour la rédaction d'un rapport et la prise de mesures relatives aux certificats, si nécessaire.

TC utilise des indicateurs de risque qui fournissent « une représentation numérique des situations ou des changements dans une entreprise ayant un effet sur le processus décisionnel relatif à la surveillance de TCAC [Transports Canada, Aviation civile]²¹ ». L'évaluation formelle des risques (sans lien avec les indicateurs de risque) de chaque compagnie ne se fait pas de routine lorsqu'un calendrier de surveillance prévue est établi. TC utilise également l'information du système de compte rendu quotidien des événements de l'Aviation civile et de dossiers de mesures d'application, ainsi que des renseignements secrets et ses propres connaissances historiques d'une compagnie – autant de renseignements qui pourraient réduire l'intervalle proposé par l'outil indicateur de risque.

En vertu de l'article 7 de la *Loi sur l'aéronautique*, le ministre des Transports est autorisé à suspendre un document d'aviation canadien. L'instruction visant le personnel SI SUR-014²², intitulée « Suspension ou annulation d'un document d'aviation canadien pour des raisons de sécurité », fournit des lignes directrices sur la façon de prendre des mesures relatives aux certificats en vertu de la *Loi sur l'aéronautique*. Selon SI SUR-014, l'intérêt public figure parmi les motifs qui justifient la prise de mesures relatives aux certificats, conformément au sous-alinéa 7.1 (1)(c) de la *Loi sur l'aéronautique*.

On invoque ce paragraphe de la *Loi sur l'aéronautique* lorsque les antécédents aériens du titulaire du document comprennent des exemples de non-conformité qui sont « suffisamment sérieux et répétés pour [permettre de] tirer comme conclusion qu'il existe un risque futur de contraventions additionnelles²³ ». D'après la SI SUR-014, pour ce qui est de prendre des mesures relatives aux certificats en vertu de cette partie de la Loi, il serait convenable de tenir compte des dossiers, y compris les dossiers d'accident, de conformité (dossiers de la division de l'application de la loi en aviation), de vérification, et de validation de programmes ou d'évaluation qui sont liés à la conformité des systèmes. La SI SUR-014 ajoute que les questions de non-conformité qui ont été relevées durant des activités de

²¹ Transports Canada, Circulaire d'information (CI) N° SUR-004, « Programme de surveillance de l'Aviation civile », Numéro d'édition 01, 19 novembre 2015.

²² Transports Canada, Instruction visant le personnel SUR-014, « Suspension ou annulation d'un document d'aviation canadien pour des raisons de sécurité », Édition n° 1, 19 juillet 2011.

²³ *Loi sur l'aéronautique*, L.R.C. (1985), ch. A-2, paragraphe 7 (1), paraphrasée dans SUR-014 Édition 01, « Suspension ou annulation d'un document d'aviation canadien pour des raisons de sécurité », 19 juillet 2011, sous-alinéa 5.6.1 (2), p. 16.

surveillance et qui ont été réglées à l'aide de mesures correctives ne justifient pas la prise de telles mesures relatives au certificat.

1.17.3.2 *Avis de suspension*

En octobre 2014, les 2 propriétaires de MAC étaient le président/chef pilote de la compagnie, et le coordonnateur de maintenance/personne responsable de la maintenance (PRM).

Le 3 octobre 2014, TC a émis un avis de suspension (AS) à MAC en vertu du sous-alinéa 7.1 (1)(c) de la *Loi sur l'aéronautique*, avis qui a pris effet le 3 novembre 2014. Cet AS faisait état de 23 raisons réglementaires comme motifs de suspension. Toutes ces raisons, sauf une, avaient trait à la période de janvier 2010 à février 2014.

Des 23 raisons réglementaires, 17 étaient attribuables à l'inaction du gestionnaire des opérations de s'assurer que la compagnie se conformait au RAC. Les 6 autres concernaient particulièrement le titulaire du poste de PRM. Certaines des raisons avaient trait aux dépassements de temps de vol et de service et aux carences de repos des pilotes, y compris du chef pilote, du gestionnaire des opérations et de la PRM.

Au total, on a relevé 6 infractions qui ont donné lieu à une sanction pécuniaire imposée à la compagnie ou à une personne, ou les deux. Les infractions en question comprenaient les incidents suivants :

- En juin 2012, un aéronef ayant un défaut connu du train d'atterrissage a servi pour effectuer un vol commercial de transport de passagers. L'aéronef a subi un accident causé par l'affaissement du train d'atterrissage.
- En octobre 2007, un aéronef piloté par la PRM de MAC a manqué de carburant durant un vol commercial de transport de passagers et a dû atterrir à un aéroport de dégagement sans puissance moteur.

La levée de la suspension était conditionnelle à une analyse de MAC pour déterminer la ou les causes profondes de l'incapacité du gestionnaire des opérations de s'acquitter de certaines des responsabilités de ce poste, dont celle de s'assurer que les activités de l'exploitant aérien étaient menées conformément à la réglementation, aux normes et aux politiques de l'exploitant en vigueur.

Dans le cadre du plan de mesures correctives de la compagnie approuvé par TC, MAC a embauché une nouvelle personne au poste de gestionnaire des opérations/chef pilote. Après avoir accepté le plan de mesures correctives de MAC, TC a déterminé que la compagnie satisfaisait aux conditions pour lever la suspension, ce qui a été fait le 28 octobre 2014.

En janvier 2015, TC a approuvé le nouveau gestionnaire des opérations de MAC.

1.17.4 Procédures d'utilisation normalisées de l'A100 de Maritime Air Charter Limited

1.17.4.1 Généralités

Les SOP relatives à l'A100 de MAC visent à assurer que les équipages de conduite respectent les limites de l'aéronef et adhèrent au manuel d'utilisation de l'aéronef (MUA) approuvé de l'avionneur. Le manuel SOP stipule qu'il complète le MUA et que ce dernier a primauté. Quoique les SOP ne peuvent couvrir toutes les circonstances, MAC s'attend à ce que son personnel use de discernement et les applique avec régularité.

D'après ces SOP, on doit utiliser des listes de vérification durant les opérations normales.

1.17.4.2 Vérifications au point fixe

Les équipages de conduite doivent effectuer les essais moteur au point fixe de MAC avec la liste de vérification appropriée avant le premier vol de la journée²⁴.

L'enquête a permis de déterminer qu'il était devenu courant pour les pilotes de MAC de ne pas effectuer les vérifications au point fixe lorsque des passagers se trouvaient à bord de l'aéronef. Toutefois, ils y adhéraient lors de vols d'entraînement et de tests en vol.

1.17.4.3 Vérifications avant atterrissage

En approche finale, le PC doit demander que l'on effectue les vérifications avant atterrissage, et le PNF doit confirmer que la liste de vérifications a été achevée.

Les vérifications avant atterrissage comprennent le réglage des volets, la sélection et la confirmation de la sortie du train d'atterrissage, le réglage des manettes de commande des hélices pour obtenir 2000 tours par minute, puis la sélection pleins volets.

La liste de vérifications après atterrissage exige le réglage des manettes d'hélices en position plein petit pas.

Dans le cas d'une approche visuelle, en plus d'effectuer les vérifications avant atterrissage, le PNF doit faire les annonces « 1000 au-dessus » et « 500 au-dessus »²⁵.

1.17.4.4 Exposés

Les SOP ne disent pas que l'équipage de conduite doit effectuer un exposé avant le vol.

Un exposé d'approche est requis pour chaque approche afin de s'assurer que le PNF est conscient des intentions du PC et pour identifier toutes les tâches que le PNF devra effectuer.

²⁴ La liste des vérifications au point fixe de MAC est basée sur la liste de vérifications avant décollage du manuel d'utilisation de l'aéronef A100 approuvé par la Federal Aviation Administration.

²⁵ Ces annonces sont exprimées en pieds au-dessus du niveau du sol.

L'exposé d'approche visuelle (VFR) de la compagnie comprend les instructions du contrôleur de la circulation aérienne, la piste en service, les altitudes et les instructions d'approche interrompue.

1.17.4.5 Directives d'approche et d'atterrissage

MAC n'a pas de critères formels d'approche stabilisée et n'effectue pas d'évaluation du risque en bonne et due forme lorsqu'elle régule des aéronefs et des équipages. Ni l'un ni l'autre de ces éléments n'est prévu par la réglementation.

Les SOP ne contiennent aucun renseignement sur les menaces potentielles liées aux approches non stabilisées, et elles n'exigent pas que les équipages de conduite discutent d'un point d'atterrissage sur la piste. La compagnie attend de ses pilotes qu'ils se servent de leurs connaissances, de leurs compétences et de leur expérience pour évaluer si une approche est stabilisée, et qu'ils réagissent en conséquence, y compris en remettant les gaz lorsque la situation l'exige.

Les SOP stipulent que lorsque les pilotes effectuent une approche, le taux de descente de l'aéronef doit être de 600 à 800 pieds par minute. Le réglage de la puissance moteur durant une approche normale doit être supérieur à celui requis pour actionner le circuit d'autoallumage.

Les SOP comprennent un diagramme qui illustre le circuit d'approche visuelle/VFR de la compagnie. D'après le diagramme de MAC, lorsque l'aéronef se trouve à l'étape vent arrière, les volets doivent être réglés à 30 %, et la vitesse anémométrique doit être inférieure à 153 nœuds. Lorsque l'aéronef se trouve par le travers du seuil de piste, le train d'atterrissage devrait être sorti, et les vérifications avant atterrissage, achevées. Lorsque l'aéronef est en virage en étape de base, la vitesse anémométrique devrait être réduite à 120 nœuds, et l'on doit amorcer la descente selon une pente d'approche standard de 3°. En approche finale, la vitesse anémométrique devrait être de 120 nœuds avec pleins volets, et diminuant à 100 nœuds pour l'atterrissage.

Le PNF doit toujours faire une annonce standard en cas d'écart par rapport à la vitesse d'approche prévue. Cette annonce doit comprendre l'écart constaté.

1.17.5 Manettes d'hélices en position plein petit pas

D'après le MUA de l'A100, un atterrissage avec inversion maximale de puissance est la seule circonstance où l'on doit placer les manettes d'hélices en position plein petit pas juste avant le poser des roues. Toutefois, avant de pouvoir régler les hélices, les manettes de commande carburant doivent être placées en position ralenti haut, ce qui augmente la puissance moteur. Les SOP de MAC ne couvrent pas les atterrissages avec inversion maximale de puissance, et la compagnie n'a pas de liste de vérifications pour une telle situation.

D'après le MUA du B200, on doit régler les hélices en position plein petit pas avant le poser. Il n'y a aucune exigence quant au réglage des manettes de commande carburant en position ralenti haut.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Culture de sécurité organisationnelle

La culture de sécurité peut se décrire comme « la façon dont nous faisons les choses ici²⁶ ». La culture est profondément enracinée, et son incidence sur la sécurité peut ne pas être immédiatement évidente pour les personnes qui œuvrent dans une culture donnée.

D'après l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) :

La culture de l'organisation fixe les limites de performance acceptées de la direction et de l'exploitation en établissant les normes et les limites. La culture organisationnelle est donc une pierre angulaire, pour la prise de décision au niveau des dirigeants aussi bien que des employés²⁷.

Un des facteurs ayant la plus grande incidence sur la culture de sécurité est l'engagement des gestionnaires et leur style de gestion. L'OACI décrit le rôle des gestionnaires dans la création d'une culture de sécurité organisationnelle positive de la manière suivante :

Les personnes qui sont le mieux à même de prévenir les accidents en éliminant les risques inacceptables sont celles qui peuvent introduire des changements dans l'organisation, sa structure, sa culture d'entreprise, ses politiques, ses procédures, etc. Nul n'est mieux placé que les dirigeants pour introduire de tels changements²⁸.

Les organisations doivent établir l'équilibre entre la sécurité et la production en assurant la gestion des risques pour leur exploitation. Le défi pour une organisation est de fonctionner de façon efficace tout en réduisant au minimum les risques pour la sécurité. La réalité au sein d'un grand nombre d'organisations est que des préoccupations liées à la production et à l'exploitation peuvent parfois sembler plus pressantes parce qu'elles sont plus facilement mesurables et qu'elles donnent une rétroaction immédiate et des résultats. Ainsi, les préoccupations d'ordre opérationnel peuvent être plus importantes que celles liées à la sécurité dans l'esprit des décideurs.

L'approche traditionnelle à l'égard de la gestion de la sécurité est fondée sur la conformité aux règlements et une réponse réactive aux incidents et aux accidents. Même si le respect des règlements en matière de sécurité est fondamental à l'établissement de pratiques judicieuses

²⁶ Health and Safety Executive (Royaume-Uni), « Organisational Culture », <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/culture.htm> (dernière consultation le 14 février 2017).

²⁷ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 9859, *Manuel de gestion de la sécurité (MGS)*, Troisième édition (2013), chapitre 2, alinéa 2.6.5., p. 2-11.

²⁸ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 9683, *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (2008), cité dans le document 9824 de l'OACI, *Manuel de lignes directrices sur les facteurs humains en maintenance d'aéronefs*, Première édition (2003), chapitre 1, paragraphe 1.4.4, page 1-7.

en matière de sécurité, les organisations qui ne font que se conformer aux normes établies par les règlements ne sont pas bien placées pour cerner les problèmes de sécurité émergents.

D'après l'OACI :

À mesure que l'activité aérienne à l'échelle mondiale continue de prendre de l'ampleur et devient plus complexe, [...] les méthodes traditionnelles de réduction des risques pour la sécurité à un niveau acceptable [perdent] en efficacité et en efficaciaité. Il est nécessaire d'adopter des méthodes différentes et évoluées pour comprendre et gérer la sécurité²⁹.

De plus, le rapport d'enquête aéronautique A07A0134 du BST comprend le résumé suivant :

Les pratiques modernes de gestion de la sécurité favorisent une recherche proactive des dangers, une identification des risques et l'adoption des meilleurs moyens de défense pour réduire les risques à un niveau acceptable. Ces principes doivent être enracinés dans la gestion de l'entreprise de façon à ce que les politiques, la planification, les procédures et la mesure des performances soient intégrées dans les opérations quotidiennes.

Les organisations diffèrent considérablement quant au niveau de risque toléré dans leurs activités. On dit des organisations qui adoptent une démarche proactive pour déterminer et atténuer les risques qu'elles ont une culture positive de la sécurité, tandis que d'autres organisations dont la culture de sécurité est déficiente exercent consciemment ou non leurs activités avec des niveaux de risque plus élevés. Une organisation qui exerce ses activités avec un risque important est plus susceptible de subir un accident.

1.18.2 Les approches non stabilisées figurent sur la Liste de surveillance 2016

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.

Chaque année, des millions d'atterrissages se produisent sans incident sur les pistes canadiennes. Toutefois, pendant cette phase du vol, les approches non stabilisées augmentent considérablement le risque d'accident dont les conséquences peuvent se mesurer en dommages aux aéronefs, en blessures, voire en décès. Ces accidents comprennent les atterrissages durs. À moins d'une plus grande conformité aux politiques des compagnies aériennes sur les approches stabilisées, on continuera de poursuivre les approches non stabilisées jusqu'à l'atterrissage, augmentant ainsi le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage.

Comme le montre l'événement à l'étude, les accidents liés à des approches non stabilisées continuent de se produire aux aéroports canadiens.

²⁹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 9859, *Manuel de gestion de la sécurité (MGS)*, Deuxième édition (2009), chapitre 3, paragraphe 3.6.1., p. 3-13.

1.18.3 Technique d'atterrissage

D'après une publication de TC intitulée *Manuel de pilotage* :

Pour obtenir les performances mentionnées dans le manuel de vol, il faut soigneusement manœuvrer l'aéronef et faire preuve de bon jugement. L'objectif est d'effectuer une approche à la vitesse recommandée en fonction de la masse de l'aéronef, puis de se poser au point voulu à la vitesse la plus basse possible compatible avec la sécurité. Pour atteindre le point de toucher des roues voulu, il faut bien maîtriser l'approche afin d'effectuer l'arrondi au bon moment et à la bonne vitesse.

[...]

Au cours d'une approche sur terrain court il est nécessaire d'utiliser la puissance pour mieux maîtriser la descente. Dans ce cas, les corrections à apporter à la pente d'approche ne nécessitent que de très faibles modifications de l'assiette en tangage³⁰.

Pour ralentir le taux de descente sans appliquer de puissance moteur, on doit accentuer l'assiette longitudinale de l'aéronef, ce qui entraîne une réduction de la vitesse anémométrique.

1.18.4 Approche stabilisée

1.18.4.1 Généralités

Les approches stabilisées augmentent considérablement les chances d'atterrir en toute sécurité. Selon les études, de 3,5 % à 4 % des approches sont non stabilisées. De celles-ci, 97 % se poursuivent jusqu'à l'atterrissage, tandis que seulement 3 % donnent lieu à une remise des gaz. Si nous n'améliorons pas la conformité à la politique relative aux approches stables, la plupart des approches non stabilisées se poursuivront jusqu'à l'atterrissage, augmentant les risques d'accident à l'approche et à l'atterrissage³¹.

D'après TC, une approche est considérée comme étant stabilisée si elle satisfait aux critères d'approche stabilisée de l'exploitant aérien.

1.18.4.2 Alerte à la sécurité de l'Aviation civile

Le 6 août 2015, TC a publié l'Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04 intitulée « Approche stabilisée ». Cette ASAC visait à « souligner l'importance d'une approche stabilisée et à préciser ses éléments³² ». Ce document résume le concept d'approche

³⁰ Transports Canada, *Manuel de pilotage* (1999), p. 128.

³¹ Fondation pour la sécurité aérienne, *Go-around Safety Forum – Findings and Conclusions* (Bruxelles, 18 juin 2013, publié le 26 juin 2013).

³² Transports Canada, *Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) n° 2015-04, « Approche stabilisée »*, 6 août 2015.

stabilisée comme « le maintien d'une vitesse, d'un taux de descente et d'une trajectoire de vol verticale et latérale stables en configuration d'atterrissage³³ ».

Toujours d'après l'ASAC n° 2015-04 :

Les approches précipitées ou non stabilisées demeurent un facteur important en matière d'impacts sans perte de contrôle (CFIT) et d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage (ALA). Les avantages sur le plan de la sécurité d'une approche finale stabilisée sont reconnus par de nombreuses organisations, notamment l'OACI, la FAA [Federal Aviation Administration], l'AESA [Agence européenne de la sécurité aérienne] et TCAC. [Transports Canada Aviation civile]. Les avantages comprennent :

- une meilleure conscience de la situation de la part de l'équipage de conduite;
- plus de temps et d'attention pour surveiller les communications avec l'ATC, les conditions météorologiques et le fonctionnement des systèmes;
- plus de temps et d'attention pour la surveillance de la trajectoire de vol et du niveau d'énergie;
- des limites d'écart des paramètres de vol et des hauteurs minimales de stabilisation définies pour appuyer la décision d'atterrir ou de remettre les gaz; et
- des performances d'atterrissage en ligne avec les valeurs de performance attendues³⁴.

TC a indiqué que les exploitants devraient tous définir des critères d'approche stabilisée pour chacune des approches qu'ils doivent effectuer, et qu'une approche est jugée stabilisée lorsque ces critères sont fondés sur les éléments suivants :

- à la plage de vitesses propre au type d'aéronef;
- au réglage de puissance propre au type d'aéronef;
- à la plage d'assiettes propre au type d'aéronef;
- aux configurations propres au type d'aéronef;
- aux tolérances quant aux écarts des altitudes de franchissement;
- au taux de descente;
- à l'exécution des listes de vérifications et aux exposés des équipages de conduite³⁵.

TC encourage les exploitants à toujours adhérer à leurs procédures d'approche stabilisée et recommande que ces procédures comprennent :

³³ *Ibid.*

³⁴ *Ibid.*

³⁵ *Ibid.*

- une surveillance étroite de la vitesse indiquée, du taux de descente et du niveau d'énergie durant une approche visuelle ou aux instruments;
- la surveillance de l'état de l'aéronef et de sa trajectoire de vol en utilisant le guidage latéral et vertical et les aides visuelles;
- une communication verbale concernant l'état de l'aéronef et sa progression dans l'approche;
- une annonce et une correction rapide de tout écart important de la trajectoire de vol, de la vitesse anémométrique ou du taux de descente prévus.

Si une approche ne peut pas continuer à l'intérieur des paramètres d'approche stabilisée d'une compagnie, une remise des gaz est alors nécessaire.

D'après TC, « [il] est important de comprendre que la décision d'effectuer une remise des gaz ne signifie pas un mauvais rendement de l'équipage de conduite, mais reflète plutôt un processus décisionnel prudent³⁶ ».

1.18.5 Fondation pour la sécurité aérienne

La Fondation pour la sécurité aérienne (FSA) a déjà conclu que [traduction] : « [...] ne pas reconnaître la nécessité d'une approche interrompue et ne pas en exécuter une, le cas échéant, est l'une des causes principales d'accidents à l'approche et à l'atterrissage³⁷. » La FSA a aussi avancé que [traduction] : « Ne pas prendre la décision de remettre les gaz est le principal facteur de risque en matière d'accidents à l'approche et à l'atterrissage et la principale cause de sortie de piste à l'atterrissage. Pourtant, moins de 5 % des approches non stabilisées conduisent à une remise des gaz³⁸. »

Une approche interrompue ou remise des gaz constitue une phase de vol normale³⁹. Les procédures d'exécution d'une remise des gaz font partie de la formation initiale et des formations périodiques des pilotes. Quoiqu'une remise des gaz soit rarement exécutée, si elle s'avère nécessaire, le pilote doit immédiatement agir en conséquence. Plus l'aéronef se trouve proche du sol, plus cette décision et les mesures prises deviennent critiques, car le niveau d'énergie de l'aéronef est faible.

L'énergie d'un aéronef est fonction de sa vitesse anémométrique et de la tendance de celle-ci, de son altitude, de sa vitesse verticale, de la traînée aérodynamique (volets et trains d'atterrissage) et de la poussée. L'une des principales tâches de l'équipage de conduite consiste à contrôler et à surveiller le niveau d'énergie de l'aéronef afin de maintenir une

³⁶ *Ibid.*

³⁷ Fondation pour la sécurité aérienne, « Flight Safety Foundation ALAR Tool Kit: FSF ALAR Briefing Note 6.1- Being Prepared to Go Around », *Flight Safety Digest* (août-novembre 2000).

³⁸ Fondation pour la sécurité aérienne, « Go-around Safety Forum – Findings and Conclusions » (Bruxelles, 18 juin 2013, publié le 26 juin 2013).

³⁹ *Ibid.*

condition énergétique appropriée à l'étape de vol ou pour sortir l'aéronef d'une situation de bas régime ou de régime élevé⁴⁰.

D'après la FSA [traduction] :

L'incapacité de l'équipage de conduite d'évaluer ou de gérer la condition énergétique de l'aéronef durant l'approche est souvent citée comme étant une cause d'une approche non stabilisée. Un manque d'énergie (voler bas et lentement) ou un excès d'énergie (voler haut et vite) peut entraîner un incident ou un accident à l'approche et à l'atterrissage⁴¹...

Ces incidents ou accidents peuvent comprendre un atterrissage dur.

1.18.6 *Prise de décisions du pilote*

La prise de décisions du pilote désigne le fait de faire le bon choix au bon moment et d'éviter les circonstances qui pourraient entraîner des choix difficiles. De nombreuses décisions sont prises au sol, et une décision bien éclairée avant un vol écarte la nécessité de prendre une décision beaucoup plus difficile en vol.

Un élément important de prise de décisions du pilote est une bonne conscience situationnelle, ce qui nécessite que le pilote fasse cadrer la réalité d'une situation avec ses attentes. Une prise de décisions du pilote inadéquate ou inefficace peut entraîner l'exploitation d'un aéronef au-delà de ses capacités ou des capacités du pilote.

1.18.7 *Gestion des ressources de l'équipage*

La gestion des ressources de l'équipage (CRM) vise à réduire l'erreur humaine en aviation. Au Canada, la réglementation n'exige aucune formation à la CRM pour les exploitants assujettis aux sous-parties 703 et 704 du RAC.

Chaque vol comprend des dangers que l'équipage doit gérer. Ces dangers, que l'on appelle menaces, augmentent les risques en vol et comprennent les pistes courtes et les aérodromes inconnus. Si les membres d'équipage ont la possibilité de gérer la menace, la gestion efficace du danger débouchera sur une issue positive sans conséquence fâcheuse (les membres d'équipage prennent les mesures pour atténuer la menace). Par contre, une mauvaise gestion de la menace peut amener l'équipage à commettre une erreur qu'il devra aussi gérer. La mauvaise gestion d'une erreur de l'équipage peut donner lieu à une situation indésirable et mener à un accident. Dans tous les cas, la gestion efficace de la situation par l'équipage (p. ex., une remise des gaz) permet d'atténuer le risque, et la situation demeure alors sans conséquence.

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ Fondation pour la sécurité aérienne, « Flight Safety Foundation ALAR Tool Kit: FSF ALAR Briefing Note 4.2 – Energy Management. » *Flight Safety Digest* (août-novembre 2000).

Les comportements de l'équipage les plus courants cités dans la bonne gestion des erreurs sont la vigilance ainsi que la demande de renseignements et l'assertivité de la part du membre d'équipage. Par conséquent, une bonne gestion des risques dans le poste de pilotage est intrinsèquement liée à une bonne CRM.

En ce qui concerne la CRM, une communication efficace joue un rôle essentiel au sein des équipages de conduite afin que leurs membres uniformisent leur compréhension de la situation. Toutefois, il est impératif que les pilotes s'entraînent et se perfectionnent pour que leurs aptitudes à communiquer soient efficaces, plus spécialement lorsque la charge de travail est lourde; par exemple, lorsqu'une situation anormale se présente.

La conscience situationnelle peut être définie comme étant [traduction] « la perception des éléments dans l'environnement à l'intérieur d'un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification, et la projection de leur état à court terme⁴² ».

D'après cette définition, l'équipage de conduite peut maintenir une conscience situationnelle selon 3 processus individuels. Premièrement, l'équipage doit percevoir l'information dans son environnement. Deuxièmement, il doit établir la pertinence de l'information pour atteindre les objectifs opérationnels. Troisièmement, il doit utiliser l'information pour projeter les états et événements futurs. Le maintien de ces 3 niveaux de conscience situationnelle permet donc aux équipages de [traduction] « se préparer aux imprévus et de planifier en conséquence⁴³ », et ainsi de prendre de meilleures décisions. Chacun des 3 processus comprend des étapes de traitement de l'information où des failles peuvent survenir et donner lieu à des évaluations incomplètes ou insuffisantes de la situation.

Pour qu'il soit possible de travailler de façon coordonnée, efficace et sécuritaire, il faut que les actions des membres de l'équipage de conduite reposent sur une compréhension partagée de l'état actuel de l'aéronef, du plan de vol prévu, et des menaces à ces activités. Cette compréhension commune parmi les membres de l'équipage de conduite est appelée la conscience situationnelle d'équipe ou partagée^{44,45}. Lorsque cette compréhension est cohérente, les membres de l'équipage sont mieux outillés pour prévoir et coordonner de façon efficace leurs actions dans le but d'atteindre leur objectif commun.

Un certain nombre de comportements discrets et continus permettent d'établir et de maintenir la conscience situationnelle commune d'un équipage. Les comportements discrets

⁴² M.R. Endsley, « Design and evaluation for situation awareness enhancement », dans *Proceedings of the Human Factors Society: 32nd Annual Meeting* (Santa Monica, California: Human Factors Society, 1988), p. 97-101.

⁴³ J. Orasanu, « Decision-making in the Cockpit », dans : E. L. Wiener, B. G. Kanki et R. L. Helmreich (éd.), *Cockpit Resource Management* (San Diego, California: Academic Press, 1993).

⁴⁴ M.R. Endsley, « Toward a theory of situation awareness in dynamic systems », *Human Factors* (1995), Vol. 37, n° 1 (1995), p. 32 à 64.

⁴⁵ E. Salas, C. Prince, D.P. Baker et L. Shrestha, « Situation awareness in team performance: Implications for measurement et formation », *Human Factors*, Vol. 37, n° 1 (1995), p. 123 à 136.

comprennent la planification de vol, les exposés en vol et la détermination de points clés durant le vol, comme l'atteinte d'altitudes minimales. Ces activités sont des points de contrôle prévus pour décrire l'état actuel et les prochaines étapes, et pour offrir une occasion de vérifier que tous les membres de l'équipage de conduite partagent la même compréhension de la situation.

Parmi les comportements continus, on retrouve la gestion des menaces et des erreurs, les annonces de changements d'état de l'aéronef, le réglage/mode des instruments, et la communication des modifications apportées aux plans. Ces comportements assurent la communication de l'information et des changements d'état entre les membres de l'équipage et leur permettent de constamment faire le point sur leur conscience situationnelle commune. De tels comportements continus dépendent de la formation reçue et de l'approche opérationnelle adoptée par les exploitants.

En 2009, durant son enquête sur une collision avec le relief survenue à Sandy Bay (Saskatchewan) en janvier 2007 (rapport d'enquête aéronautique A07C0001 du BST), le Bureau a conclu qu'une CRM inefficace avait été un facteur dans l'accident. En conséquence, le Bureau a recommandé ce qui suit :

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

Recommandation A09-02 du BST

Le BST a évalué comme suit la réponse de TC à la recommandation A09-02 :

Transports Canada (TC) continue à faire des progrès en ce qui concerne la mise en œuvre de cette recommandation. D'ici à l'adoption de toutes les modifications que TC propose d'apporter aux règlements, la lacune soulevée dans la recommandation A09-02 continuera d'exister. Toutefois, si elles sont entièrement mises en œuvre, les modifications proposées aux règlements devraient réduire les risques associés à la lacune de sécurité décrite dans la recommandation A09-02.

Le Bureau estime que la réponse à la recommandation dénote une **intention satisfaisante**.

Les dossiers de formation indiquaient que MAC avait offert 4 heures de formation sur la CRM durant la formation périodique annuelle des pilotes. Toutefois, aucun des manuels de la compagnie ne comprenait de description de cette formation.

1.18.8 Traitement de l'information

Les pilotes travaillent dans un environnement complexe qui compte plusieurs sources et types d'information qu'ils doivent surveiller et suivre. Lorsque les pilotes reçoivent des

renseignements contraires à leurs attentes, leur réaction est plus lente et pourrait être inappropriée⁴⁶. Il est établi que plusieurs tendances ont une incidence sur la façon d'interpréter l'information et d'y prêter attention dans les environnements complexes.

La tendance à l'anticipation veut que lorsqu'une personne s'attend à une situation, elle risque de ne pas remarquer des signes indiquant que la situation n'est pas ce qu'elle devrait être. La tendance à l'anticipation est aggravée quand les gens doivent prendre en compte de nouveaux renseignements qui arrivent sporadiquement de façon incomplète et parfois ambiguë⁴⁷.

La tendance à s'en tenir au plan est décrite comme [traduction] « une tendance profondément enracinée des gens à poursuivre leur plan d'action initial même quand un changement de situation justifie l'adoption d'un nouveau plan⁴⁸ ». 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 qu'il intervienne immédiatement.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou indiquées

Sans objet.

⁴⁶ M. R. Endsley, « Situation awareness in aviation systems », dans : *Handbook of Aviation Human Factors (Deuxième éd.)* (Boca Raton, Florida: CRC Press, 2010), p. 12-1 à 12-22.

⁴⁷ Rapport d'enquête aéronautique A08W0151 du BST.

⁴⁸ Benjamin A. Berman et R. Key Dismukes, « Pressing the Approach », Flight Safety Foundation, *Aviation Safety World* (décembre 2006).

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

L'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation, et aucune anomalie n'a été relevée qui aurait pu empêcher son fonctionnement normal. Les membres de l'équipage de conduite possédaient les licences et les qualifications nécessaires selon la réglementation.

Pour mieux comprendre pourquoi l'accident s'est produit, l'analyse portera surtout sur les événements, les conditions et les facteurs sous-jacents qui ont causé l'accident ou qui y ont contribué (y compris le processus d'affectation des équipages, la gestion des ressources de l'équipage [CRM], la décision de remettre les gaz, l'approche et la culture de sécurité organisationnelle).

2.2 *Affectation des équipages et appariement des membres d'équipage*

Il incombe à la compagnie de veiller à la préparation opérationnelle de ses équipages de conduite afin qu'ils puissent gérer toutes les situations, normales ou anormales, dans lesquelles ils pourraient se trouver. Maritime Air Charters Limited (MAC) n'avait aucun processus établi pour déterminer si les risques associés à un vol potentiel étaient acceptables.

Avant l'événement à l'étude, seize jours s'étaient écoulés depuis le dernier vol du commandant de bord sur le Beechcraft King Air A100 (A100); dans le cas du premier officier, 10 jours s'étaient écoulés. Au cours des 90 derniers jours, le commandant de bord avait accumulé 19,2 heures de vol à bord de l'A100. Durant cette même période, le premier officier avait accumulé plus du double de ces heures de vol (39,5) à bord de l'A100. Quoique les qualifications du premier officier ne lui permettaient pas d'assumer les fonctions de commandant de bord, elles ne l'auraient pas empêché d'agir comme pilote aux commandes (PC).

Même si les deux membres d'équipage étaient des pilotes chevronnés et avaient déjà volé ensemble, ni l'un ni l'autre ne s'était rendu à l'aérodrome de Margaree (CCZ4) auparavant, et ni l'un ni l'autre n'avait posé un A100 sur une piste de 2500 pieds seulement.

C'est la disponibilité du personnel qui dictait l'appariement des équipages à MAC. La compagnie se fiait au savoir-faire de ses pilotes pour gérer les conditions variables et les risques auxquels ils pourraient être exposés durant les vols. Elle comptait sur eux pour décider de la poursuite d'une approche jusqu'à l'atterrissage, de la nécessité de remettre les gaz et des circonstances exigeant la remise des gaz. Une aussi grande dépendance sur l'expertise de l'équipage pour gérer un atterrissage potentiellement imprévisible sur une piste courte et inconnue, à proximité de relief élevé connu, montre toute l'importance d'un appariement optimal des équipages. Si l'on ne tient pas compte de l'expérience et de la compétence des pilotes dans la sélection des équipages, il y a un risque d'appariements sous-optimaux des membres d'équipage, ce qui réduit les marges de sécurité.

2.3 *Gestion des ressources de l'équipage*

Les membres d'un équipage de conduite doivent s'exécuter de façon coordonnée, efficace et sécuritaire pour atteindre l'objectif de poser, par exemple, l'aéronef le plus près possible du seuil d'une piste courte.

Ni l'un ni l'autre des pilotes n'avait considéré que l'atterrissage avec entrée dans le circuit en étape de base gauche sur une piste plus courte que celles sur lesquelles ils avaient déjà posé un A100, à un aérodrome inconnu situé à proximité de relief élevé, représentaient des dangers qui pouvaient poser des risques additionnels.

Il y a un lien direct entre la CRM et la gestion efficace du risque par l'équipage de conduite. L'équipage doit donc avoir une conscience situationnelle commune, qui s'acquiert par des comportements comme la planification prévol, les exposés en vol, et la détermination de points clés durant le vol.

Lorsque les équipages établissent des points de contrôle prévus (comme les listes de vérifications obligatoires et les annonces standards) et communiquent efficacement les événements (comme les changements d'état de l'aéronef) de façon régulière, il est plus probable qu'ils aient une conscience situationnelle commune. Cette conscience partagée permet aux équipages de conduite de prévoir et de coordonner de façon efficace leurs actions pour s'assurer d'atteindre leurs objectifs. Les comportements qui donnent lieu à cette conscience situationnelle commune doivent être continuellement exercés et encouragés. La formation que donnent les exploitants et l'approche opérationnelle qu'ils adoptent influent sur ces comportements.

Quoique les dossiers de formation de l'équipage de conduite indiquaient que MAC avait donné 4 heures de formation sur la CRM par année, ils ne contenaient aucun renseignement sur la nature de cette formation.

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) servent à aider les pilotes à maintenir leur conscience situationnelle. Elles constituent pour les pilotes une source d'information qui les aide à gérer efficacement les risques et à prendre des décisions.

Les SOP de MAC exigeaient que les équipages de conduite exécutent les vérifications au point fixe et les vérifications avant atterrissage en suivant les listes. L'équipage n'a exécuté aucune de ces listes. L'exposé d'approche devait comprendre des instructions en cas d'approche interrompue; toutefois, ces instructions n'ont pas fait partie de l'exposé d'approche exécuté durant le vol à l'étude. Quoique le pilote non aux commandes (PNF) ait noté que la vitesse anémométrique était inférieure la vitesse prévue, il n'a pas signalé cet écart. Le PNF n'a pas fait les annonces « 1000 au-dessus » et « 500 au-dessus ». Si les pilotes omettent d'exécuter les listes de vérifications conformément aux instructions de la compagnie et du fabricant, il y a un risque qu'ils ratent un élément critique qui pourrait compromettre la sécurité du vol.

Le déplacement des manettes d'hélices en position plein petit pas n'était pas conforme aux SOP pour l'A100. Comme l'équipage n'a pas exécuté la liste de vérifications avant

atterrissage, l'exigence de régler les hélices à 2000 tours par minute n'a jamais été communiquée. Par conséquent, il est probable que le PNF ait déplacé les manettes d'hélices en position plein petit pas alors que l'aéronef était toujours en vol, comme il avait appris à le faire avec le Beechcraft King Air B200 (B200) dont les hélices nécessitent ce réglage avant d'atterrir.

Quoique le PC ait confirmé l'action du PNF, il a probablement répondu mécaniquement, car peu de temps après, il a commandé de déplacer les commandes d'hélice au plein petit pas. Ce problème de communication et les actions du PC et du PNF étaient représentatifs d'une charge de travail accrue et d'une conscience situationnelle réduite, et ont entraîné une dérogation des procédures approuvées.

Quoique les deux pilotes avaient suivi de la formation sur la CRM, leurs actions durant le vol à l'étude ont témoigné d'un échec de la CRM, car ils n'avaient pas de conscience situationnelle commune durant la descente et l'atterrissage. Pour être efficace, la CRM demande d'être exercée et renforcée. Si les principes de CRM ne sont pas utilisés et que cette utilisation n'est pas encouragée de manière continue, les pilotes risquent d'être incapables d'éviter et d'atténuer les erreurs de l'équipage de conduite commises pendant les vols.

2.4 *Décision de remettre les gaz*

Avant le départ, l'équipage de conduite a discuté de l'approche sans toutefois aborder les conditions qui justifieraient une remise des gaz.

Quoique l'exposé d'approche de MAC doit comprendre des instructions d'approche interrompue, la compagnie n'avait publié ni politique ni ligne directrice de remise des gaz pour les pilotes. La compagnie se fiait à ses pilotes pour qu'ils décident s'ils devaient poursuivre une approche ou s'ils devaient remettre les gaz. Si les organisations n'ont pas de politique claire sur la remise des gaz, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent une approche non stabilisée, ce qui accroît le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage.

Durant l'exposé prévol et l'exposé d'atterrissage, l'équipage n'a pas discuté de la manœuvre à suivre (comme une approche interrompue) s'il voyait qu'il ne pourrait exécuter un atterrissage en toute sécurité. Si les pilotes ne sont pas préparés à exécuter une remise des gaz à chaque approche, il y a un risque qu'ils ne réagissent pas aux situations qui exigent cette manœuvre.

2.5 *Approche*

L'une des principales tâches de l'équipage de conduite consiste à maintenir la condition énergétique de l'aéronef appropriée à l'étape de vol et, si nécessaire, à sortir l'aéronef d'une situation de bas régime ou de régime élevé.

Avant le départ, l'équipage avait prévu atterrir le plus près possible du seuil de la piste 01. Alors que l'aéronef s'approchait de l'aérodrome, l'équipage a modifié son plan d'intégration directe en étape de base gauche. Il a transmis son intention d'agir ainsi lorsqu'il se trouvait à

environ 5 milles marins de l'aérodrome. L'équipage de conduite prévoyait maintenir une altitude élevée jusqu'à ce que l'aéronef se soit approché de l'aérodrome, ce qu'il a fait.

Ni l'un ni l'autre des pilotes n'avait considéré que l'atterrissage avec entrée dans le circuit en étape de base gauche sur une piste courte d'un aérodrome inconnu situé à proximité de relief élevé connu présentait des dangers qui pouvaient poser des risques additionnels et augmenter leur charge de travail.

La présence d'un pylône dans la trajectoire de vol a contraint le PNF à surveiller attentivement la position de l'aéronef au lieu de surveiller le vol ou les actions du PC. Le PC a lui aussi dû tenir compte du pylône comme risque potentiel. Contraint à une charge de travail accrue et distrait par la présence inattendue d'un pylône, l'équipage de conduite a éprouvé une baisse de conscience situationnelle et a omis d'exécuter la liste de vérifications avant atterrissage.

Pour accélérer la descente, le PC a réduit la puissance moteur au ralenti de vol. La puissance moteur n'a jamais été augmentée à plus d'environ 400 pieds-livres de couple durant la descente finale. Ainsi, toute modification du taux de descente aurait été effectuée en modifiant l'inclinaison longitudinale. Autrement dit, pour ralentir le taux de descente sans appliquer de puissance moteur, on doit accentuer l'assiette longitudinale de l'aéronef, ce qui entraîne une réduction de la vitesse anémométrique.

Peu après avoir sélectionné la sortie du train d'atterrissage et les pleins volets, le PC a corrigé la condition de faible vitesse anémométrique en effectuant un piqué. En l'absence d'application de puissance moteur, cette commande aurait entraîné l'augmentation du taux de descente.

Presque immédiatement après cette correction, l'aéronef descendait d'environ 1750 pieds par minute, à environ 500 pieds au-dessus du sol. Le PC a corrigé le taux de descente excessif en cabrant l'aéronef, ce qui aurait diminué la vitesse anémométrique.

Poser l'aéronef à un endroit particulier exige une approche contrôlée et précise afin que l'arrondi ait lieu au bon endroit et à la bonne vitesse. Lorsque l'on utilise la puissance moteur pour contrôler précisément le taux de descente, des ajustements mineurs à l'assiette longitudinale de l'aéronef suffisent pour apporter les corrections nécessaires. En utilisant que le tangage pour contrôler le taux de descente, le PC a été incapable de contrôler précisément l'approche et, en conséquence, d'effectuer l'arrondi au bon endroit et à la bonne vitesse.

L'incapacité de l'équipage de conduite de gérer efficacement la condition énergétique de l'aéronef a mené à une approche non stabilisée.

Quoique le PC ait confirmé les alertes du système d'avertissement et d'alarme d'impact, ni l'un ni l'autre des pilotes avait conscience que le taux de descente à angle prononcé était révélateur d'une approche non stabilisée.

Lorsque l'aéronef n'était plus qu'à environ 120 pieds au-dessus du niveau du sol, le PNF a poussé les manettes d'hélices en position plein petit pas. En l'absence de toute modification

de la puissance moteur, le taux de descente aurait augmenté. Par conséquent, le fait d'avancer les manettes d'hélices en position plein petit pas aurait accru la traînée et augmenté encore plus le taux de descente. Cette manœuvre n'aurait qu'aggravé une approche déjà non stabilisée.

Durant l'approche, aucun stimulus suffisamment important n'a incité l'équipage de conduite à réviser son plan d'action original, ce qui est caractéristique de la tendance à s'en tenir au plan.

L'énergie de l'aéronef, au moment de franchir le seuil de piste, était insuffisante pour freiner le taux de descente durant l'arrondi, ce qui a causé un atterrissage dur et l'affaissement du train principal droit.

Si les exploitants n'ont pas de politique sur les approches stabilisées, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent une approche non stabilisée, ce qui accroît le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage.

2.6 *Culture de sécurité de la compagnie*

Étant donné que les propriétaires de la compagnie occupaient également la plupart des postes de direction, c'est à eux qu'il incombait d'influencer la manière dont on gérait la sécurité et d'établir la culture de sécurité de la compagnie. Une telle culture permet à une organisation de définir les limites d'une performance acceptable. Les gestionnaires et les employés se reportent à ces normes et à ces limites lorsqu'ils prennent des décisions.

Au cours des 7 années qui ont précédé l'émission d'un avis de suspension par Transports Canada, le système de gestion de la sécurité (SGS) de MAC n'avait pas cerné les écarts mentionnés sur l'avis de suspension, ni la pratique courante à MAC de ne pas effectuer les vérifications au point fixe avant le premier vol de la journée en présence de passagers à bord. Par conséquent, ces pratiques ont persisté. Comme ces pratiques étaient en place depuis un certain temps, elles étaient considérées comme des pratiques normales de la compagnie et donc, comme le reflet de ce que la direction considérait comme un comportement acceptable (c.-à-d., la culture de sécurité de la compagnie).

Les organisations répondent aux pressions opérationnelles parce que ces priorités sont clairement mesurables et fournissent des résultats immédiats. En raison de ces pressions, les préoccupations de sécurité peuvent devenir moins évidentes, et les organisations peuvent inconsciemment créer des risques dans leurs activités.

Malgré le peu d'employés, MAC a volontairement mis en œuvre un SGS et a montré qu'elle était capable de se servir des éléments de ce système. Toutefois, ces éléments ont principalement servi de méthode réactive pour corriger les éventuelles préoccupations de sécurité.

L'approche traditionnelle de la gestion de la sécurité s'est avérée inefficace dans l'identification des dangers éventuels et des risques connexes. Les organisations qui se conforment aux normes minimales et qui adoptent une approche traditionnelle de gestion de

la sécurité ne sont pas bien placées pour relever les problèmes de sécurité émergents. Dans le contexte de l'aviation d'aujourd'hui, il faut intégrer des pratiques de gestion de la sécurité modernes au système de gestion de l'organisation de façon à ce que la gestion de la sécurité fasse partie intégrante des activités quotidiennes. Si les organisations n'adoptent pas de pratiques modernes de gestion de la sécurité, il y a un risque accru que les dangers passent inaperçus et que les risques ne soient pas atténués.

Même si la plupart des raisons réglementaires indiquées dans l'avis de suspension concernaient directement les actions du gestionnaire des opérations et de la personne responsable de la maintenance, d'autres membres de la direction ont dépassé les limites de temps de vol et de service. Toutes ces personnes auraient dû être au courant des dispositions applicables du *Règlement de l'aviation canadien*.

La formation sur le SGS donnée par MAC se limitait à quelque 12 minutes par année. Étant donné que la culture de sécurité d'une compagnie est fortement influencée par l'engagement de la direction, une culture de sécurité positive exige de cette dernière qu'elle favorise un environnement où la sécurité fait partie intégrante des activités quotidiennes.

Si la culture de sécurité d'une organisation ne promeut pas entièrement les objectifs d'un SGS, il est alors peu probable qu'elle réduise efficacement les risques.

2.7 *Ceintures-baudriers des sièges passagers*

On sait que l'utilisation de ceintures-baudriers diminue la gravité des blessures au torse et à la tête. Le risque de blessures graves ou de décès est plus accru chez les occupants d'avions légers ne portant pas de dispositif de retenue du torse ou de ceintures-baudriers. Si les sièges passagers installés à bord d'aéronefs légers ne sont pas munis de ceintures-baudriers, les passagers sont exposés à un risque accru de blessure ou de mort en cas d'accident.

3.0 *Faits établis*

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

1. Ni l'un ni l'autre des pilotes n'avait considéré que l'atterrissage avec entrée dans le circuit en étape de base gauche sur une piste courte d'un aérodrome inconnu situé à proximité de relief élevé connu présentait des dangers qui pouvaient poser des risques additionnels et augmenter leur charge de travail.
2. La présence du pylône a contraint le pilote non aux commandes à concentrer son attention sur la surveillance de la position de l'aéronef au lieu de surveiller le vol ou les actions du pilote aux commandes.
3. Contraint à une charge de travail accrue et distrait par la présence inattendue du pylône, l'équipage de conduite a éprouvé une baisse de conscience situationnelle et a omis d'exécuter la liste de vérifications avant atterrissage.
4. La puissance moteur n'a jamais été augmentée à plus d'environ 400 pieds-livres de couple durant la descente finale.
5. En utilisant que le tangage pour contrôler le taux de descente, le pilote aux commandes a été incapable de contrôler précisément l'approche et, en conséquence, d'effectuer l'arrondi au bon endroit et à la bonne vitesse.
6. Ni l'un ni l'autre des pilotes avait conscience que le taux de descente à angle prononcé élevé était révélateur d'une approche non stabilisée.
7. Le fait d'avancer les manettes d'hélices en position plein petit pas aurait accru la traînée et augmenté encore plus le taux de descente. Cette manœuvre n'aurait qu'aggravé une approche déjà non stabilisée.
8. L'énergie de l'aéronef, au moment de franchir le seuil de piste, était insuffisante pour freiner le taux de descente durant l'arrondi, ce qui a causé un atterrissage dur et l'affaissement du train principal droit.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Dans le cadre d'une enquête, l'absence de données de vol enregistrées peut empêcher la détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.
2. Si les organisations n'adoptent pas de pratiques modernes de gestion de la sécurité, il y a un risque accru que les dangers passent inaperçus et que les risques ne soient pas atténués.

3. Si les sièges passagers installés à bord d'aéronefs légers ne sont pas munis de ceintures-baudriers, les passagers sont exposés à un risque accru de blessure ou de mort en cas d'accident.
4. Si l'on ne tient pas compte de l'expérience et de la compétence des pilotes dans la sélection des équipages, il y a un risque d'appariements sous-optimaux des membres d'équipage, ce qui réduit les marges de sécurité.
5. Si les pilotes omettent d'exécuter les listes de vérifications conformément aux instructions de la compagnie et du fabricant, il y a un risque qu'ils ratent un élément critique qui pourrait compromettre la sécurité du vol.
6. Si les principes de la gestion des ressources de l'équipage ne sont pas utilisés et que cette utilisation n'est pas encouragée de manière continue, les pilotes risquent d'être incapables d'éviter et d'atténuer les erreurs commises pendant les vols.
7. Si les organisations n'ont pas de politique claire sur la remise des gaz, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent une approche non stabilisée, ce qui accroît le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage.
8. Si les pilotes ne sont pas préparés à exécuter une remise des gaz à chaque approche, il y a un risque qu'ils ne réagissent pas aux situations qui exigent cette manœuvre.
9. Si les exploitants n'ont pas de politique sur les approches stabilisées, il y a un risque que les équipages de conduite poursuivent une approche non stabilisée, ce qui accroît le risque d'accident à l'approche et à l'atterrissage.
10. Si la culture de sécurité d'une organisation ne promeut pas entièrement les objectifs d'un système de gestion de la sécurité, il est alors peu probable qu'elle réduise efficacement les risques.

3.3 *Autres faits établis*

1. Les forces d'impact vers l'avant étaient insuffisantes pour que la radiobalise de repérage d'urgence se déclenche automatiquement.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures de sécurité prises*

4.1.1 *Maritime Air Charter Limited*

4.1.1.1 *Mesures correctives concernant le commandant de bord*

Le 2 septembre 2015, un pilote instructeur de Maritime Air Charter Limited (MAC) a donné 2 heures d'entraînement en vol au commandant de bord du vol à l'étude à bord du Beechcraft King Air B200. Ce même jour, le commandant de bord a réussi un contrôle de compétence pilote avec un pilote vérificateur approuvé par Transports Canada. Le 29 octobre 2015, MAC a limité les fonctions du commandant de bord en cause à celles de pilote aux commandes uniquement sous la supervision directe d'un autre commandant de bord de MAC qualifié sur type.

4.1.1.2 *Vérifications au point fixe avant le décollage*

Au cours d'une réunion des opérations aériennes de MAC tenue le 24 septembre 2015, on a informé tous les pilotes de la compagnie qu'ils devaient effectuer les vérifications au point fixe avant le décollage conformément aux instructions du constructeur et à la liste de vérifications approuvée de l'aéronef.

4.1.1.3 *Aide-mémoire d'évaluation des risques avant le décollage*

Le 19 août 2015, MAC a adopté un nouvel aide-mémoire d'évaluation des risques avant le décollage qui doit être exécuté avant le départ pour tous les vols effectués par les pilotes de la compagnie, sauf dans le cas des vols d'entraînement, des tests en vol et des vols d'essai. L'objet de cet aide-mémoire est de faire une évaluation quantifiable des dangers opérationnels avant qu'un commandant de bord accepte d'effectuer un vol.

4.1.1.4 *Distance d'accélération-arrêt*

Le 18 septembre 2015, MAC a distribué une note de service qui interdisait l'utilisation des Beechcraft King Air A100 et B200 pour effectuer des vols à destination ou au départ d'aérodromes dont la piste mesure moins de 3000 pieds. On doit dorénavant calculer la distance d'accélération-arrêt avant le départ de toutes les pistes d'une longueur inférieure à 4000 pieds. Si la distance d'accélération-arrêt calculée n'est pas adéquate pour la piste de décollage prévue, le départ n'est pas autorisé.

4.1.1.5 *Programme de formation*

MAC a révisé son programme de formation, qui comprend désormais les éléments suivants :

- Attention accrue accordée aux critères d'approche stabilisée et à l'évitement des impacts sans perte de contrôle.
- Interdiction des décollages à poussée réduite.

- Formation minimale de 25 heures préparatoire au vol de ligne pour tous les nouveaux pilotes.
- Formation au pilotage donnée durant les vols d'entraînement réservés à cette fin.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 15 février 2017. Le rapport a été officiellement publié le 20 avril 2017.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. 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.