



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A15H0002



Collision avec le relief

Air Canada

Airbus Industrie A320-211, C-FTJP

Aéroport international Stanfield de Halifax

Halifax (Nouvelle-Écosse)

29 mars 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 A15H0002

N^o de cat. TU3-5/15-0002F-1-PDF
ISBN 978-0-660-09981-1

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 A15H0002

Collision avec le relief

Air Canada

Airbus Industrie A320-211, C-FTJP

Aéroport international Stanfield de Halifax

Halifax (Nouvelle-Écosse)

29 mars 2015

Résumé

Le 29 mars 2015, un Airbus Industrie A320-211 (immatriculé C-FTJP, numéro de série 233) exploité par Air Canada effectuait le vol régulier Air Canada 624 en partance de l'aéroport international Lester B. Pearson de Toronto à destination de l'aéroport international Stanfield de Halifax (Nouvelle-Écosse) avec à son bord 133 passagers et 5 membres d'équipage. Vers 0 h 30, heure avancée de l'Atlantique, durant une approche de non-précision de la piste 05, l'aéronef a sectionné des lignes de transport d'électricité avant de heurter le relief couvert de neige environ 740 pieds avant le seuil de piste. L'aéronef a rebondi, a volé à travers le réseau d'antennes de radioalignement de piste, puis a percuté le sol à 2 autres reprises avant de glisser sur la piste. Il s'est immobilisé sur le côté gauche de la piste à environ 1900 pieds au-delà de son seuil. Les passagers et l'équipage ont évacué l'aéronef; 25 personnes ont été blessées et transportées à des hôpitaux locaux. L'aéronef a été détruit. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. La radiobalise de repérage d'urgence ne s'est pas déclenchée. L'accident est survenu pendant les heures d'obscurité.

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	8
1.3	Dommmages à l'aéronef.....	8
1.4	Autres dommages.....	8
1.5	Renseignements sur le personnel.....	8
1.5.1	Équipage de conduite.....	8
1.5.2	Personnel de cabine.....	9
1.6	Renseignements sur l'aéronef.....	10
1.6.1	Généralités.....	10
1.6.2	Systèmes et exploitation de l'Airbus A320.....	11
1.6.3	Alimentation électrique.....	12
1.6.4	Portes de cabine et issues d'évacuation sur l'aile.....	13
1.6.5	Soute à vrac.....	14
1.6.6	Sièges passagers.....	14
1.6.7	Ensembles de ceintures-baudriers de l'équipage de conduite.....	15
1.6.8	Ensembles de machines à café.....	16
1.6.9	Système de sonorisation.....	17
1.6.10	Circuit d'éclairage de secours en cabine.....	17
1.7	Renseignements météorologiques	17
1.7.1	Généralités.....	17
1.7.2	Prévisions météorologiques pour Halifax reçues par l'équipage de conduite avant le départ.....	17
1.7.3	Prévisions météorologiques pour Halifax émises avant le départ.....	18
1.7.4	Prévisions météorologiques pour Halifax alors que l'AC624 était en route.....	18
1.7.5	Prévisions météorologiques pour Halifax émises après l'accident.....	19
1.8	Aides à la navigation.....	19
1.9	Communications	20
1.10	Renseignements sur l'aérodrome.....	20
1.10.1	Généralités.....	20
1.10.2	Balisage lumineux d'approche et d'atterrissage.....	21
1.11	Enregistreurs de bord	22
1.11.1	Source d'alimentation électrique indépendante pour les enregistreurs de conversations de poste de pilotage.....	23
1.12	Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	24
1.12.1	Impact.....	24
1.12.2	Épave.....	26
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	29

1.13.1	Apnée obstructive du sommeil.....	29
1.13.2	Directives de Transports Canada sur l'apnée obstructive du sommeil pour les médecins examinateurs de l'aviation civile.....	30
1.13.3	Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par Transports Canada.....	31
1.13.4	Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par la Federal Aviation Administration.....	32
1.13.5	Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par l' Australian Civil Aviation Safety Authority.....	33
1.13.6	Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par la Civil Aviation Authority du Royaume-Uni.....	33
1.13.7	Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par Air Canada.....	33
1.13.8	Fatigue.....	35
1.14	Incendie.....	35
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	35
1.15.1	Blessures subies par les occupants.....	35
1.15.2	Ensembles de retenue d'enfant.....	36
1.15.3	Information de sécurité et d'urgence à l'intention des passagers.....	37
1.15.4	Évacuation.....	41
1.15.5	Atterrissage d'urgence prévu ou préparé.....	41
1.15.6	Nombre minimal d'agents de bord.....	42
1.15.7	Transports Canada : Tenue vestimentaire pour prendre l'avion.....	43
1.16	Essais et recherches.....	43
1.16.1	Rapports de laboratoire du BST.....	43
1.17	Renseignements sur l'entreprise et sur la gestion.....	44
1.17.1	Air Canada.....	44
1.18	Renseignements supplémentaires.....	52
1.18.1	Approches stabilisées avec angle de descente constant.....	52
1.18.2	Mode de guidage par angle de trajectoire de vol.....	54
1.18.3	Correction en raison du temps froid.....	55
1.18.4	Références visuelles requises.....	56
1.18.5	Indices visuels.....	57
1.18.6	Effet de la neige tombante.....	58
1.18.7	Éclairage artificiel à l'approche de la piste 05.....	58
1.18.8	Traitement de l'information.....	58
1.18.9	Automatisation du poste de pilotage.....	59
1.18.10	Visibilité signalée.....	60
1.18.11	Spécifications d'exploitation – limites de visibilité.....	61
1.18.12	Système d'atterrissage de la piste 05.....	63
1.18.13	Alimentation en électricité de l'aéroport.....	64
1.18.14	Plan de mesures d'urgence.....	65
1.18.15	Déplacement des passagers.....	66
1.18.16	Étude de sécurité portant sur l'évacuation des gros avions de passagers.....	67
1.18.17	Accident antérieur avec transpercement du plancher par le cadre 65.....	67
1.19	Techniques d'enquête utiles ou indiquées.....	68
2.0	Analyse.....	69
2.1	Limites de visibilité à l'approche.....	69
2.2	Formation d' Air Canada sur l'angle de trajectoire de vol.....	70

2.3	Approche	70
2.4	Visibilité.....	71
2.4.1	Indices visuels.....	71
2.4.2	Estimations de visibilité.....	71
2.5	Décision de poursuivre l'approche.....	72
2.6	Porte de cabine	74
2.7	Plancher de la cabine	74
2.8	Sièges passagers.....	74
2.9	Ceintures-baudriers de l'équipage de conduite.....	75
2.9.1	Commandant de bord.....	75
2.9.2	Premier officier.....	75
2.10	Ensemble de machine à café.....	76
2.11	Système de sonorisation.....	76
2.12	Information de sécurité et d'urgence à l'intention des passagers	77
2.13	Transport des occupants après l'accident.....	77
2.14	Gestion par Transports Canada de l'apnée obstructive du sommeil chez les pilotes	79
3.0	Faits établis.....	80
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	80
3.2	Faits établis quant aux risques.....	81
3.3	Autres faits établis	82
4.0	Mesures de sécurité	85
4.1	Mesures de sécurité prises.....	85
4.1.1	Air Canada.....	85
4.1.2	Airbus	86
4.1.3	Halifax International Airport Authority.....	86
4.1.4	NAV CANADA.....	87
	Annexes.....	89
	Annexe A – Carte d'approche de Jeppesen pour l'aéroport international Stanfield de Halifax.....	89
	Annexe B – Carte d'arrivée normalisée en région terminale de FUNDY EIGHT Jeppesen (Aéroport international Stanfield de Halifax)	90
	Annexe C – Messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) et prévisions d'aérodrome (TAF).....	91
	Annexe D – Balisages lumineux d'approche.....	93
	Annexe E – Glossaire.....	94

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

Un Airbus Industrie (Airbus) A320-211 exploité par Air Canada effectuait le vol régulier Air Canada 624 (AC624) au départ de l'aéroport international Lester B. Pearson de Toronto (CYYZ) (Ontario) à destination de l'aéroport international Stanfield de Halifax (CYHZ) (Nouvelle-Écosse) avec à son bord 133 passagers et 5 membres d'équipage.

Ce vol effectué selon les règles de vol aux instruments devait durer 2 heures et 9 minutes à une vitesse vraie de 455 nœuds et à une altitude de croisière au niveau de vol 350². L'aéroport de décollage prévu était l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (CYUL) (Québec).

Avant le départ, le service de régulation des vols d'Air Canada a fourni à l'équipage de conduite un plan de vol exploitation qui comprenait les conditions météorologiques prévues et observées pour CYHZ, CYUL et l'aéroport international Roméo-LeBlanc du Grand Moncton (CYQM) (Nouveau-Brunswick). Les prévisions météorologiques pour CYHZ faisaient état de vents du 350° vrai (V) à 15 nœuds, de rafales à 21 nœuds, d'une visibilité de ½ mille terrestre (sm)³, de neige modérée et poudrière basse, et d'une température de -5 °C.

L'annexe 13 de la *Convention relative à l'aviation civile internationale* de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) exige que les États qui mènent les enquêtes sur des accidents protègent les enregistrements des conversations dans le poste de pilotage¹. Le Canada se conforme à cette exigence en protégeant tous les équipements d'enregistrement embarqués – y compris les enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) – privilégiés par la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*. Même si le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) peut faire usage des enregistrements de bord dans l'intérêt de la sécurité des transports, il n'est pas autorisé à divulguer sciemment toute partie d'un enregistrement de bord qui n'a aucun rapport avec les causes ou les facteurs contributifs d'un accident ou avec la détermination des lacunes de sécurité.

La raison pour laquelle on protège l'information que contiennent les CVR se fonde sur le principe selon lequel cette protection aide à assurer que les pilotes continuent de s'exprimer librement et que ces données essentielles sont mises à la disposition des enquêtes de sécurité. Le BST a toujours pris très au sérieux ses obligations en la matière et a rigoureusement limité l'usage des données des CVR dans ses rapports. À moins que le contenu du CVR soit requis pour appuyer une analyse et cerner un manquement important à la sécurité, il n'est pas inclus dans le rapport du BST.

Pour valider les enjeux de sécurité soulevés par l'enquête, le BST s'est servi de l'information provenant du CVR dans son rapport. Dans chaque cas, les données ont été soigneusement examinées pour s'assurer qu'elles étaient nécessaires pour promouvoir la sécurité des transports.

¹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), Annexe 13 à la *Convention relative à l'aviation civile internationale, Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation*, Neuvième édition (modification 12B, 2001), paragraphe 5.12.

² Le niveau de vol 350 correspond approximativement à 35 000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

³ 1 mille terrestre équivaut à 5280 pieds.

Avant le départ, le personnel de cabine a fait l'exposé sur les mesures de sécurité à l'intention des passagers, qui comprenaient des instructions d'évacuation d'urgence, et a indiqué les emplacements des 4 portes de la cabine et des 4 issues d'évacuation sur l'aile. Les passagers ont reçu l'instruction qu'en cas d'urgence, ils devaient laisser leurs bagages de cabine et suivre l'éclairage de secours le long du couloir vers l'issue la plus proche. Le personnel de cabine a également montré comment ouvrir les issues d'évacuation sur l'aile aux passagers assis à côté de celles-ci, au cas où l'on donnerait l'ordre d'évacuer l'aéronef. Un passager qui voyageait avec un bébé a reçu l'exposé sur la façon de le retenir durant le décollage et l'atterrissage, ainsi que la position de protection en prévision d'un impact. Enfin, on a donné l'instruction aux passagers de prendre connaissance des cartes de mesures de sécurité rangées dans les dossiers des sièges.

L'AC624 a pris son envol à 22 h 5 le 28 mars 2015⁴. Le commandant de bord occupait le siège gauche comme pilote aux commandes (PC); le premier officier occupait le siège de droite comme pilote surveillant (PS). C'était la première fois que ces 2 pilotes faisaient un vol ensemble.

Durant la montée, l'équipage de conduite a envisagé de changer l'aéroport de décollage prévu pour CYQM afin de pouvoir se maintenir en attente plus longtemps à CYHZ au cas où l'atterrissage était retardé en cas de mauvais temps. L'équipage de conduite a également décidé, en fonction des prévisions météorologiques et des avis aux aviateurs (NOTAM), qu'il effectuerait une approche en alignement de piste (approche LOC) de la piste 05 à Halifax (annexe A)⁵.

Pendant le vol de croisière, l'équipage de conduite a calculé les facteurs de correction en raison du temps froid pour l'altitude de franchissement du repère d'approche finale (FAF) Split Crow, l'altitude minimale de descente (MDA), et l'altitude d'approche interrompue. Il a déterminé que l'altitude de franchissement du FAF serait de 2200 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL), selon l'altitude publiée de 2000 pieds plus une correction de 200 pieds en raison du temps froid. L'équipage de conduite a calculé une MDA de 813 pieds ASL, selon la MDA publiée de 740 pieds ASL plus une correction en raison du temps froid de 23 pieds, plus 50 pieds ajoutés à la MDA corrigée, comme l'exige le manuel d'exploitation de vol (MEV) d'Air Canada⁶. L'équipage de conduite a calculé un angle de trajectoire de vol en fonction de la FAF corrigée en raison du temps froid. Le calcul se fondait sur l'angle de descente verticale publié de $-3,08^\circ$ indiqué sur la carte d'approche Jeppesen⁷ (annexe A) et

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

⁵ D'après un NOTAM, une accumulation de neige rendait la piste 14/32 inutilisable.

⁶ Air Canada, *Flight Operations Manual* (2014), sous-alinéa 8.11.9.1, p. 81.

⁷ Jeppesen Aviation, carte 11-1 LOC ou NDB piste 05 pour Halifax (Nouvelle-Écosse). Carte datée du 2 janvier 2015 et entrée en vigueur le 8 janvier 2015.

dans le manuel de référence rapide *Airbus A320 Quick Reference Handbook* d'Air Canada⁸, pour un angle de trajectoire de vol final calculé de -3.5° .

Vers 22 h 56, le service de régulation des vols d'Air Canada a fourni un bulletin météorologique à jour à l'équipage de conduite. Il l'a également informé qu'un vol d'Air Canada avait atterri sur la piste 05 à CYHZ à 22 h 30, après qu'il eut dû interrompre son approche à cause d'une visibilité insuffisante.

L'équipage de conduite a fait l'exposé de remise des gaz et a vérifié à plusieurs reprises les conditions météorologiques à CYHZ. D'après l'état de la piste annoncé et les vents signalés, et d'après le manuel de référence rapide, l'équipage de conduite a déterminé que les conditions permettaient l'atterrissage.

À 23 h 11, l'équipage de conduite a reçu le METAR⁹ de 23 h, qui faisait état d'une visibilité de $\frac{1}{4}$ sm par neige abondante. D'après les spécifications d'exploitation (OPS Spec) d'Air Canada, l'équipage de conduite peut tenter une approche au-delà du FAF lorsque la visibilité annoncée est égale ou supérieure à $\frac{1}{2}$ sm. L'équipage de conduite avait prévu se maintenir en attente à CYHZ jusqu'à ce que le temps s'améliore et qu'il puisse tenter une approche ou jusqu'à ce qu'il atteigne la quantité minimale de carburant exigée pour se rendre à l'aéroport de dégagement.

À 23 h 21, environ 2 minutes après que le vol eut été autorisé à descendre au niveau de vol 290, l'équipage de conduite a fait l'exposé d'approche pour une approche de non-précision LOC de la piste 05, suivi de la liste de vérifications avant descente. Ces exposés comprenaient les corrections d'altitude et le FPA modifié. L'approche devait être couplée-sélectionnée¹⁰ à un atterrissage manuel.

Durant la descente, l'équipage de conduite a discuté des procédures d'attente, puis a communiqué avec le contrôleur terminal à CYHZ pour demander un circuit d'attente à CETTY¹¹. À 23 h 25, le contrôleur terminal a autorisé l'AC624 à entrer en circuit d'attente à CETTY à 9000 pieds ASL. L'équipage de conduite a déterminé qu'il avait suffisamment de carburant pour demeurer sur ce circuit d'attente jusqu'à 1 h le 29 mars.

À 23 h 34, l'équipage de conduite a communiqué avec le contrôleur de la tour à CYHZ pour faire le point sur les conditions météorologiques et l'état de la piste. Le contrôleur de la tour a signalé que la visibilité était toujours de $\frac{1}{4}$ sm, et que des véhicules continuaient de déneiger

⁸ Air Canada, *Airbus A320 Quick Reference Handbook* (QRH), section 3, 01 juillet 2013, p. 45.

⁹ Un METAR est un message d'observation météorologique régulière pour l'aviation qui est habituellement diffusé toutes les heures. Il décrit les conditions météorologiques réelles à un endroit et à une heure particulière, comme elles sont observées depuis le sol, par des humains.

¹⁰ Se reporter au sous-alinéa 1.17.1.3 pour une explication de « approche couplée-sélectionnée ».

¹¹ CETTY est un point d'intersection sur l'arrivée normalisée en région terminale (STAR) FUNDY EIGHT (annexe B).

la piste. Environ 5 minutes plus tard, l'aéronef a viré à droite pour passer du cap 110° au cap 325° magnétique (M) et entrer en circuit d'attente à CETTY.

À 23 h 43, l'équipage de conduite a commencé les vérifications en approche, qui comprenaient de déployer les phares d'atterrissage et de les allumer. Le PC a indiqué par la suite qu'il demanderait peut-être d'éteindre les phares d'atterrissage durant l'approche. Le personnel de cabine a alors fait une annonce aux passagers leur demandant de ranger leurs bagages de cabine, de relever leurs dossiers et de boucler leur ceinture. Le personnel de cabine a par la suite confirmé que ces mesures avaient été prises.

À 0 h le 29 mars, un changement de quart des contrôleurs de la tour a eu lieu.

Vers 0 h 7, le PC a indiqué que si le temps ne s'améliorait pas au cours des quelque 20 prochaines minutes, il faudrait dérouter le vol vers CYQM.

À 0 h 9, le contrôleur terminal a communiqué avec l'AC624 pour l'informer du dernier METAR, qui faisait état d'une visibilité de $\frac{1}{8}$ sm, de vents du 360 °M à 20 nœuds avec rafales à 25 nœuds, de forte neige et de poudrierie basse, et d'une visibilité verticale à 300 pieds (annexe C). Quatre minutes plus tard, le contrôleur de la tour a communiqué avec l'AC624 pour l'informer que la visibilité de $\frac{1}{8}$ sm signalée précédemment était inexacte et qu'elle était en fait de $\frac{1}{4}$ sm, malgré le fait que le contrôleur de la tour avait affirmé qu'il pouvait distinguer des objets à environ $\frac{1}{2}$ sm.

À 0 h 16, le contrôleur de la tour a informé l'équipage de conduite qu'un message d'observation météorologique spéciale d'aérodrome (SPECI) avait été émis à 0 h 13, faisant état d'une visibilité de $\frac{1}{2}$ sm, de neige et de poudrierie basse, et d'une visibilité verticale de 300 pieds. En fonction de l'amélioration de la visibilité au minimum requis, l'équipage de conduite a déterminé qu'il allait poursuivre le vol et effectuer une approche de la piste 05.

À 0 h 16, le contrôleur terminal a autorisé l'AC624 à rejoindre le repère d'approche intermédiaire ODKAS, situé à 11,6 milles marins (nm)¹² de la piste, et a autorisé sa descente à 4000 pieds ASL. L'AC624 a ensuite été autorisé à effectuer une approche LOC directe en passant par le repère ODKAS. On l'a informé qu'il n'y avait aucun changement aux conditions météorologiques et à l'état de la piste. L'équipage de conduite a poursuivi l'approche, et vers 0 h 22, il a éteint les phares d'atterrissage.

Moins d'une minute plus tard, l'AC624 a communiqué avec la tour pour confirmer que les feux de piste étaient réglés à l'intensité 5. Le contrôleur de la tour, qui surveillait les chasse-neige sur la piste et un aéronef qui roulait vers la piste 05, a indiqué que les feux étaient réglés à l'intensité 4, mais qu'ils seraient réglés à 5 à temps pour l'atterrissage.

À 0 h 23, l'AC624 s'est mis en palier à 3400 pieds ASL; il se trouvait alors à environ 12 nm du seuil de piste. Une fois en vol en palier, avec le pilote automatique sélectionné et le mode

¹² 1 mille marin équivaut à 6076 pieds.

latéral du directeur de vol (FD) réglé à LOC (mode de tenue d'axe d'alignement de piste), l'équipage de conduite a commencé à configurer l'aéronef en vue de la descente avec l'AP 1 et la commande automatique de poussée toujours embrayés. Les volets étaient réglés au cran 1.

À 0 h 24, à environ 11 nm du seuil de piste, l'équipage de conduite a réglé les volets au cran 2. L'aéronef a amorcé un virage à gauche pour intercepter, acquérir et suivre l'axe d'alignement de piste (LOC)¹³. Durant cette période, l'équipage de conduite a remarqué qu'il pouvait apercevoir le sol en regardant directement vers le bas de même qu'en regardant à un léger angle¹⁴.

Vers 0 h 26, à environ 8 nm du seuil de piste, le PC a commandé la sortie du train d'atterrissage et l'achèvement des vérifications avant atterrissage. L'aéronef s'est mis en palier à 2200 pieds ASL, le train d'atterrissage était déployé, et l'altitude d'approche interrompue était réglée. À peu près au même moment, le contrôleur de la tour a demandé aux chasse-neige de dégager la piste.

À 0 h 27, à environ 6,7 nm du seuil de piste, l'équipage de conduite a réglé les volets au cran 3, puis à pleins volets. L'aéronef était donc entièrement configuré pour l'atterrissage avant de franchir le FAF.¹⁵

À environ 2,7 nm du FAF, le PC a sélectionné le mode FPA au moyen du bouton vitesse verticale/angle de trajectoire de vol (V/S-FPA) du module de commande de vol; l'aéronef naviguait désormais avec un FPA réglé à 0,0°¹⁶.

À 0 h 27, le PS a amorcé le compte à rebours de la distance pour franchir le FAF en indiquant 0,5, 0,4 puis 0,3 nm. À 0,3 nm du FAF, le PC a tourné le bouton V/S-FPA pour régler l'angle à -3,5°. Le contrôleur de la tour a autorisé l'AC624 à atterrir; les feux de piste sont demeurés à l'intensité 4¹⁷. Les phares d'atterrissage de l'aéronef sont demeurés éteints, et le PS a indiqué qu'il pouvait apercevoir l'éclairage au sol.

L'aéronef a amorcé sa descente à environ 0,2 nm du FAF. Il a franchi le FAF à une altitude indiquée de 2170 pieds (figure 1).

¹³ Durant la descente finale, les écarts par rapport à l'axe d'alignement de piste étaient de $\pm 0,1$ point.

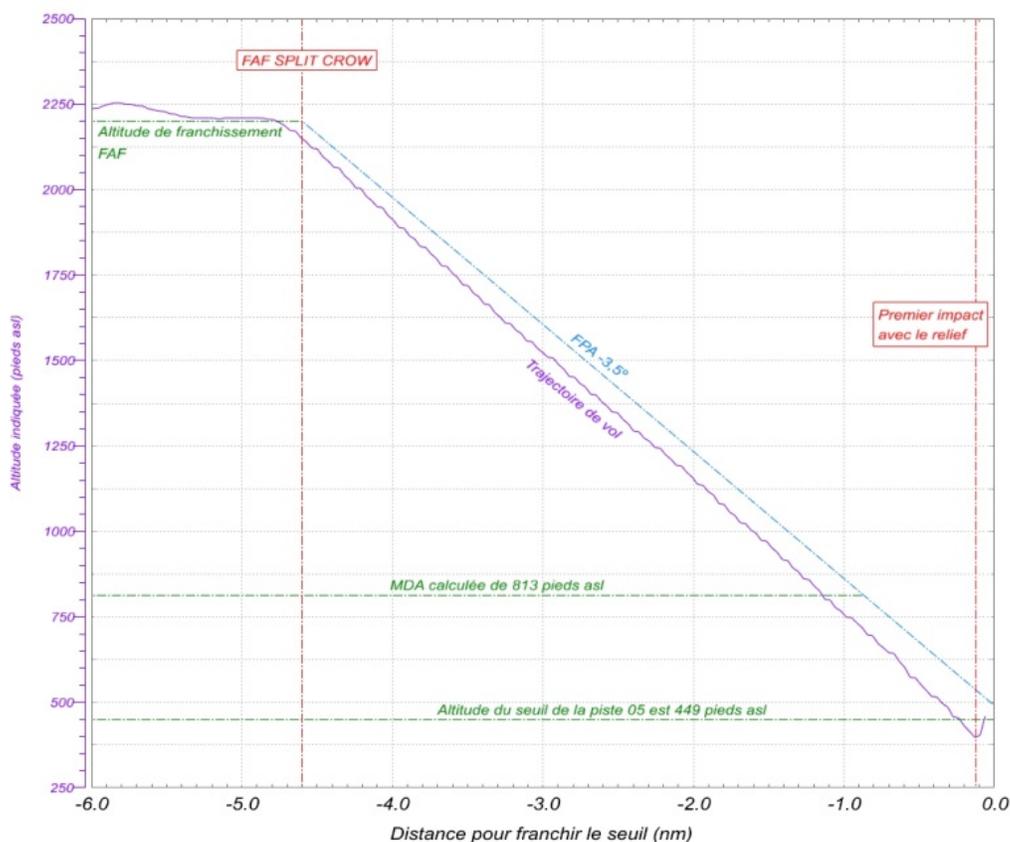
¹⁴ À ce moment, l'aéronef devait survoler des quartiers résidentiels.

¹⁵ L'enquête a déterminé que les altimètres de l'aéronef avaient été réglés au calage altimétrique en vigueur pour l'approche.

¹⁶ Lorsque l'aéronef vole en palier et que le mode FPA est sélectionné, l'angle change implicitement pour 0,0°.

¹⁷ La Halifax International Airport Authority et NAV CANADA tiennent un registre des réglages du balisage lumineux de piste.

Figure 1. Angle de trajectoire de vol (FPA) contre la trajectoire de vol de l'aéronef



Alors que l'aéronef descendait, la trajectoire de vol réelle s'est écartée du profil souhaité à cause de variations des vents. Cet écart a continué de s'accroître durant l'approche. La vitesse anémométrique était constante, et la vitesse de descente verticale oscillait de 700 à 800 pieds par minute (pi/m).

À 0 h 29 min 27 s, le radioaltimètre a généré le message audio automatisé (message automatisé) « 400 » pour indiquer que l'aéronef se trouvait à 400 pieds au-dessus du relief. Presque immédiatement après cette annonce, l'aéronef a franchi la MDA calculée à 1,2 nm du seuil de piste. Le PS a aperçu des feux d'approche et a annoncé « Minimum, feux seulement » alors que l'aéronef était à environ 1,0 nm du seuil de piste. Le PC a immédiatement annoncé « Atterrissage », et a commencé à apercevoir quelques feux d'approche. À ce moment, l'aéronef avait franchi la MDA publiée (740 pieds ASL), mais se trouvait à 0,3 nm derrière la distance publiée. Le pilote automatique est demeuré embrayé alors que l'aéronef poursuivait sa descente; il n'y a eu aucune réduction du taux de descente.

Lorsque l'aéronef était à environ 0,7 nm du seuil de piste, les 2 pilotes ont eu une conversation au cours de laquelle ils ont confirmé qu'ils pouvaient voir des feux d'approche. À ce moment, l'aéronef survolait des installations éclairées.

À 0 h 29 min 47 s, l'équipage de conduite a allumé les phares d'atterrissage. Puis, à intervalle très rapproché, le PC a débrayé le pilote automatique¹⁸, le radioaltimètre a émis le message automatisé « 100 », puis « 50 », et le PS a donné l'instruction de remonter. C'est alors que l'AC624 a sectionné des lignes de transport d'électricité perpendiculaires à la piste¹⁹, plongeant l'aérogare dans l'obscurité.

Environ 1 seconde avant le premier impact avec le relief, le PC a avancé les manettes de poussée à la butée de décollage-remise des gaz avec sollicitation maximale de cabré du manche latéral. Un des pneus du train d'atterrissage principal gauche a heurté un feu d'approche situé à 861 pieds du seuil de piste. À 0 h 30 min, le train principal de l'aéronef, le dessous de la partie arrière du fuselage et le capot du moteur gauche ont percuté le sol enneigé sur le côté sud du talus dont l'inclinaison montait vers la surface de la piste. L'aéronef a alors percuté le réseau d'antennes de radioalignement et a poursuivi sa course avant de percuter le sol à 2 autres reprises et de glisser sur la piste. L'aéronef s'est immobilisé à quelque 1900 pieds au-delà du seuil de piste. Pendant ces mouvements, il y a eu perte totale d'alimentation électrique dans l'aéronef. Les lumières à l'intérieur de la cabine se sont éteintes, et l'éclairage d'urgence s'est allumé automatiquement.

À 0 h 30 min 16 s, le contrôleur de la tour a déclenché l'alarme d'écrasement.

Quoique l'ordre d'évacuer l'aéronef n'ait pas été donné, les passagers des rangées 17 et 18 ont néanmoins ouvert les 4 issues d'évacuation sur l'aile et ont commencé à évacuer l'aéronef. Le directeur de bord a ouvert la porte de cabine avant gauche (L1) et a indiqué aux passagers d'évacuer l'aéronef²⁰. L'ouverture de la porte de cabine et des issues d'évacuation sur l'aile a provoqué le déploiement de leur glissière d'évacuation respective.

Environ 2 minutes après le déclenchement de l'alarme d'écrasement, alors que les passagers achevaient d'évacuer l'aéronef, des pompiers des services d'intervention d'urgence (SIU) de l'aéroport sont arrivés sur les lieux, conformément aux exigences d'intervention prévues par la réglementation²¹.

Tous les passagers avaient évacué l'aéronef dans les 5 minutes après qu'il se fut immobilisé; plusieurs portaient des chaussures à bout ouvert, des shorts et des T-shirts. Certains passagers ont évacué l'aéronef avec leurs bagages de cabine. On a rassemblé tous les occupants à environ 200 m derrière l'aéronef. Les occupants plus grièvement blessés ont pris place à l'intérieur des véhicules d'intervention d'urgence. Certains passagers, de même que le directeur d'intervention d'urgence en service de l'aéroport, ont appelé le service d'urgence 9-1-1.

¹⁸ L'aéronef aurait alors été à environ 30 pieds au-dessus de l'altitude du seuil de piste.

¹⁹ Les lignes électriques se trouvaient à environ 40 pieds au-dessus de la route.

²⁰ L'aéronef compte 4 portes de cabine, 2 du côté gauche (L1 et L2) et 2 du côté droit (R1 et R2). Ces portes servent d'entrée et de sortie pour les passagers et les membres d'équipage.

²¹ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), article 303.18, Section IV, Test d'intervention.

Vers 0 h 42, les pompiers ont confirmé que tous les occupants avaient évacué l'aéronef et ont demandé qu'ils soient transportés dans un abri. Environ 50 minutes après que l'aéronef eut été immobilisé, tous les autres passagers avaient été transportés à une aire d'attente intérieure.

1.2 Victimes

Tableau 1. Victimes

	Équipage	Passagers	Autres	Total
Tués	0	0	-	0
Blessés graves	1	0	-	1
Blessés légers	4	20	-	24
Aucune	0	113	-	112
Total	5	133	-	138

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été détruit.

1.4 Autres dommages

Avant le premier impact, des lignes de transport d'électricité qui traversaient la trajectoire d'approche ont été sectionnées, et un feu d'approche a été endommagé. La structure d'antennes de radioalignement du système d'atterrissage aux instruments (ILS) a été détruite lorsque l'aéronef l'a heurtée. Une petite quantité de carburant a contaminé le sol à côté de la piste où l'aéronef s'est immobilisé; la glissade de l'aéronef et du moteur gauche a laissé de nombreuses éraflures sur la surface de la piste.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Équipage de conduite

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Type de licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)	Licence de pilote de ligne (ATPL)
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} févr. 2016	1 ^{er} avril 2016
Heures totales de vol	11 765,8	11 300,0
Heures de vol sur ce type	5755,0	6392,0
Heures de vol - 7 derniers jours	8,0	20,4
Heures de vol - 30 derniers jours	22,6	45,4

Heures de vol – 90 derniers jours	103,0	115,0
Heures de vol sur type – 90 derniers jours	103,0	115,0
Heures de service avant l'événement	4,0	9,5
Heures de congé avant la période de travail	21,0	12,9

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

1.5.1.1 *Commandant de bord*

Le commandant de bord avait à son actif plus de 9 années d'expérience au service d'Air Canada et avait rempli les fonctions de premier officier (P/O) à bord de l'A320 pendant environ 7 ans avant d'obtenir sa qualification de commandant de bord, en 2013. À ce titre, il avait accumulé environ 1200 heures comme pilote aux commandes.

Durant les 3 jours qui ont précédé l'accident, le commandant de bord avait été affecté aux quarts de soirée. Le 26 mars, il a commencé son temps de service (3 heures, suivies de 17 heures de congé) par un vol en soirée. La soirée du 27 mars, le commandant de bord avait fait un temps de service de 4 heures suivies de 21 heures de congé, avant de se présenter au travail le 28 mars.

1.5.1.2 *Premier officier*

Le P/O comptait 15 années d'expérience au service d'Air Canada et remplissait les fonctions de P/O à bord de l'A320 depuis son embauche.

Durant les 3 jours qui ont précédé l'accident, le P/O avait été en congé jusqu'au début d'un appariement, le 27 mars. Le P/O avait fait un temps de service de 10 heures suivies de presque 13 heures de congé. Il était en service depuis 9,5 heures lorsque l'accident s'est produit.

1.5.2 *Personnel de cabine*

Le personnel de cabine, composé d'un directeur de bord et de 2 agents de bord, possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Le directeur de bord comptait 10 années d'expérience au service d'Air Canada, dont 5 années comme agent de bord et 5 comme directeur de bord. Le directeur de bord avait suivi la formation périodique annuelle (ART) d'Air Canada en juillet 2014. Le directeur de bord occupait le siège de service faisant face à l'arrière à la porte L1 et était responsable des portes L1 et R1.

Le premier agent de bord, qui occupait le siège de service faisant face à l'arrière à la porte L2, comptait 5 années d'expérience et avait suivi l'ART en avril 2014.

Le second agent de bord, qui occupait le siège de service faisant face à l'avant et fixé à la cloison située à l'arrière du couloir, comptait 2 années d'expérience et avait suivi le cours de formation initiale de 3 semaines de la compagnie en mai 2014.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Airbus Industrie
Type, modèle et immatriculation	Aéronef, A320-211, C-FIJP
Année de construction	1991
Numéro de série	233
Date d'émission du certificat de navigabilité	15 octobre 1991
Nombre total d'heures de vol cellule	75 103 heures
Type de moteur (nombre de moteurs)	Turbine, CFM56-5A1 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	75 500 kg
Type(s) de carburant(s) recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

1.6.1 Généralités

L'Airbus A320-211 est un biréacteur de transport de passagers à couloir unique et à fuselage étroit. Il est muni d'un système de trains d'atterrissage escamotables qui comprend 2 trains d'atterrissage principaux et un train avant.

La cabine de l'aéronef comptait 5 sièges de service escamotables pour agents de bord. Deux d'entre eux, faisant face à l'arrière et fixés à la paroi de la cabine, étaient situés à la porte L1; un autre, faisant face à l'avant et fixé à la cloison, se trouvait à l'arrière du couloir; et 2 autres, faisant face à l'arrière et fixés à la paroi de la cabine, étaient situés de part et d'autre de l'office arrière.

Des compartiments de rangement supérieurs étaient installés le long des parois d'un bout à l'autre de la cabine passagers.

L'aéronef était muni d'un système d'avertissement de proximité du sol amélioré (EGPWS) fabriqué par Honeywell International Inc. (Honeywell). Étant donné que les conditions d'approche n'ont pas dépassé les limites d'exploitation sécuritaire, l'EGPWS n'a pas émis d'avertissement.

L'aéronef était muni de 2 radiobalises de repérage d'urgence (ELT) de survie. Une ELT de survie peut être déployée par l'équipage et se déclenche automatiquement lorsqu'elle est immergée. Ce type d'ELT comprend un interrupteur permettant de le déclencher

manuellement. Comme on savait où se trouvait l'aéronef et que les intervenants d'urgence étaient en route, il n'était pas nécessaire que l'équipage déclenche l'ELT manuellement.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément aux règlements en vigueur et aux procédures approuvées. À l'exception d'une indication de groupe de conditionnement d'air n° 2 inopérant, anomalie qui avait été reportée dans le carnet de bord²², on n'a rapporté aucune difficulté technique avant le vol à l'étude, et il n'y avait aucune indication d'une quelconque défectuosité d'un composant ou d'un système pendant le vol. La masse et le centre de gravité se situaient dans les limites prescrites.

1.6.2 *Systèmes et exploitation de l'Airbus A320*

L'écran principal de vol (PFD) de l'Airbus A320 affiche les paramètres de vol de l'aéronef comme l'assiette, la vitesse anémométrique et l'altitude. Il fournit également des renseignements de guidage de vol comme le vecteur de trajectoire de vol, surnommé « bird ». Ce symbole vert qui ressemble à un avion sert de référence de vol et s'affiche à l'écran PFD (figure 2).

L'annonceur de mode de vol s'affiche au haut du PDF et sert de principal indicateur des sélections sur le module de commande de vol. L'annonceur de mode de vol affiche le mode de commande automatique de poussée, les modes latéral et vertical du pilote automatique (AP) et du directeur de vol (FD) et les capacités d'approche, de même que l'état de sélection du pilote automatique, du directeur de vol et de la commande automatique de poussée.

Le module de commande de vol, qui est la principale interface de l'équipage de conduite avec le système de contrôle automatique de vol pour les sélections de courte durée (figure 3), se trouve dans la partie centrale de l'écran anti-éblouissement. Au moyen du module de commande de vol, l'équipage de conduite peut modifier temporairement n'importe quel paramètre de vol et peut aussi sélectionner des modes opérationnels pour les AP et les FD. Le mode sélectionné s'affiche dans la partie annonceur de mode de vol du PFD.

Figure 2. Écran principal de vol (Source : Airbus Industrie)



²² Cette anomalie a été reportée conformément à la liste minimale d'équipements de la compagnie.

Figure 3. Module de commande de vol (Source : Airbus Industrie)



Le module de commande de vol comprend 4 boutons (SPD-MACH [vitesse/nombre de Mach], HDG-TRK [cap/trajectoire], ALT [altitude] et V/S-FPA [vitesse verticale/angle de trajectoire de vol]) pour sélectionner manuellement la vitesse de vol automatique et les modes latéral et vertical. On appuie sur ces boutons pour changer ce mode de guidage de vol automatique au mode géré, au moyen duquel le système de gestion de vol (FMS) guide l'aéronef en suivant une route programmée en fonction des profils vertical, latéral et de vitesse.

Au moyen de ces boutons, l'équipage de conduite peut régler la vitesse, le cap/trajectoire, l'altitude ou la vitesse verticale/FPA souhaités. On tire sur les boutons pour actionner le guidage sélectionné.

Lorsque l'on tourne le bouton V/S-FPA (le bouton à l'extrême droite de la figure 3), on change la vitesse verticale ou le FPA à l'écran V/S-FPA. Lorsque l'on tire sur le bouton de sélection, on actionne la fonction V/S ou FPA; l'aéronef suit alors la trajectoire verticale sélectionnée. On sélectionne V/S ou FPA en enfonceant le bouton-poussoir HDG V/S-TRK FPA.

1.6.3 Alimentation électrique

Normalement, 2 génératrices à courant alternatif (c.a.) entraînées par chacun des moteurs alimentent l'aéronef en électricité. Une troisième génératrice, entraînée par un groupe auxiliaire de bord, peut en tout temps remplacer l'une ou l'autre des génératrices c.a. principales.

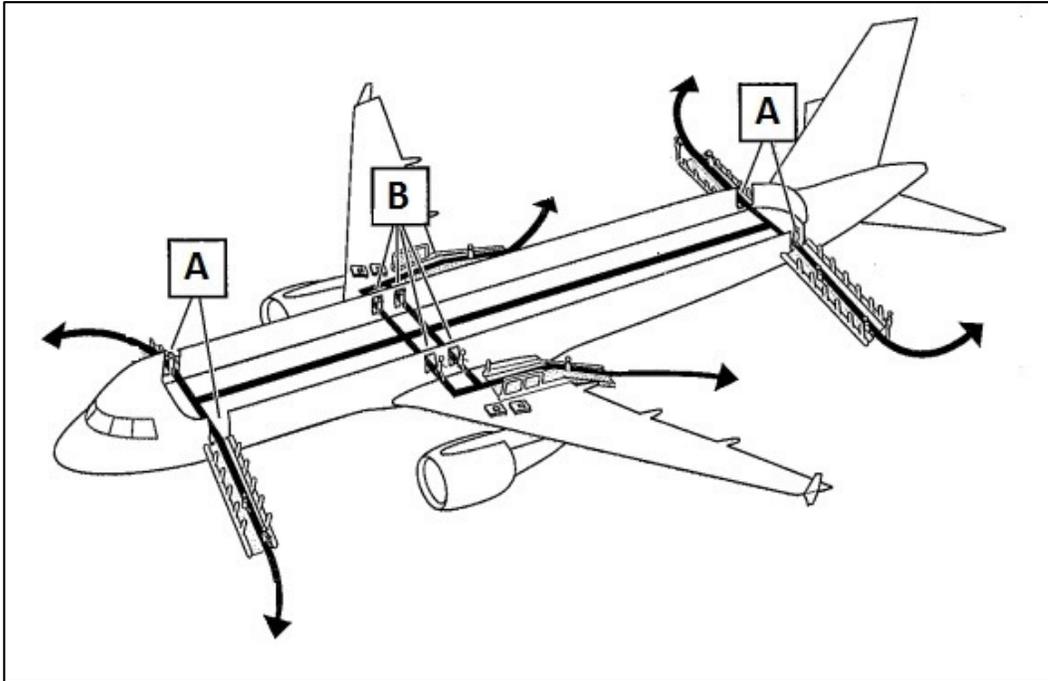
Au cas où les 3 génératrices seraient en panne et que l'aéronef volerait à une vitesse supérieure à 100 nœuds, une turbine à air dynamique (RAT) se déploierait automatiquement. Cette RAT entraîne une génératrice d'urgence par un moteur hydraulique.

En cas de perte de toute capacité de production de courant alternatif, le système peut transformer le courant continu des 2 batteries principales de l'aéronef en courant c.a. au moyen de convertisseurs statiques.

1.6.4 Portes de cabine et issues d'évacuation sur l'aile

Les portes de cabine et issues d'évacuation sur l'aile sont munies de glissières ou de radeaux autogonflants (ci-après nommées glissières). Lorsque l'on ouvre une porte de cabine qui est en position armée, la glissière se gonfle automatiquement. Lorsque l'on ouvre une issue d'évacuation sur l'aile, la glissière d'aile se gonfle automatiquement (figure 4).

Figure 4. Portes de cabine (A) et issues d'évacuation sur l'aile (B) munies de glissières ou de radeaux autogonflants (Source : Air Canada)



Les portes de cabine s'ouvrent vers l'extérieur et vers l'avant. Normalement, lorsqu'on ouvre la porte de l'intérieur, on la déverrouille en déplaçant la poignée de commande porte vers le haut en position OPEN (ouvrir). Lorsque le levier d'armement de la glissière est en position désarmée, un vérin hydraulique amortit le mouvement de la porte. Avec le levier d'armement de la glissière en position armée (comme lorsqu'on ouvre la porte durant une situation d'urgence), le vérin ouvre automatiquement la porte en position verrouillée. Un verrou de gouverne s'engage lorsque la porte est en position verrouillée.

Figure 5. Bouton-poussoir de désarmement du verrou de gouverne de la porte L1 (encerclé)



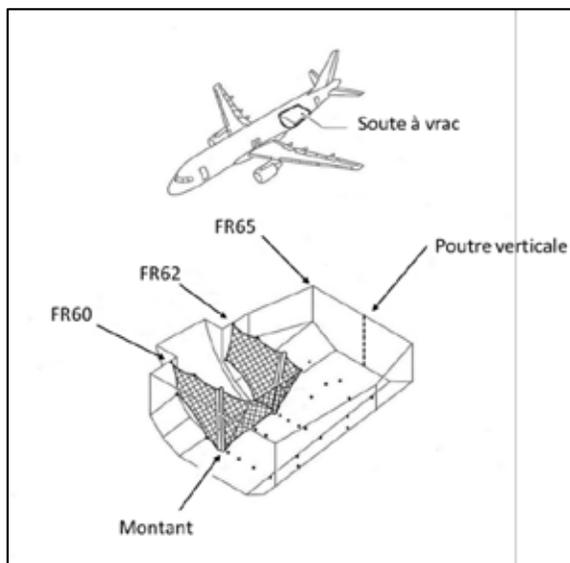
Un bouton-poussoir orienté à la verticale désarme le verrou de gouverne de la porte quand on l'abaisse. Une fois le verrou de gouverne désarmé, la porte pivote librement. Le bouton-poussoir pour désarmer le verrou de gouverne de la porte L1 se trouve sur le bras-support, à côté du poste d'agent de bord (figure 5).

1.6.5 Soute à vrac

La soute à vrac se trouve sous le plancher de la cabine, derrière la soute arrière. On y accède par une porte sur le côté droit du fuselage. Un filet de séparation sépare la soute à vrac et la soute arrière, et une cloison amovible non structurale, située au cadre (FR) 65, sert de mur arrière à la soute à vrac. Cette cloison comprend une poutre verticale monobloc non structurale installée entre le plancher et le plafond de la soute, sur l'axe longitudinal de l'aéronef.

Des filets sont installés de part et d'autre de la porte de la soute à vrac, aux cadres FR60 et FR62. Ces filets sont munis de montants monoblocs que l'on fixe entre le plancher et le plafond de la soute (figure 6).

Figure 6. Soute à vrac avec filets de porte arrière
(Source : Airbus Industrie avec annotations du BST)



1.6.6 Sièges passagers

L'aéronef à l'étude était configuré avec 14 sièges de classe affaires et 132 sièges de classe économique. Les sièges de classe affaires étaient groupés par paires sur 3 rangées (rangées 2 à 4) à gauche du couloir central, et sur 4 rangées (rangées 1 à 4) à droite. Les sièges de classe économique étaient groupés en unités de 3 sièges disposées de part et d'autre du couloir sur 22 rangées (rangées 12 à 33) derrière la section de classe affaires.

Normalement, les dossiers des sièges des classes affaires et économique sont inclinables. Le mécanisme d'inclinaison d'un dossier comprend une goupille de cisaillement qui se rompt si le dossier reçoit un choc de l'arrière. L'application d'une force d'environ 190 livres vers l'avant dans le haut du dossier rompt cette goupille. Cette force correspond à une charge d'inertie d'environ 20 g²³ appliquée au dossier; une telle force endommagerait et déformerait le châssis du siège.

²³ La force g correspond à l'accélération due à la pesanteur, soit 9,8 m/s².

Le cisaillement permet la dissipation de l'énergie de rupture, ce qui atténue le risque de blessure durant un accident. Lorsque cette goupille est rompue, le dossier pivote librement sur ses points d'articulation.

1.6.7 *Ensembles de ceintures-baudriers de l'équipage de conduite*

Le système de retenue de l'équipage de conduite, qui comprend une ceinture-baudrier et une sangle abdominale, est conçu pour retenir l'occupant du siège dans toutes les assiettes de vol et durant l'atterrissage. La ceinture-baudrier se fixe à une boucle rotative; on peut utiliser la sangle abdominale séparément ou avec le baudrier.

Le baudrier comprend 2 sangles, chacune attachée à un rétracteur à verrouillage d'urgence (enrouleur automatique à inertie). Lorsque les sangles ne sont pas attachées à la boucle, un ressort amortisseur à l'intérieur de l'enrouleur à inertie les enroule sur un tambour.

Lorsque les sangles sont fixées dans la boucle, les enrouleurs à inertie laissent libre cours au déroulement et à l'enroulement du baudrier, selon le cas, de manière à permettre à l'occupant de bouger librement. Lorsque l'on applique soudainement une force d'accélération au baudrier, le mécanisme de verrouillage de l'enrouleur à inertie s'actionne. Ce mécanisme de verrouillage comprend un cliquet qui pivote autour d'un disque cranté en plastique fixé au tambour. Lorsque le cliquet s'engage, une tige de chargement bloque le tambour au moyen d'un mécanisme d'encliquetage, ce qui empêche tout mouvement de la sangle. Une fois la force d'accélération dissipée, l'enrouleur à inertie se débloque pour permettre à l'occupant de bouger librement.

Le manuel d'entretien du système de retenue comprend des méthodes pour évaluer la performance du système à son installation à bord de l'aéronef. Ces méthodes stipulent que l'on doit inspecter le système de retenue en même temps que l'on inspecte les sièges à bord de l'aéronef.

D'après ce manuel, dont ne disposait pas Air Canada, il faut dérouler la sangle d'au moins 25 % avant de tester la capacité de l'enrouleur à inertie à bloquer en cas d'accélération (essai de traction). Cet essai doit être repris 4 fois de suite pour s'assurer que le mécanisme de blocage fonctionne correctement. L'essai de traction permet de vérifier l'état de navigabilité du baudrier et sa capacité à retenir l'occupant du siège s'il est soumis à une force d'accélération soudaine, comme durant un accident. Si l'enrouleur à inertie échoue à cet essai, il n'est plus en bon état et doit être remplacé.

Lorsque le baudrier est entièrement enroulé, la sangle empêche la tige de chargement d'engager le mécanisme d'encliquetage. Lorsque la sangle est déroulée de 25 %, comme l'exige la méthode d'essai, la tige de chargement peut engager le mécanisme d'encliquetage. Il faut dérouler la sangle avant de faire l'essai de traction, sinon, le disque cranté et le cliquet seront soumis à des forces excessives (qui sont normalement absorbées par la tige de chargement) et le disque cranté pourrait craquer.

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada n'exigent pas des équipages de conduite qu'ils effectuent l'essai de traction. Le calendrier de maintenance approuvé de la compagnie comprend une inspection du système de retenue des sièges d'équipage de conduite avec chaque vérification « A » (soit à intervalles de 600 à 750 heures de vol). Cette exigence ne stipule pas que l'inspection comprenne un essai de traction sur le boudoir. La dernière inspection du système de retenue du P/O avait eu lieu environ 2 semaines avant l'accident; aucune anomalie n'avait été relevée.

Ni les fiches de tâches d'Air Canada ni les fiches de tâches de maintenance d'Airbus (sur lesquelles se fondent celles d'Air Canada) ne stipulaient d'exécuter un essai de traction. Toutefois, Air Canada reconnaissait l'importance du boudoir pour retenir l'occupant du siège au cours d'un accident, et effectuait des essais de traction néanmoins. Air Canada ne savait pas que la ceinture de sécurité devait être testée dans la position déroulée de 25 %, et a donc testé le boudoir dans la position complètement enroulée.

En juin 2014, on a installé le siège du P/O à bord de l'aéronef à l'étude après qu'il eut été réparé dans des installations approuvées. Les instructions d'entretien du fabricant du siège comprenaient un test de fonctionnement de l'enrouleur à inertie, mais n'indiquaient pas qu'il fallait dérouler d'au moins 25 % la sangle avant de faire l'essai de traction.

1.6.8 *Ensembles de machines à café*

L'aéronef à l'étude comprenait à son bord 3 ensembles de machines à café (à infusion) situées côte à côte dans l'office arrière.

Chaque machine à café glisse dans les coulisses d'une base fixée en permanence à la structure de l'aéronef. Le bâti de la machine à café comprend un dispositif de verrouillage, qui consiste en un levier mobile et une goupille d'arrêt. Un ressort de rappel maintient le dispositif de verrouillage en position ouverte. Le levier comprend une glissière à laquelle l'extrémité supérieure de la goupille est fixée.

En poussant sur le levier, le bout supérieur de la goupille se déplace vers le bas de la glissière, passe dans le trou de la coulisse, et traverse le bâti de la machine à café. Lorsque le bout supérieur de la goupille enclenche la détente au bout de la glissière, la goupille est alors verrouillée et engagée correctement dans la coulisse. À ce moment, le levier est à la verticale et ne touche pas au bâti de la machine à café. Ce levier doit être en position verrouillée pour que l'on puisse placer une cafetière ou une théière sur l'élément chauffant. Normalement, on retire ces contenants des machines durant la circulation au sol, le décollage et l'atterrissage.

En tirant sur le levier, l'extrémité supérieure de la goupille se dégage de la détente. Le ressort pousse la goupille vers le haut, et le levier se déplace en position ouverte. La machine à café peut alors glisser dans les coulisses.

Si la machine à café n'est pas correctement installée dans sa base, la goupille touchera à la coulisse, et il sera impossible de déplacer le levier en position verrouillée. Si l'on applique

une force excessive sur le levier, ou si un objet dur heurte le levier, celui-ci fléchit vers l'arrière.

Le fabricant de la machine à café recommande un entretien périodique, qui comprend un examen visuel général de l'ensemble complet. Aucune exigence particulière ne demande de vérifier le bon fonctionnement du mécanisme de verrouillage.

En 1992, le fabricant a émis un bulletin de service facultatif qui donnait de l'information pour modifier la machine à café en y incorporant un nouveau levier de verrouillage. Ce nouveau levier demeure en position verrouillée au moyen d'une vis que l'on tourne dans le bâti. Lorsque la vis est en place, on ne peut pas tirer le levier en position ouverte. Air Canada n'a pas mis en œuvre ce bulletin de service, et la réglementation ne l'exigeait pas.

1.6.9 *Système de sonorisation*

L'aéronef était muni d'un système de sonorisation avec haut-parleurs dans la cabine permettant au personnel navigant de faire des annonces aux passagers. On peut se servir de ce système à partir du poste de pilotage ou des postes d'agent de bord.

Ce système n'est pas relié à une source d'alimentation électrique indépendante qui assurerait son fonctionnement en cas d'urgence causant une panne électrique ou d'alimentation par batterie, et la réglementation en vigueur n'exige pas qu'il le soit.

1.6.10 *Circuit d'éclairage de secours en cabine*

L'aéronef comprenait un circuit d'éclairage d'urgence s'allumant automatiquement en cas de panne électrique. Une fois qu'il est actionné, le système de marques d'évacuation d'urgence de proximité est alimenté par un bloc d'alimentation indépendant (à batteries internes) pendant au moins 12 minutes.

1.7 *Renseignements météorologiques*

1.7.1 *Généralités*

Les observations météorologiques à Halifax sont émises par des spécialistes de l'information de vol de NAV CANADA. Le spécialiste de l'information de vol fait, à toutes les heures, des observations météorologiques. En cas de changement important des conditions, il diffuse des observations météorologiques spéciales. Pour déterminer la visibilité dominante au sol la nuit, on se sert de lumières diffuses d'intensité moyenne à des distances connues comme repères de visibilité.

1.7.2 *Prévisions météorologiques pour Halifax reçues par l'équipage de conduite avant le départ*

Les agents d'exploitation d'Air Canada ont dressé le plan de vol exploitation, comprenant les renseignements météorologiques et des NOTAM, et l'ont remis à l'équipage de conduite.

Le METAR émis le 28 mars 2015 à 20 h faisait état des conditions suivantes : vents du 360 °V à 19 nœuds, rafales à 26 nœuds, visibilité à 1½ sm, neige légère et poudrierie basse, couverture nuageuse à 700 pieds au-dessus du niveau du sol (AGL), température de -4 °C, point de rosée de -5 °C, et calage altimétrique de 29,60 pouces de mercure (in. Hg).

La prévision d'aérodrome (TAF) émise le 28 mars 2015 à 17 h 44 pour la période d'arrivée faisait état des conditions suivantes : vents du 010 °V à 20 nœuds, rafales à 30 nœuds, visibilité à ¾ sm, neige légère et poudrierie élevée, et visibilité verticale à 500 pieds AGL; temporairement, du 28 mars à 18 h au 29 mars à 3 h : visibilité à 3 sm, neige légère et poudrierie élevée, et couverture nuageuse à 1000 pieds AGL.

1.7.3 *Prévisions météorologiques pour Halifax émises avant le départ*

Le METAR pour CYHZ émis le 28 mars 2015 à 22 h faisait état des conditions suivantes : vents du 350 °V à 15 nœuds, rafales à 21 nœuds, visibilité à ½ sm, neige modérée et poudrierie basse, visibilité verticale à 200 pieds AGL, température de -5 °C, point de rosée de -6 °C, et calage altimétrique de 29,62 pouces de mercure (in. Hg).

Une TAF pour CYHZ a été émise le 28 mars 2015 à 20 h 38. Le temps prévu à l'heure d'arrivée faisait état des conditions suivantes : vents du 360 °V à 20 nœuds, rafales à 30 nœuds, visibilité à ¾ sm, neige légère et poudrierie élevée, et visibilité verticale à 500 pieds AGL; temporairement le 29 mars de 0 h à 5 h : visibilité à 3 sm, neige légère, et couverture nuageuse à 1200 pieds AGL.

1.7.4 *Prévisions météorologiques pour Halifax alors que l'AC624 était en route*

Le METAR de 23 h pour CYHZ faisait état des conditions suivantes : vents du 350 °V à 19 nœuds, rafales à 27 nœuds, visibilité à ¼ sm, neige lourde, visibilité verticale à 200 pieds AGL, température de -6 °C, point de rosée de -6 °C, et calage altimétrique de 29,62 pouces de mercure (in. Hg).

À 23 h 38, la TAF pour CYHZ a été modifiée; elle faisait état des conditions suivantes à l'heure d'arrivée : vents du 350 °V à 20 nœuds, rafales à 30 nœuds, visibilité à ¼ sm, neige modérée et poudrierie élevée, visibilité verticale à 200 pieds AGL; le 29 mars de 3 h à 4 h : visibilité à 2 sm, neige légère et poudrierie élevée, et couverture nuageuse à 1000 pieds AGL.

Le METAR de 0 h, transmis à l'équipage par NAV CANADA à 0 h 9, faisait état des conditions suivantes : vents du 340 °V à 19 nœuds, rafales à 25 nœuds, visibilité à ⅛ sm, forte neige et poudrierie basse, visibilité verticale à 300 pieds AGL, température de -6 °C, point de rosée de -7 °C, et calage altimétrique de 29,62 pouces de mercure (in. Hg). Le METAR de 0 h a par la suite été corrigé pour indiquer une visibilité à ¼ sm, et NAV CANADA a transmis cette information à l'équipage de conduite à 0 h 13.

Un SPECI²⁴ pour CYHZ émis à 0 h 13 et transmis à l'équipage de conduite par NAV CANADA à 0 h 15, faisait état des conditions suivantes : vents du 350 °V à 20 nœuds, rafales à 26 nœuds, visibilité à ½ sm, neige modérée et poudrierie basse, visibilité verticale à 300 pieds AGL, température de -6 °C, point de rosée de -7 °C, et calage altimétrique de 29,63 pouces de mercure (in. Hg).

1.7.5 Prévisions météorologiques pour Halifax émises après l'accident

Une observation météorologique pour CYHZ faite le 29 mars à 0 h 55 faisait état des conditions suivantes : vents du 340 °V à 22 nœuds, rafales à 28 nœuds, visibilité à ¾ sm, neige légère et poudrierie basse, nuages fragmentés à 700 pieds AGL, couverture nuageuse à 1000 pieds AGL, température de -6 °C, point de rosée de -6 °C, et calage altimétrique de 29,62 pouces de mercure (in. Hg). Cette observation n'a pas été consignée comme SPECI parce qu'on allait émettre un METAR à jour à 1 h (5 minutes plus tard).

Le METAR de 1 h le 29 mars faisait état de vents du 340 °V à 21 nœuds, avec des rafales à 54 nœuds. Le système d'observation météorologique humaine avait enregistré une rafale de cette vitesse. Toutefois, le système d'anémomètre et d'altimètre à affichage numérique n'a indiqué aucune rafale supérieure à 40 nœuds. En outre, le contrôleur de la tour a indiqué qu'aucune rafale de cette vitesse n'a été enregistrée. Le spécialiste de l'information de vol soupçonnait que la rafale à 54 nœuds était erronée et en a informé le superviseur des opérations techniques. Un SPECI, émis à 1 h 14, faisait état de rafales à 33 nœuds.

1.8 Aides à la navigation

Les aides à la navigation qui desservent les 4 approches disponibles à CYHZ comprennent :

- la navigation de surface (RNAV) pour les 4 pistes;
- un système d'atterrissage aux instruments (ILS) de catégorie II²⁵ pour la piste 23;
- un radiophare non directionnel (NDB) et un radiophare d'alignement de piste (LOC) pour la piste 05; et
- un ILS de catégorie I²⁶ et de l'équipement de mesure de distance pour la piste 14.

²⁴ Environnement Canada, *Manuel d'observations météorologiques de surface* (MANOBS), Septième édition, Modification 19 (avril 2015), chapitre 16, alinéas 16.4.3 et 16.4.4., https://www.ec.gc.ca/manobs/73BC3152-E142-4AEE-AC7D-CF30DAFF9F70/MANOBS_7E-A19_fra_web.pdf (dernière consultation le 3 mars 2017).

²⁵ Une exploitation de catégorie II veut dire « [a]pproche et atterrissage de précision aux instruments avec une hauteur de décision inférieure à 200 pieds, mais non inférieure à 100 pieds, une portée visuelle de piste non inférieure à 1 200 pieds à la portée visuelle de piste (RVR) A, et [...] non inférieure à 600 pieds à la RVR B ». Transports Canada, TP1490F, *Manuel d'exploitation tous temps (CATÉGORIES II ET III)*, Quatrième édition (juin 2011), <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp1490-menu-2861.htm> (dernière consultation le 3 mars 2017).

²⁶ Une exploitation de catégorie I veut dire « [a]pproche et atterrissage de précision aux instruments avec une hauteur de décision non inférieure à 200 pieds et par une visibilité non inférieure à

L'aéronef à l'étude était équipé des aides à la navigation appropriées pour effectuer une approche de non-précision LOC, et ces aides étaient en bon état de service au moment de l'accident.

1.9 Communications

On n'a relevé aucun défaut de qualité des transmissions radio durant le vol.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

CYHZ compte 2 pistes asphaltées : la piste 05/23 mesure 10 500 pieds, et la piste 14/32 mesure 7700 pieds.

La piste 05 suit le cap 053 °M, et sa zone de poser est en pente ascendante sur toute sa longueur. L'altitude de seuil est de 449 pieds ASL, et la plus haute altitude à l'intérieur de la zone de poser est de 463 pieds ASL²⁷. La piste est desservie par un indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) qui projette une pente de 3°, ce qui convient aux aéronefs d'une hauteur entre les yeux et les roues de 45 pieds. Le PAPI est situé du côté gauche de la piste à environ 1300 pieds du seuil de piste.

La piste 05 est munie d'un système de balisage lumineux haute intensité qui comprend des feux de seuil, d'extrémité, d'axe et de bord de piste, ainsi qu'un balisage lumineux d'approche omnidirectionnel (ODALS) à moyenne intensité qui s'étend sur 1500 pieds avant le seuil de piste (annexe D)²⁸. Le balisage ODALS compte 5 feux à éclats séquentiels (60 fois par minute) disposés à des intervalles d'environ 300 pieds. La piste 05 ne comporte pas d'équipement de mesure de la portée visuelle de piste (RVR).

La piste 23 comporte des feux d'axe de piste et une rangée centrale de feux d'approche haute intensité qui s'étendent sur 2400 pieds avant le seuil de piste. Elle est également munie de 2 systèmes RVR : RVR A, situé à côté du seuil de piste, et RVR B, situé environ à mi-chemin de la piste.

½ mille terrestre ou avec une portée visuelle de piste non inférieure à 2 600 pieds». Transports Canada, TP1490F, *Manuel d'exploitation tous temps (CATÉGORIES II ET III)*, Quatrième édition (juin 2011), <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp1490-menu-2861.htm> (dernière consultation le 3 mars 2017).

²⁷ La zone de poser comprend les premiers 3000 pieds de piste (ou premier tiers, selon le moindre des deux), mesurés à partir du seuil de piste dans le sens de l'atterrissage. L'altitude de la zone de poser représente l'altitude la plus élevée dans cette zone.

²⁸ Les feux de bord de piste sont disposés à des intervalles de 200 pieds.

La piste 14 est munie d'un dispositif lumineux d'approche simplifié court avec feux indicateurs d'alignement de piste qui s'étend sur 2400 pieds avant le seuil de piste. Il n'y a pas de feux d'axe de piste. La piste 32 est munie d'un système ODALS.

1.10.2 *Balisage lumineux d'approche et d'atterrissage*

1.10.2.1 *Généralités*

Les systèmes de balisage lumineux haute intensité ont 5 niveaux d'intensité (de 1 à 5; 5 étant le plus élevé); les systèmes ODALS ont 3 niveaux d'intensité (de 1 à 3; 3 étant le plus élevé).

D'après le *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne (ATC MANOPS)*²⁹ de NAV CANADA, lorsque la visibilité est inférieure à ½ sm la nuit, le niveau d'intensité des feux de bord de piste à haute intensité et des feux d'axe de piste doit être à 4, et celui du balisage ODALS doit être à 3. Lorsque la visibilité est inférieure à 1 sm la nuit, le niveau d'intensité des feux de bord de piste et les feux d'axe de piste doit être à 3, et celui du balisage ODALS doit être à 3. Le contrôleur de la tour peut sélectionner l'intensité selon les indications du MANOPS ATC ou du pilote.

D'après la publication technique *Normes et pratiques recommandées pour les aérodromes*³⁰ de Transports Canada (TC), le niveau 5 des feux à haute intensité fournit 100 % de l'émission requise, et le niveau 4, 25 % de l'émission requise; le niveau 5 est donc 4 fois plus lumineux que le réglage 4.

Le niveau d'intensité 3 du balisage ODALS est plus de 3 fois plus lumineux que le niveau 2.

1.10.2.2 *Balisage lumineux à CYHZ*

En 2007, la tour de contrôle à CYHZ a été équipée d'un système de commande du balisage lumineux de l'aérodrome à écran tactile. Les boutons de préréglage d'intensité servent à commuter simultanément plusieurs circuits d'éclairage.

En sélectionnant le bouton de préréglage d'intensité 5 pour la piste 05, identifié par « 05/23 edge 5 », on règle les feux de bord de piste et les feux d'axe de piste de même que le balisage ODALS à leur plus forte intensité, conformément au MANOPS ATC.

En sélectionnant le bouton de préréglage d'intensité 4 pour la piste 05, identifié par « 05/23 edge 4 », on a réglé les feux de bord de piste et les feux d'axe de piste à l'intensité 4, et le balisage ODALS à l'intensité 2. Selon l'enquête, cette sélection automatique était non

²⁹ NAV CANADA, *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne (MANOPS ATC)*, Partie 3, paragraphe 379.1 Réglages d'intensité, 03 avril 2014, p. ATC 3-77

³⁰ Transports Canada, TP 312, *Normes et pratiques recommandées pour les aérodromes*, Quatrième édition, chapitre 5.3 Feux, 01 mars 1993, p. 5-21.

conforme au MANOPS ATC, selon lequel le balisage ODALS doit être à l'intensité 3. On a également relevé cette divergence pour la piste 14/32.

Ainsi, le système pour commander les sélections pré-réglées du balisage lumineux d'aérodrome au réglage 4 n'était pas conforme à l'exigence du MANOPS ATC, selon laquelle le dispositif lumineux d'approche omnidirectionnel doit être réglé à son intensité maximale.

Au moment de l'événement, le système PAPI était réglé à 4 et l'était depuis le matin du jour précédent³¹.

1.10.2.3 Évaluations de la luminosité du balisage à CYHZ

TC a indiqué qu'en raison des conditions météorologiques au moment de l'événement et des hypothèses ci-dessous, les feux à haute intensité auraient pu, théoriquement, être visibles à environ 0,97 nm au niveau 4, et à environ 1,13 nm au niveau 5. Le balisage ODALS aurait pu, théoriquement, être visible à environ 0,92 nm au niveau 2, et à environ 1,08 nm au niveau 3. Ces distances ont été calculées en fonction des hypothèses suivantes :

- on peut utiliser la visibilité dominante à ½ sm pour définir la transmissivité de l'atmosphère s'offrant au pilote qui atterrissait sur la piste 05;
- on peut également appliquer cette transmissivité à la portée visuelle oblique lorsque le pilote est au-dessus de l'altitude d'aérodrome; et
- l'éclairage minimal pour que le pilote puisse tout juste voir le balisage est celui défini dans le *Manuel de conception des aérodromes*, Partie 4³² de l'OACI.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef était équipé d'un enregistreur de données de vol numérique (DFDR) à semi-conducteurs Honeywell (modèle SSFDR, n° de pièce 980-4700-042, n° de série SSFDR-16686) et d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) à semi-conducteurs Honeywell (modèle SSCVR, n° de pièce 980-6022-001, n° de série CVR120-16303).

Le DFDR enregistre environ 400 paramètres. Il contenait environ 108 heures de données de vol sur le vol à l'étude et les 26 vols précédents. On a pu télécharger les données stockées sur le DFDR.

³¹ Le MANOPS ATC stipule que le système PAPI doit être réglé au niveau 3, à moins que le pilote ne demande une intensité plus élevée. NAV CANADA, *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC), Partie 3, paragraphe 379.1 *Réglages d'intensité*, 03 avril 2014, p. ATC3-78.

³² Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 9157, AN/901, *Manuel de conception des aérodromes*, Partie IV : Aides visuelles, Quatrième édition (2004).

Le CVR avait une capacité d'enregistrement de 120 minutes, et les données qui y étaient stockées comprenaient celles du vol à l'étude. On a pu télécharger la mémoire du CVR, qui contenait des enregistrements audio de bonne qualité du vol à l'étude.

L'alimentation électrique du CVR a été coupée aux alentours du second impact, et celle du DFDR a été coupée environ 3 secondes plus tard, lorsque le moteur n° 1 s'est détaché de l'aéronef. Le CVR n'était pas relié à une source d'alimentation électrique indépendante, et la réglementation ne l'exigeait pas.

1.11.1 *Source d'alimentation électrique indépendante pour les enregistreurs de conversations de poste de pilotage*

En 1999, le BST a enquêté sur un incendie en vol qui s'est soldé par une collision avec un plan d'eau près de Peggy's Cove (Nouvelle-Écosse)³³ en septembre 1998. Le BST a déterminé que l'une des lacunes de l'aéronef était l'absence d'une source d'alimentation électrique dédiée au CVR en cas de panne des sources d'alimentation électrique normales du CVR. En conséquence, le Bureau avait recommandé à TC et aux Joint Aviation Authorities européennes que

dès le 1^{er} janvier 2005, tous les avions équipés de CVR d'une capacité d'enregistrement d'au moins deux heures soient tenus d'avoir une source d'alimentation électrique indépendante, près du CVR ou à même l'enregistreur, pour alimenter le CVR et le microphone du poste de pilotage pendant 10 minutes, chaque fois que les sources d'alimentation électrique normales du CVR sont interrompues.

Recommandation A99-03 du BST

Le BST a évalué comme suit la réponse de TC à la recommandation A99-03 :

Il y a plus de 15 ans que le BST a fait cette recommandation. Dans ses réponses antérieures, Transports Canada indiquait qu'il allait modifier les règlements concernant les CVR, pourvu que soit maintenue l'harmonisation avec la réglementation de la FAA [Federal Aviation Administration]. La FAA a publié sa règle définitive en mars 2008 qui stipulait qu'à compter d'avril 2012, les CVR devraient présenter une capacité d'enregistrement de 2 heures. En septembre 2010, le BST a indiqué ceci : « Étant donné les activités prolongées pour rédiger un APM [Avis de proposition de modification], le faire approuver par le processus du CCRAC [Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne], et mettre en œuvre le changement réglementaire, il semble peu probable que Transports Canada puisse promulguer une modification au RAC [*Règlement de l'aviation canadien*] qui correspondrait à la date de mise en œuvre de la FAA, soit le 7 avril 2012 ».

En décembre 2012, Transports Canada a assuré le BST que « ... notre engagement de répondre à cette recommandation demeure une priorité ».

³³ Rapport d'enquête aéronautique A98H0003 du BST.

Dans sa plus récente réponse [novembre 2015], Transports Canada indique qu'il projette la prépublication de la réglementation proposée au printemps 2016. Il explique en outre le motif de ces retards. Entretemps, le RAC va demeurer non harmonisé avec l'exigence des FAR [*Federal Aviation Regulations*] et la norme de l'OACI.

L'AESA [Agence européenne de la sécurité aérienne] a examiné les mesures qu'elle a prises à ce jour en réponse à la recommandation A99-03. La plus récente version des tâches de réglementation de l'AESA (RMT.0308 et RMT.0249) donne à croire que la mise en œuvre aura lieu le 1^{er} janvier 2019.

Si les mesures que propose Transports Canada sont raisonnables, les reports de mise en œuvre eux ne le sont pas.

Par conséquent, l'évaluation de la réponse a été changée à une attention **non satisfaisante**³⁴.

En octobre 2016, TC a annoncé que l'Avis de proposition de modification original avait été remplacé et qu'un nouvel Avis de proposition de modification devait être publié dans la *Gazette du Canada*, Partie I à l'été 2017.

Si les CVR installés à bord des aéronefs ne sont pas reliés à une source d'alimentation électrique indépendante, des renseignements qui pourraient s'avérer précieux ne seront pas disponibles dans le cadre d'enquêtes.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Impact

La force du premier impact a écrasé des sections ventrales du fuselage arrière et a causé la rupture et la séparation de la partie inférieure des 2 principaux trains d'atterrissage. Ces dernières ont heurté les stabilisateurs horizontaux correspondants, entraînant la séparation de grandes sections des stabilisateurs et de la gouverne de profondeur gauche. On a retrouvé ces fragments le long de la zone de débris avant le lieu du second impact.

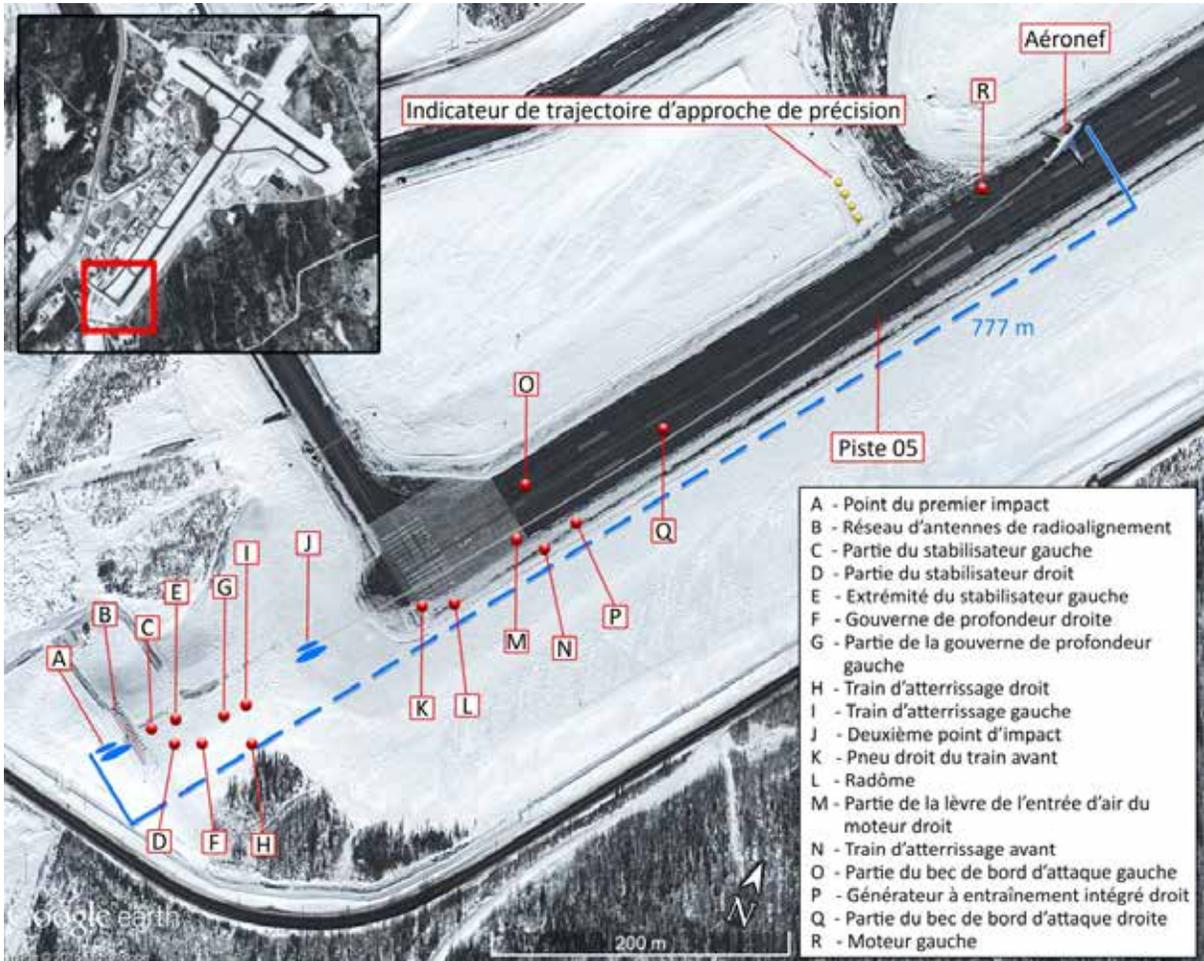
Après qu'il eut percuté le réseau d'antennes de radioalignement ILS, l'aéronef a continué de voler jusqu'à ce que le moteur droit et le nez percutent le sol couvert de neige. Le mât du moteur droit s'est rompu; le moteur, ainsi séparé, est demeuré sous l'aile droite. Le train avant s'est affaissé vers l'arrière, et sa partie inférieure s'est rompue et s'est séparée.

L'aéronef a ensuite rebondi avant de percuter la piste. Le moteur gauche s'est complètement détaché de l'aile et s'est immobilisé du côté gauche de la piste. L'aéronef s'est immobilisé du

³⁴ Évaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation en matière de sécurité aérienne A99-03, une source d'alimentation électrique indépendante, près du CVR ou à même l'enregistreur, (mars 1999), http://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommandations/aviation/1999/rec_a9903.asp (dernière consultation le 20 mai 2016).

côté gauche de la piste dans une assiette légèrement en cabré et inclinée à gauche, sur un cap approximatif de 025 °M (figure 7).

Figure 7. Relevé des lieux et dissémination de l'épave (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.12.2 *Épave*

1.12.2.1 *Généralités*

Le logement du train avant a été enfoncé vers le haut et vers l'arrière, ce qui a déformé et rompu de nombreux composants structuraux internes. Le fuselage a subi de nombreuses bosselures, déchirures et perforations, ainsi qu'un grand trou situé juste devant la cloison étanche pressurisée arrière, où le revêtement du fuselage et la structure interne se sont rompus lorsqu'ils ont été enfoncés vers le haut et vers l'arrière (figure 8).

Figure 8. Fuselage endommagé montrant un grand trou



Les volets et les becs ont été endommagés, et l'extrados des 2 ailes comprenait des perforations comme suite à des impacts avec des débris.

1.12.2.2 *Alimentation électrique*

Au moment du premier impact, le circuit d'alimentation électrique de l'aéronef était dans sa configuration normale, et le groupe auxiliaire de bord n'était pas en fonction.

La génératrice 2 a cessé d'alimenter le circuit au second impact et la génératrice 1, lorsque le moteur n° 1 s'est détaché de l'aile gauche. La RAT était partiellement déployée. Des éraflures sur le moyeu et les pales de la RAT étaient conformes à son déploiement alors que le fuselage glissait sur la piste.

Les 2 batteries principales se trouvaient dans leur support respectif dans le nez de la cellule de l'aéronef et ne semblaient aucunement endommagées.

On a également observé de nombreux composants électriques lourdement endommagés dans le nez de la cellule, entre autres des boîtes de raccordement et des composants électriques écrasés, des contacteurs sortis de leur socle, des supports de fils tordus et des liaisons électriques sectionnées.

1.12.2.3 *Porte L1*

Aucune anomalie n'a été décelée sur la porte L1, de même que dans son mécanisme. En position verrouillée, la porte était retenue par son mécanisme de blocage. En appuyant sur le bouton-poussoir d'ouverture du mécanisme de blocage, la porte s'est déverrouillée et a pivoté librement.

1.12.2.4 *Plancher de la cabine*

Le plancher de la cabine a été endommagé à 4 endroits : derrière la porte d'accès au poste de pilotage (entre la toilette et l'office avant), devant le siège passager 31D, devant le siège passager 33D, et à côté du siège de service d'agent de bord faisant face à l'avant et fixé à la cloison.

Le logement du train avant au complet était lourdement endommagé, enfonçant la structure vers l'arrière et vers le haut. Ces dommages structuraux ont déplacé une poulie, ce qui a fait lever le plancher derrière la porte du poste de pilotage. En levant, le plancher a déformé le cadre de la porte du poste de pilotage, ce qui a limité le mouvement de la porte (figure 9).

Des lisses et des cadres dans la partie inférieure arrière du fuselage se sont fissurés et ont rompu sous le choc de l'impact avec le sol couvert de neige, ce qui a déformé et soulevé le plancher de la soute à vrac. Les montants des filets latéraux de la porte de la soute à vrac ont été forcés vers le haut et ont perforé le plancher de la cabine devant les sièges 31D et 33 D (figures 10 et 11).

Figure 9. Plancher endommagé derrière la porte du poste de pilotage



Figure 10. Plancher endommagé devant le siège passager 31D



Figure 11. Plancher endommagé devant le siège passager 33D



La poutre verticale du cadre FR65 a été soulevée fortement et a perforé le plancher de la cabine à côté du siège de service d'agent de bord faisant face à l'avant et fixé à la cloison (Figure 12).

Figure 12. Plancher endommagé au-dessus du cadre FR65



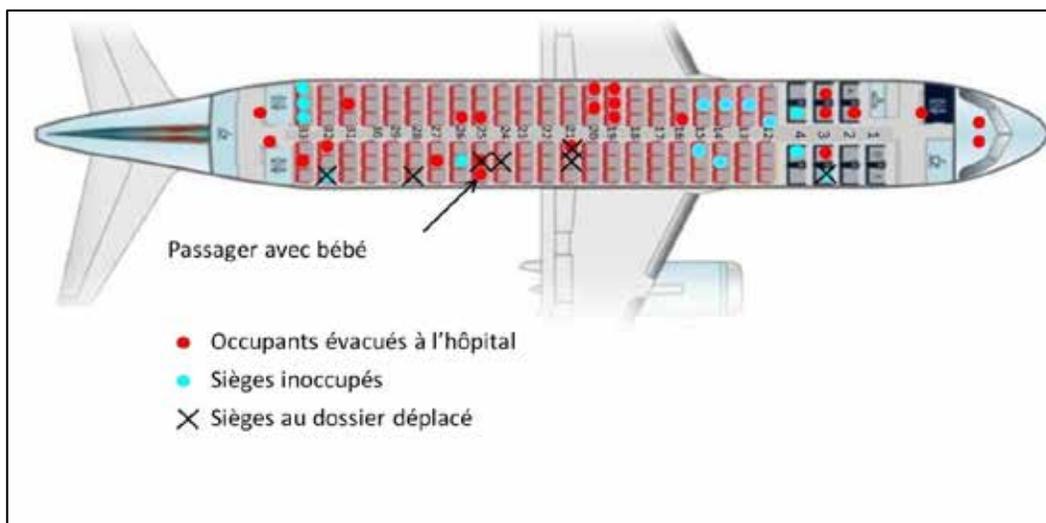
Ni les montants des filets de porte de soute à vrac ni la poutre verticale du cadre FR65 n'étaient déformés.

1.12.2.5 Sièges passagers

Sept dossiers de siège ont été poussés vers l'avant, au-delà de leur position relevée, et pivotaient librement sur leurs points d'articulation. Ces sièges, des rangées 3, 21, 24, 25, 28 et 32, étaient situés du côté droit de la cabine (figure 13).

Tous les 7 sièges étaient munis de goupilles de cisaillement. On n'a noté aucune déformation ni aucun dommage du châssis de ces sièges.

Figure 13. Sièges de passagers à bord du vol AC624de l'aéronef à l'étude (Source : Air Canada, avec annotations du BST)



1.12.2.6 Ensembles de ceintures-baudriers de l'équipage de conduite

La ceinture-baudrier du commandant de bord était intègre.

L'examen de la sangle droite du baudrier du P/O a révélé que le disque cranté en plastique de l'enrouleur à inertie était fracturé, ce qui a empêché le bon fonctionnement du mécanisme

d'encliquetage. Cette fracture aurait entravé le fonctionnement du dispositif de verrouillage automatique de l'enrouleur à inertie. Sans ce dispositif de verrouillage, la ceinture-baudrier ne pourrait retenir le côté droit de l'occupant si elle était soudainement soumise à une force d'accélération.

Le type de défaillance relevé sur la roue crantée est caractéristique à l'exécution d'un essai de traction sans déroulement partiel de la sangle.

L'enquête n'a pas permis de déterminer quand l'enrouleur à inertie est devenu hors service.

1.12.2.7 *Machine à café*

La machine à café centrale est sortie de ses coulisses durant l'impact.

Quand on a examiné la machine, on a remarqué que le levier mobile était plié vers l'arrière et qu'il portait des égratignures sur le devant. Ces dommages sont caractéristiques d'un choc reçu d'un objet dur. En poussant sur le levier, il s'est collé contre le bâti de la machine.

Quoique le levier semblait être en position verrouillée, l'extrémité supérieure de la goupille n'avait pas enclenché la détente; en conséquence, la goupille n'était pas entièrement enfoncée dans la coulisse. Dans cette position, le moindre mouvement du levier ou la moindre secousse de la machine à café suffisait pour entraîner le levier loin du bâti de la machine et amener le ressort à relâcher le mécanisme de verrouillage.

L'enquête n'a pas permis de déterminer quand le levier a été déformé.

1.12.2.8 *Système de sonorisation*

Le système de sonorisation n'a pas montré d'anomalies pendant le vol. La panne électrique et d'alimentation par batterie provoquée par les dommages causés par l'impact aurait rendu le système inutilisable.

1.13 *Renseignements médicaux et pathologiques*

1.13.1 *Apnée obstructive du sommeil*

L'apnée obstructive du sommeil (AOS) est un trouble médical causé par une obstruction partielle ou complète du flux aérien durant le sommeil. Cette obstruction provoque des microéveils pendant lesquels la personne reprend son souffle, ainsi que de l'hypoxémie, c'est-à-dire une concentration saturante sanguine en oxygène anormalement basse. Un sommeil fragmenté et l'hypoxémie peuvent entraîner une baisse de performance durant l'état de veille et sont associés à un risque accru d'accident de travail et de véhicule moteur^{35,36}. Les personnes souffrant d'AOS courent un risque élevé de ressentir de la fatigue

³⁵ A.J.M. Hirsch Allen, N. Bansback et N.T. Ayas. « The effect of OSA on work disability and work-related injuries », *Chest*, Vol. 147 (2015), p. 1422-1428.

excessive durant la journée et pourraient être inconscientes des fréquents réveils qui perturbent leur sommeil³⁷. L'AOS se traite avec succès, pour autant qu'elle soit diagnostiquée. On utilise couramment la ventilation spontanée en pression positive continue (CPAP) pour traiter les symptômes de l'AOS modérée à grave³⁸. On a toutefois constaté de forts pourcentages d'inadhérence (de 30 à 50 %) à cette thérapie; l'AOS est moins bien traitée chez les patients non observants³⁹. Il existe un lien fiable entre ce trouble et d'autres conditions causées par des troubles respiratoires, dont l'hypertension artérielle, l'accident vasculo-cérébral, la coronaropathie et le diabète^{40,41}.

1.13.2 Directives de Transports Canada sur l'apnée obstructive du sommeil pour les médecins examinateurs de l'aviation civile

La section 404 du RAC donne un aperçu des règlements concernant les exigences médicales afférentes aux équipages de conduite, et la section 424 comprend les exigences médicales comme telles. Les sections 404 et 424 font partie du *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*⁴² de TC. Aucune de ces ressources n'offre de directives médicales précises sur l'AOS aux médecins examinateurs de l'aviation civile (MEAC). Toutefois, le séminaire de formation obligatoire de TC pour les MEAC comprend un exposé, donné par un expert-conseil des troubles du sommeil, sur la détection et la gestion de l'AOS et d'autres troubles du sommeil.

-
- ³⁶ J. Terán-Santos, A. Jiménez-Gómez, J. Cordero-Guevara et al., « The association between sleep apnea and the risk of traffic accidents », *New England Journal of Medicine*, Vol. 340 (1999), p. 847–851.
- ³⁷ American Academy of Sleep Medicine (AASM), *The International Classification of Sleep Disorders, Revised: Diagnostic and Coding Manual* (American Academy of Sleep Medicine, 2001).
- ³⁸ Pour évaluer la gravité de l'AOS, on utilise un critère généralement reconnu appelé index apnées-hypopnées, c'est-à-dire le nombre d'arrêts respiratoires par heure de sommeil : < 5 par heure = insignifiante; de 5 à 15 par heure = faible; de 15 à 30 par heure = modérée; et > 30 par heure = grave.
- ³⁹ T.E. Weaver et A.M. Sawyer, « Adherence to continuous positive airway pressure treatment for obstructive sleep apnea: implications for future interventions », *Indian Journal of Medical Research*, Vol. 131 (2010), p. 245–258.
- ⁴⁰ A. Lurie, « Obstructive sleep apnea in adults: Epidemiology, clinical presentation, and treatment options », chapitre 1 dans : J.S. Borer (éd.), *Obstructive Sleep Apnea in Adults: Relationship with Cardiovascular and Metabolic Disorders*, *Advances in Cardiology*, Vol. 46 (Karger, 2011), p. 3–41.
- ⁴¹ W. Lee, S. Nagubadi, M.H. Kryger et B. Mokhlesi, « Epidemiology of obstructive sleep apnea: a population-based perspective », *Expert Review of Respiratory Medicine*, Vol. 2, N° 3 (2008), p. 349–364. doi:10.1586/17476348.2.3.349.
- ⁴² Transports Canada, TP 13312F, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, (2004), <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp13312-2-menu-2331.htm> (dernière consultation le 3 mars 2017).

1.13.3 *Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par Transports Canada*

1.13.3.1 *Généralités*

TC se fie aux pilotes qui ont reçu un diagnostic d'AOS pour qu'ils rapportent fidèlement les symptômes perturbant leur vie quotidienne, comme la somnolence diurne persistante.

Il incombe au MEAC de passer tous les demandeurs en entrevue et de les soumettre à un examen complet. Le MEAC est habituellement la seule personne à examiner physiquement le demandeur, et c'est lui qui recommande la délivrance du certificat médical. Le MEAC est le plus important élément du processus de certification médicale aux yeux de TC.

Le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* (TP 13312) indique que, durant l'examen médical, il y a une responsabilité partagée : les candidats doivent signaler tout symptôme, et le MEAC doit effectuer un examen soigneux et approfondi.

Le protocole de TC pour évaluer les risques relevant du domaine de la médecine aéronautique chez les demandeurs souffrant d'AOS est le suivant : le pilote doit signaler son trouble médical, et le MEAC doit indiquer ce trouble dans son rapport d'examen médical.

Or, le processus que doit suivre le médecin régional de l'aviation civile (MRAC) pour déterminer si l'AOS est gérée efficacement n'est pas documenté. Habituellement, les demandeurs qui souffrent d'AOS doivent présenter un compte rendu d'examen de leur médecin traitant. Ce document doit comprendre de récentes études sur le sommeil et une évaluation en bonne et due forme de la somnolence diurne. On doit aussi y retrouver les observations du médecin sur la tolérance et la réaction du demandeur aux traitements. Or, on laisse habituellement le MEAC ou le MRAC choisir la méthode et la pratique de gestion de l'AOS en fonction de ce qu'il sait à propos de l'AOS et de ce que lui a dit le pilote.

Le traitement inadéquat d'une AOS significative du point de vue clinique est incompatible avec la certification. Les demandeurs dont l'AOS est bien traitée, par exemple par la thérapie CPAP, sont jugés aptes. Ces derniers doivent alors faire l'objet d'un suivi régulier, qui comprend un compte rendu d'examen récent du médecin traitant.

1.13.3.2 *Règlement médical des chemins de fer*

La sous-section 4.9 – Apnée grave du sommeil, dans le *Manuel du Règlement médical des chemins de fer*⁴³, décrit une méthode pratique pour dépister l'AOS chez tous les employés qui occupent un poste essentiel à la sécurité et pour assurer un diagnostic et une gestion appropriés de ce trouble par la suite. D'après ces lignes directrices, les personnes qui

⁴³ Association des chemins de fer du Canada, *Manuel du Règlement médical des chemins de fer* (2001, dernière révision en février 2016), http://www.railcan.ca/fr/publications/rule_handbook (dernière consultation le 26 janvier 2017)

souffrent d'apnée grave du sommeil⁴⁴ doivent être déclarées inaptes au travail jusqu'à ce que le médecin traitant fournisse une confirmation écrite et des données suffisantes indiquant que son patient a subi un traitement qui s'est avéré efficace et que ce patient adhère au traitement.

Pour les personnes à qui l'on a prescrit la thérapie CPAP, une adhésion acceptable au traitement se définit comme une période d'au moins 2 semaines continues de surveillance de l'adhésion faisant la preuve d'une utilisation moyenne de la thérapie CPAP (tous les jours) d'au moins 5 heures par nuit. Le médecin de premier recours doit fournir tous les ans une confirmation écrite de la surveillance de l'adhésion au traitement; les lignes directrices soulignent que « les données de la machine CPAP peuvent maintenant être facilement téléchargées à cette fin ».

1.13.4 Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par la Federal Aviation Administration

En mars 2015, la FAA a émis de nouvelles directives médicales aux médecins examinateurs d'aviation abordant les problèmes des pilotes souffrant d'AOS. Ces médecins examinateurs doivent désormais faire un dépistage de l'AOS au moment de l'examen physique en suivant les directives du *Guide for Aviation Medical Examiners*⁴⁵ de l'American Academy of Sleep Medicine. Les pilotes qui sont à risque d'AOS obtiennent un certificat médical et, peu de temps après, reçoivent une lettre du Federal Air Surgeon de la FAA leur demandant de subir une évaluation AOS dans un délai de 90 jours. Les pilotes qui reçoivent un diagnostic d'AOS fondé sur les lignes directrices cliniques⁴⁶ et qui suivent un traitement doivent signer un formulaire d'adhésion au traitement et fournir de la documentation sur son efficacité à la FAA pour que l'organisme considère l'émission d'un certificat médical spécial au pilote. La documentation sur l'efficacité de la thérapie CPAP comprend une copie du rapport d'utilisation cumulative annuelle (temps réel d'utilisation) de la machine CPAP⁴⁷.

⁴⁴ Le diagnostic d'apnée grave du sommeil est diagnostiqué lorsque l'index apnées-hypopnées d'un patient est égal ou supérieur à 30 par heure.

⁴⁵ Federal Aviation Administration (FAA), *Guide for Aviation Medical Examiners*, https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/aam/ame/guide/ (dernière consultation le 4 mars 2017).

⁴⁶ Le diagnostic d'AOS sera confirmé si l'index apnées-hypopnées du patient est supérieur à 15 par heure, ou supérieur à 5 par heure si le patient signale également des épisodes de sommeil involontaire durant l'état de veille, de somnolence diurne, de fatigue, d'insomnie, d'étouffement ou de suffocation durant le sommeil, et de ronflement de forte intensité sonore, comme décrit par le partenaire de lit du patient.

⁴⁷ L'objectif atteint devrait montrer une utilisation sur au moins 75 % de la totalité des périodes de sommeil et d'une durée moyenne minimale de 6 heures par période de sommeil.

1.13.5 *Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par l'Australian Civil Aviation Safety Authority*

L'Australian Civil Aviation Safety Authority, par l'intermédiaire de son site Web de médecine aéronautique, fournit aux médecins examinateurs d'aviation désignés de l'information détaillée sur les symptômes, les facteurs contributifs et les effets de l'AOS. Elle décrit l'approche que les médecins examinateurs d'aviation doivent suivre en ce qui concerne la certification médicale de pilotes qui ont reçu un diagnostic d'AOS, et comprend un protocole d'évaluation des risques qui indique quand et comment procéder à une évaluation de l'AOS durant le processus de certification. Un pilote souffrant d'AOS est jugé médicalement apte seulement si le traitement s'avère efficace au moyen des rapports d'utilisation de la machine CPAP et par la polysomnographie⁴⁸.

1.13.6 *Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par la Civil Aviation Authority du Royaume-Uni*

La Civil Aviation Authority du Royaume-Uni publie des lignes directrices qui demandent aux médecins examinateurs d'aviation de déclarer tout pilote qui a reçu un diagnostic d'AOS médicalement inapte, et ce, séance tenante. La thérapie CPAP est l'un des traitements médicaux acceptables pour l'AOS. La Civil Aviation Authority du R.-U. informe les pilotes qu'ils doivent utiliser la machine CPAP 6 nuits par semaine pendant au moins 5 heures par nuit. Son utilisation est également obligatoire durant la période de sommeil qui précède un vol. Le médecin examinateur d'aviation doit évaluer tous les rapports d'utilisation de la machine CPAP ainsi que tout rapport clinique. Afin de prouver leur adhésion à la thérapie CPAP, les pilotes doivent présenter leur rapport d'utilisation de la machine CPAP au médecin examinateur d'aviation et des copies de leur carnet de vol pour la période correspondante.

1.13.7 *Gestion de l'apnée obstructive du sommeil par Air Canada*

Le paragraphe 4.12 du manuel d'exploitation de vol (MEV) d'Air Canada contient des renseignements de base sur les facteurs physiologiques qui sous-tendent la fatigue et sur les stratégies personnelles de vigilance (préventive et opérationnelle). Le MEV contient un paragraphe sur les troubles du sommeil [traduction] :

Divers troubles physiologiques du sommeil peuvent également perturber la durée et la qualité du sommeil et, par conséquent, dégrader la performance et la vigilance. Quoiqu'environ le tiers des adultes disent souffrir d'un trouble de sommeil, cette proportion est circonspecte puisque les dormeurs n'en ont souvent pas conscience. L'apnée du sommeil est un exemple courant de ces troubles. Elle se caractérise par des pauses respiratoires durant le sommeil qui provoquent de nombreux microéveils du dormeur pour recommencer à

⁴⁸ La polysomnographie (ou test du sommeil) est un examen qui permet de diagnostiquer les troubles du sommeil.

respirer. Le ronflement est un symptôme cardinal de l'apnée du sommeil (bien que le ronflement ait d'autres causes). L'apnée du sommeil est un trouble dont le risque pour la santé est bien documenté. Elle peut réduire considérablement la vigilance et la performance. Les cliniques agréées d'investigation du sommeil peuvent évaluer et traiter ces troubles⁴⁹.

Le module de formation sur la gestion de la fatigue mentionne l'AOS et recommande que les membres d'équipage de conduite consultent un médecin examinateur d'aviation s'ils soupçonnent avoir un trouble du sommeil.

1.13.7.1 *Commandant de bord*

En janvier 2009, le commandant de bord a reçu un diagnostic d'AOS. Il n'a pas signalé d'épisode de somnolence diurne au médecin spécialiste des troubles du sommeil qu'il avait consulté à l'époque. Bien que ce spécialiste n'ait pas recommandé que le commandant de bord cesse de voler, il a ordonné la thérapie CPAP pour contrôler l'AOS. Le commandant de bord a informé Air Canada du diagnostic d'AOS qu'il avait reçu et de l'ordonnance de thérapie CPAP. Air Canada a par la suite informé le MRAC de TC en février 2009. Air Canada a permis au commandant de bord de poursuivre ses tâches de pilotage, et TC a approuvé le commandant de bord pour qu'il poursuive ses tâches.

À la demande de TC, une autre évaluation du sommeil a eu lieu en février 2010 pour déterminer si la thérapie CPAP constituait un traitement efficace pour l'AOS du commandant de bord. Cette évaluation a confirmé qu'elle l'était.

En avril 2010, le MRAC de TC et le médecin spécialiste qui avait été consulté ont examiné le diagnostic d'AOS du commandant de bord. Le médecin spécialiste a réitéré que le commandant de bord pouvait poursuivre ses tâches de pilotage sans qu'aucune restriction figure sur sa licence. TC a par la suite considéré le commandant de bord médicalement apte, et aucune restriction liée à l'AOS n'a été ajoutée sur sa licence.

Le commandant de bord a continué de signaler ce trouble médical durant les examens médicaux subséquents, et le MEAC l'a indiqué dans son rapport d'examen médical. Or, malgré son protocole de suivi régulier de l'AOS, TC n'a demandé aucun autre compte rendu d'examen au médecin traitant du commandant de bord. Puisque le commandant de bord n'a pas signalé de problème persistant de somnolence diurne, TC a conclu à une gestion efficace de l'AOS et a permis au commandant de bord de poursuivre ses tâches de pilotage.

De 2010 à 2015, le commandant de bord a été examiné régulièrement par le médecin spécialiste des troubles du sommeil. Durant cette période, le commandant de bord a éprouvé des difficultés à adhérer à la thérapie CPAP et l'a utilisée rarement.

⁴⁹ Air Canada, *Flight Operations Manual*, août 2013, paragraphe 4.12, Health and Medical, p. 10.

1.13.8 *Fatigue*

Un test de l'influence de la fatigue permet de comprendre si les actions d'une personne correspondent à ce que l'on connaît à propos de la performance humaine en état de fatigue. L'enquête a mené une analyse minutieuse de la fatigue qui comprenait l'AOS du commandant de bord, l'historique de travail et de repos de l'équipage de conduite, le cycle du rythme circadien, ainsi que la gestion du vol par l'équipage de conduite et son évaluation de ses options. Étant donné que le commandant de bord utilisait rarement la thérapie CPAP, il aurait été à risque de fatigue liée à la perturbation chronique de son sommeil causée par l'AOS. Toutefois, il n'y avait aucune indication que la fatigue ait été un facteur causal ou contributif dans cet événement.

1.14 *Incendie*

Sans objet.

1.15 *Questions relatives à la survie des occupants*

1.15.1 *Blessures subies par les occupants*

La figure 13 montre où étaient assis les occupants qui ont été blessés et évacués à l'hôpital.

1.15.1.1 *Blessures subies par l'équipage*

Le commandant de bord a subi une légère blessure à la tête, qui s'était heurtée contre l'écran anti-éblouissement. Le P/O a subi une blessure à la tête et une blessure grave à l'œil droit lorsqu'il a heurté l'écran anti-éblouissement après que le haut de son corps eut tourné vers la gauche. L'écran anti-éblouissement comportait des marques caractéristiques de ces chocs.

L'agent de bord qui était assis à côté de la porte L2 a reçu la machine à café sur l'épaule, ce qui a causé une blessure. Par contre, cela ne l'a pas empêché d'exécuter ses tâches.

1.15.1.2 *Blessures subies par les passagers*

La plupart des blessures subies par les passagers étaient caractéristiques de la projection du haut du corps vers l'avant et son recroquevillement sur la ceinture abdominale en raison de forces longitudinales, puis du choc contre le dossier du siège devant et (ou) une autre surface. Des blessures aux mains et aux poignets étaient cohérentes avec les tentatives des passagers de se cramponner au dossier du siège devant ou de se protéger contre les chocs en plaçant leurs mains devant eux.

Le passager qui voyageait avec un bébé l'a retenu dans ses bras; ce passager et le bébé ont tous deux subi des blessures qui étaient cohérentes avec un choc contre le dossier du siège devant.

1.15.2 *Ensembles de retenue d'enfant*

Aucun ensemble de retenue d'enfant n'était utilisé à bord de l'aéronef, et leur utilisation n'était pas obligatoire en vertu de la réglementation.

En 2015, après son enquête sur un atterrissage interrompu à bas régime et collision avec le relief à Sanikiluaq (Nunavut) en décembre 2012 (rapport d'enquête aéronautique A12Q0216 du BST), le Bureau a conclu qu'en cas d'accident ou de turbulence, les bébés et les enfants mal retenus courent le risque de se blesser et de perdre la vie, et pourraient blesser ou causer la mort d'autres passagers. Le Bureau a de plus établi que, jusqu'à l'adoption de nouveaux règlements sur l'utilisation d'ensembles de retenue d'enfant, les bébés et jeunes enfants assis sur les genoux sont exposés inutilement à des risques et ne bénéficient pas d'un niveau de sécurité équivalent à celui des passagers adultes. Par conséquent, le Bureau a recommandé que :

le ministère des Transports travaille avec l'industrie pour mettre au point des ensembles de retenue convenant à l'âge et à la taille des bébés et des jeunes enfants voyageant à bord d'aéronefs commerciaux et qu'il en oblige l'utilisation afin d'assurer un niveau de sécurité équivalent à celui des adultes.

Recommandation A15-02 du BST

Le BST a évalué comme suit la réponse de TC à la recommandation A15-02 :

Dans sa réponse, Transports Canada a indiqué qu'il faudra une approche en trois volets pour répondre à cette recommandation et réduire le risque auquel les bébés et les jeunes enfants sont exposés lorsqu'ils voyagent en avion.

Dans le court terme, Transports Canada explorera des façons d'accroître la gamme d'ensembles de retenue d'enfant qui sont acceptés pour une utilisation sur des aéronefs canadiens. Dans le moyen terme, il envisage une campagne de sensibilisation à la fin de 2015, à l'intention de l'industrie, sur les risques auxquels sont exposés les enfants voyageant sur des avions commerciaux. À plus long terme, au cours de l'exercice 2016-2017, il entreprendra un examen en profondeur en matière de réglementation sur la question, et définira son plan pour consulter les intervenants de l'industrie.

Le Bureau est encouragé par le fait que Transports Canada envisage de prendre des mesures à court et moyen terme, tout en lançant un examen en profondeur pour corriger la lacune de sécurité. Toutefois, le Bureau note également que l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a récemment publié des directives à l'intention des organismes de réglementation sur la mise en œuvre des règlements relatifs aux ensembles de retenue d'enfant. La disponibilité de ce matériel pourrait s'avérer utile pour accélérer l'examen réglementaire. Bien que les mesures proposées par Transports Canada peuvent présenter certains avantages, sa réponse ne détermine pas encore des solutions spécifiques qui assureraient de fournir, aux bébés et aux jeunes enfants, un niveau de sécurité équivalent à celui des adultes.

Par conséquent, la réponse à la recommandation A15-02 a été jugée comme dénotant une **intention satisfaisante**⁵⁰.

1.15.3 *Information de sécurité et d'urgence à l'intention des passagers*

La carte de mesures de sécurité d'Air Canada, rangée dans le dossier des sièges, indiquait aux passagers de laisser leurs articles personnels dans la cabine en cas d'évacuation, et comprenait des pictogrammes illustrant les positions de protection, y compris celle pour les passagers tenant un bébé.

1.15.3.1 *Bagages de cabine*

Dans l'événement à l'étude, certains passagers ont évacué l'aéronef avec leurs bagages de cabine, contrairement aux directives données par le personnel de cabine durant les exposés à l'intention des passagers sur les mesures de sécurité donnés avant le vol et après que l'aéronef se soit immobilisé. La carte de mesures de sécurité montre également que l'on doit laisser tout bagage de cabine dans l'aéronef en cas d'évacuation d'urgence.

Le BST a enquêté sur plusieurs accidents où les passagers ont récupéré leurs bagages de cabine durant l'évacuation. En 2007, suite à son enquête sur un dépassement de piste à l'aéroport international Lester B. Pearson de Toronto (Ontario) en août 2005⁵¹, le Bureau a établi que, durant l'évacuation d'urgence de l'aéronef, de nombreux passagers ont emporté leurs bagages de cabine même si les agents de bord leur avaient clamé des instructions spécifiques du contraire à plusieurs reprises. Compte tenu de l'exigence d'évacuer rapidement, surtout lorsqu'il y a un incendie à bord d'un avion, cette action présentait un risque de sécurité important. Les bagages peuvent empêcher d'assurer l'évacuation rapide et en bon ordre de l'avion, endommager une glissière d'évacuation et augmenter le risque de blessures.

Des recherches sur d'autres accidents dans le cadre desquels il y a eu évacuation d'urgence ont démontré que le fait que des passagers insistent pour récupérer leurs bagages de cabine lors d'une évacuation d'urgence n'est pas unique à cet accident, mais est plutôt répandu. Des recherches ont également démontré que, lorsque les personnes ont très peur, elles ont de la difficulté à comprendre et à suivre les instructions données. En outre, on a découvert que, dans certains aéronefs, les cartes d'évacuation d'urgence à l'intention des passagers ne donnent pas d'instruction de laisser les bagages de cabine dans l'appareil lors d'une évacuation. Sans instructions ou lignes directrices préalables sur les dangers d'essayer d'emporter les bagages de cabine lors d'une évacuation, les passagers seront plus portés à les

⁵⁰ Réévaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation en matière de sécurité aérienne A15-02 : mettre au point des ensembles de retenue convenant à l'âge et à la taille des bébés et des jeunes enfants voyageant à bord d'aéronefs commerciaux (mars 2015), <http://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2015/rec-a1502.asp> (dernière consultation le 20 mai 2016).

⁵¹ Rapport d'enquête aéronautique A05H0002 du BST.

emporter avec eux, ce qui augmente le risque de blessures. Le Bureau croit que toute mesure susceptible de mieux conscientiser les passagers aux dangers qu'ils courent en essayant d'emporter leurs bagages de cabine lors d'une évacuation d'urgence atténuerait les risques. Le fait d'informer les passagers, lors des exposés de sécurité en situation d'urgence, qu'il est interdit d'évacuer l'aéronef avec leurs bagages de cabine pourrait venir compléter les mesures actuelles visant à améliorer l'efficacité des évacuations d'urgence. Par conséquent, le Bureau recommande que :

le ministère des Transports exige que les exposés de sécurité donnés aux passagers contiennent des instructions claires enjoignant aux passagers de ne pas emporter leurs bagages à main lors d'une évacuation.

Recommandation A07-07 du BST

Le BST a évalué comme suit la réponse de TC à la recommandation A07-07 :

La plus récente réponse de TC indique que l'organisme est persuadé que la CI 700-012 : Exposés sur les mesures de sécurité à l'intention des passagers a l'effet souhaité. TC ne déclare pas de façon catégorique que tous les principaux transporteurs aériens ont mis en œuvre la CI 700-012 pour fournir aux passagers l'instruction de laisser les bagages dans l'avion en cas d'évacuation d'urgence. Sa réponse indique plutôt que suffisamment de transporteurs fournissent ces renseignements de sécurité à leurs passagers.

TC semble satisfait de ces résultats et de la volonté continue de la part des exploitants de fournir ces renseignements de sécurité dans leurs exposés de sécurité. Par conséquent, l'organisme ne projette aucune mesure réglementaire qui obligerait les exploitants à fournir ces renseignements aux passagers, comme l'indique la recommandation A07-07. La mesure prise à ce jour diminuera les risques, mais ne réduira pas considérablement ou n'éliminera pas la lacune de sécurité.

La réponse à la recommandation A07-07 est jugée **en partie satisfaisante**.

TC n'envisage de prendre aucune autre mesure, et une réévaluation continue ne donnera probablement pas de résultats.

Le présent dossier est classé **en veilleuse**⁵².

En octobre 2015, la Civil Aviation Authority du Royaume-Uni a émis l'avis de sécurité aéronautique (Safety Notice) 2015/006, *Management of Cabin Baggage in the Event of an Aircraft Evacuation*. Cet avis avait pour objet de conscientiser les exploitants à l'impératif de gérer le comportement des passagers de manière qu'ils ne tentent pas d'emporter leurs bagages de cabine durant l'évacuation d'un aéronef. D'après cet avis [traduction] :

⁵² Évaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation en matière de sécurité aérienne A07-07 : exiger que les exposés de sécurité donnés aux passagers contiennent des instructions claires enjoignant aux passagers de ne pas emporter leurs bagages de cabine lors d'une évacuation, http://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2007/rec_a0707.asp (dernière consultation le 26 mai 2016)

Depuis 2013, on constate que de nombreux passagers tentent d'emporter leurs bagages de cabine durant les évacuations d'aéronefs. Un pareil comportement peut nuire considérablement à l'évacuation, causer des blessures à d'autres passagers et endommager les glissières d'évacuation⁵³.

L'avis soulignait aussi que malgré les pratiques courantes, les exposés sur les mesures de sécurité avant vol qui comprennent des instructions de ne pas emporter les bagages de cabine en cas d'évacuation, et les pictogrammes sur la carte des mesures de sécurité, certains passagers ne semblent pas assimiler cette information ou n'en tiennent pas compte, et ignorent son importance pour leur sécurité et celle des autres passagers.

1.15.3.2 *Position de protection*

Les occupants d'un aéronef peuvent améliorer considérablement leurs chances de survie et réduire le risque de subir des blessures en adoptant la bonne position de protection. On place le corps contre la surface qu'il est le plus susceptible de heurter durant l'impact; on réduit ainsi les forces de chocs et les blessures qu'elles pourraient causer. Essentiellement, la position de protection réduit les mouvements désordonnés du corps en cas d'impact ou de décélération soudaine. En s'appuyant contre une surface ou en abaissant le haut du corps sur leurs jambes, les passagers se protègent contre un choc de leur tête contre une surface dure. Par conséquent, le but d'enjoindre aux passagers de prendre la position de protection est de réduire les blessures durant l'impact, ce qui augmente leurs chances de survie⁵⁴.

L'exposé sur les mesures de sécurité avant vol d'Air Canada ne comprenait ni explication ni démonstration des positions de protection, et la réglementation n'en exigeait pas. On demande aux passagers de consulter les cartes de mesures de sécurité qui comprennent des pictogrammes des positions de protection. Les exposés sur les mesures de sécurité et les procédures pour la sécurité des passagers d'Air Canada correspondaient à ceux de la majorité des exploitants assujettis à la partie 705 du RAC et étaient conformes aux exigences réglementaires.

Si l'on donne aux passagers de l'information précise et claire, il est plus probable qu'ils se comportent correctement en cas d'accident. Toutefois, on doit éviter de donner trop d'information à la fois, car cela pourrait nuire à l'assimilation d'information cruciale. Par conséquent, on communique une partie de l'information dans un exposé avant le départ, une autre partie par des cartes de mesures de sécurité, et on donne de l'information additionnelle si nécessaire.

Quand le personnel de cabine a l'occasion de préparer les passagers et la cabine pour une urgence possible, les procédures d'Air Canada exigent qu'il fasse un exposé sur les mesures

⁵³ Civil Aviation Authority (CAA) du Royaume-Uni, Avis de sécurité aéronautique 2015/006, *Management of Cabin Baggage in the Event of an Aircraft Evacuation* (23 octobre 2015), p. 1.

⁵⁴ Notes d'information sur les opérations aériennes Airbus, *Cabin Operations: Unplanned Ground Evacuation*, REV 01 (novembre 2006), p. 1.

d'urgence qui comprend une explication de la position de protection. Les passagers doivent ensuite s'exercer à prendre la position, et le personnel de cabine doit visuellement confirmer que les passagers l'exécutent correctement.

Des études révèlent que le mot anglais « brace » (« position de protection » en français) n'est pas assez parlant, et ne rend pas l'image que les passagers se font de la bonne position de protection à prendre. Des instructions plus directes comme « penchez-vous vers l'avant » et « baissez la tête » ont de meilleures chances d'inciter les passagers à adopter le comportement souhaité⁵⁵.

En cas de situation d'urgence pour laquelle le personnel de cabine n'a pas le temps de préparer les passagers, comme dans l'événement à l'étude, les procédures d'Air Canada exigent du personnel de cabine qu'il prononce ou clame l'ordre : « Penchez-vous vers l'avant, gardez la tête baissée ».

Les exposés avant vol et avant atterrissage, la carte de mesures de sécurité, et la signalisation visent à communiquer l'information de sécurité et d'urgence aux passagers. Toutefois, les passagers prêtent habituellement peu d'attention aux exposés avant vol et aux cartes de mesures de sécurité⁵⁶. Une étude réalisée par le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis, intitulée *Survivability of Accidents Involving Part 121 U.S. Air Carrier Operations, 1983 Through 2000*, a établi que 68 % des passagers ne consultent pas les cartes de mesures de sécurité⁵⁷. Une étude menée en 2006 par l'Australian Transportation Safety Bureau, intitulée *Public Attitudes, Perceptions and Behaviours Towards Cabin Safety Communications*, a établi que 65 % des passagers ne consultent pas ces cartes⁵⁸.

Dans l'événement à l'étude, au cours de l'impact, certains passagers ont pris la position de protection d'eux-mêmes ou en réaction à l'ordre clamé : « Penchez-vous vers l'avant, gardez la tête baissée ». Certains passagers n'ont pas pris la position de protection parce qu'ils n'ont pas entendu l'ordre clamé. D'autres ne savaient pas comment se protéger correctement parce qu'ils n'avaient pas consulté la carte de mesures de sécurité.

Comme aucune situation d'urgence n'était prévue, les passagers et le personnel de cabine n'étaient pas en position de protection au moment de l'impact initial et la plupart des blessures subies par les passagers sont cohérentes avec cette inexécution.

⁵⁵ D. Johnson, « Studies reveal passenger misconceptions about brace commands and brace positions, cabin crew safety », *Fondation pour la sécurité aérienne*, Vol. 33, N°3 (mai-juin 1998), p. 5.

⁵⁶ H. Muir et L. Thomas, « Passenger Safety Information Past and Future », dans : *Proceedings of 58th Annual International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)*, Moscou, Russie (2005), p. 125.

⁵⁷ National Transportation Safety Board, rapport de sécurité aérienne NTSB/SR-01/01, *Survivability of Accidents Involving Part 121 U.S. Air Carrier Operations, 1983 Through 2000* (mars 2001), p. 5.

⁵⁸ Australian Transportation Safety Bureau, rapport de recherche et d'analyse, *Aviation Safety Research Grant – B2004/0238, Public Attitudes, Perceptions and Behaviours Towards Cabin Safety Communications* (juin 2006), p. 20.

1.15.4 *Évacuation*

Au cours de l'impact, plusieurs masques à oxygène sont tombés des compartiments de rangement; en outre, plusieurs portes de compartiments supérieurs de rangement se sont ouvertes inopinément, et des bagages qui y étaient rangés sont tombés dans la cabine. Le directeur de bord et quelques agents de bord d'Air Canada qui étaient en transit ont clamé l'ordre aux passagers de se pencher en avant et de garder la tête baissée. Quelques passagers ont réussi à se protéger en se penchant vers l'avant ou en s'agrippant au dossier du siège devant, ou les deux.

Après que l'aéronef se soit immobilisé, le personnel de cabine a annoncé aux passagers de laisser leurs bagages de cabine dans l'aéronef. On n'a détecté ni fumée, ni brume, ni vapeurs dans la cabine. On a ouvert la porte L1 et commencé l'évacuation, mais il semble que la porte aurait commencé à se refermer après un certain temps. L'équipage de conduite et le personnel de cabine ont vérifié plusieurs fois l'intérieur de la cabine pour s'assurer qu'il ne restait aucun passager à bord, puis ont évacué l'aéronef.

1.15.5 *Atterrissage d'urgence prévu ou préparé*

En cas d'atterrissage d'urgence prévu ou préparé, le personnel de cabine prépare les passagers en leur faisant un exposé. Cet exposé comprend notamment ce qui suit [traduction] :

Juste avant d'atterrir, vous entendrez l'instruction : « Préparez-vous à l'atterrissage forcé ». Lorsque vous entendrez cette instruction, prenez immédiatement la position de protection et demeurez dans cette position jusqu'à ce que l'aéronef se soit immobilisé.

Il y a deux façons de se protéger. La première est de se pencher en avant, de placer les mains et les bras contre le dossier du siège devant et d'appuyer la tête sur les avant-bras.

La seconde est de se pencher en avant, de passer les bras derrière ou sous les jambes ou de ternir les chevilles et d'appuyer le visage sur les cuisses.

Prenez la position la plus confortable pour vous maintenant.

Juste après l'atterrissage, lorsque vous vous préparerez à évacuer la cabine, vous devez laisser tous vos articles personnels dans la cabine, y compris les sacs à main et les porte-documents. Les bagages de cabine ralentiront l'évacuation et peuvent endommager les glissières.

Revoyez les procédures que nous venons d'expliquer⁵⁹.

⁵⁹ Air Canada, *Prepared Emergency Landing Card*, Rév 1 (4 février 2008).

Durant la partie de l'exposé qui porte sur la position de protection, les agents de bord font la démonstration de la première position. Ils vérifient en outre que les passagers s'exercent à prendre la position correctement.

1.15.6 *Nombre minimal d'agents de bord*

Depuis le 22 août 2014, une exemption au paragraphe 705.104 du RAC, approuvée par TC, est en vigueur; cette exemption autorise Air Canada à exploiter des aéronefs de ses flottes d'Airbus 319, 320 et 321 et d'Embraer 190 avec au moins 1 agent de bord par unité de 50 sièges passagers (ratio 1:50) installés sur le même pont de l'aéronef⁶⁰.

Selon cette exemption, la compagnie aérienne doit inclure des exercices durant la formation initiale et annuelle sur les méthodes pour ouvrir les issues et gérer la circulation de passagers à plus d'une issue si les procédures exigent qu'un agent de bord soit responsable de l'ouverture de plus d'une issue. Cet exercice sur les doubles issues comprend toutes les étapes pour ouvrir systématiquement les 2 portes. Il incombe aux agents de bord de surveiller continuellement la circulation des passagers durant l'évacuation.

L'exercice sur les doubles issues a été imposé pour combler une lacune que TC avait cernée dans la formation existante, et aussi pour faire suite à la recommandation A -92-071 du NTSB. Le NTSB avait recommandé que si, selon les procédures, il incombait à un agent de bord d'ouvrir plus d'une issue, la FAA devait exiger que la formation d'agents de bord comprenne des exercices sur les méthodes d'ouverture des issues et la gestion de l'évacuation par plus d'une issue. Avant la mise en œuvre de cet exercice, on enseignait au personnel de cabine qu'il pouvait quitter une porte/issue de secours pour aller ouvrir la porte/issue de secours en vis-à-vis lorsque la circulation de l'évacuation des passagers était trop lente.

Bien que Transports Canada ait imposé l'ajout de l'exercice sur les doubles issues à la formation, Transports Canada n'exigeait pas que tout le personnel de cabine suive cette formation avant qu'un exploitant ait mis en vigueur le ratio 1:50.

Air Canada a commencé à exploiter des vols avec un ratio 1:50 avant d'avoir inclus l'exercice sur les doubles issues dans sa formation annuelle en avril 2015. Au moment de l'accident, ni le directeur de bord ni les agents de bord n'avaient suivi la formation sur les doubles issues, et ils ignoraient que cette formation était obligatoire pour qu'Air Canada puisse se prévaloir de l'exemption de 1 agent de bord par unité de 50 passagers.

En juin 2015, le paragraphe 705.104 du RAC a été remplacé par le paragraphe 705.201, *Nombre minimal d'agents de bord*, pour permettre aux exploitants assujettis à la sous-partie 705 du RAC d'exploiter des vols à raison de 1 agent de bord par 50 sièges passagers configurés.

⁶⁰ Transports Canada, *Exemption de l'application de l'article 705.104 du Règlement de l'aviation canadien*, <http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/Servreg/Affaires/exemptions/docs/fr/2809.htm> (dernière consultation le 20 mai 2016).

Le règlement modifié comprend les conditions dans lesquelles l'exercice sur les doubles issues et une démonstration d'évacuation sont nécessaires. L'Union européenne et les États-Unis ont adopté le ratio 1:50.

1.15.7 *Transports Canada : Tenue vestimentaire pour prendre l'avion*

Une page Web de TC intitulée *Tenue vestimentaire pour prendre l'avion*⁶¹ donne aux passagers de l'information sur comment se vêtir pour voyager en sécurité, en particulier s'ils doivent sortir à l'extérieur durant un hiver typique au Canada. Cette page souligne que les passagers devraient éviter de porter des shorts ou des jupes lorsqu'ils voyagent au cas peu probable où ils devraient évacuer l'aéronef. On souligne également l'importance de porter ses chaussures durant le vol, car en cas d'urgence, retrouver ses chaussures sera probablement la dernière chose qui viendra à l'esprit. Les passagers se retrouvant pieds nus pourraient avoir des problèmes, en particulier s'ils doivent marcher dans du carburéacteur (qui pourrait être en feu) ou sur du verre brisé ou des éclats de métal sans chaussures pour protéger leurs pieds. Si les passagers ne sont pas vêtus convenablement pour voyager en toute sécurité, ils risquent d'être mal préparés si les conditions météorologiques sont défavorables durant une évacuation d'urgence.

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 :

- LP061/2015 – DFDR [Download and Analysis] [Téléchargement et analyse des données du DFDR (enregistreur de données de vol numérique)]
- LP071/2015 – NVM [Non-volatile Memory] Recovery - EGPWS [Récupération de la mémoire rémanente du EGPWS (système d'avertissement de proximité du sol amélioré)]
- LP072/2015 – NVM Recovery – CPAP [Récupération de mémoire rémanente –CPAP]
- LP073/2015 – Site Survey Report [Rapport de relevé des lieux]
- LP076/2015 – Coffee Maker Restraint Examination [Examen du dispositif de verrouillage de la machine à café]
- LP086/2015 – Shoulder Harness Assembly Examination [Examen des ensembles de ceintures-baudriers]
- LP094/2015 – Photo Collection [Collecte de photos]
- LP110/2015 – Analysis of Material Transfer [Analyse de transfert de matériau]

⁶¹ Gouvernement du Canada, « Tenue vestimentaire pour prendre l'avion », <https://voyage.gc.ca/avion/tenue-vestimentaire-pour-prendre-l-avion> (dernière consultation le 9 décembre 2016).

1.17 Renseignements sur l'entreprise et sur la gestion

1.17.1 Air Canada

1.17.1.1 Généralités

Air Canada mène ses activités conformément aux exigences des sous-parties 705 et 573 du RAC. Titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne et organisme de maintenance agréé, la compagnie détient également l'approbation de la partie 145 de l'AESA par sa conformité à l'Accord sur la sécurité de l'aviation civile entre le Canada et la communauté européenne.

La compagnie offre des vols intérieurs, ainsi que des vols réguliers et non réguliers à partir du Canada et à l'étranger. La flotte d'Air Canada compte environ 200 aéronefs de divers types, dont des Boeing 787, 777 et 767; des Airbus A330, A321, A320 et A319; et des Embraer E190.

Avec environ 27 000 employés, dont un personnel de maintenance qui compte environ 2000 employés, divers experts techniques qui appuient les opérations, 6650 employés de sécurité de la cabine et 3200 pilotes, Air Canada est le plus important exploitant aérien au pays.

Les membres d'équipage de conduite d'Air Canada ont accès aux documents suivants :

- Le manuel d'utilisation de l'aéronef (MUA)⁶² approuvé par TC, qui contient les SOP. Il s'appuie sur les caractéristiques opérationnelles, techniques, procédurales et de performance de l'aéronef comprises dans le *Flight Crew Operating Manual (FCOM)* d'Air Canada⁶³. Les équipages de conduite se servent du MUA pour l'exploitation technique des aéronefs.
- Le MEV contient des renseignements qui s'appliquent à toutes les opérations aériennes, sauf lorsque le MUA a préséance.
- Le *Manuel de formation de l'équipage de conduite (FCTM)* est un document de référence qui fournit aux pilotes de l'information pratique sur l'exploitation des aéronefs Airbus.

Air Canada a un système de gestion de la sécurité (SGS) approuvé par TC, et la compagnie a incorporé ce SGS dans ses manuels courants.

1.17.1.1.1 Formation de l'équipage de conduite

La formation périodique annuelle du personnel de cabine vérifie les compétences en matière de sûreté, de sécurité et de procédures d'urgence pour tous les types d'aéronefs dans la flotte

⁶² Air Canada, *Aircraft Operating Manual*, 1^{er} octobre 2012.

⁶³ Le FCOM d'Air Canada, que les équipages de conduite n'utilisent pas, est une version approuvée, personnalisée et plus succincte du FCOM d'Airbus.

d'Air Canada. On donne également une formation sur la gestion des ressources en équipe pour favoriser la communication, la collaboration et la coordination efficace.

N'importe quel membre du personnel de cabine peut annoncer une évacuation en cas d'événement catastrophique ou potentiellement mortel⁶⁴. En cas d'évacuation d'urgence, le principal objectif est d'évacuer les passagers et l'équipage de la façon la plus rapide et la plus sûre⁶⁵. Pour réduire au minimum le temps d'évacuation et maintenir une circulation équilibrée des passagers, on doit utiliser toutes les sorties et issues en bon état de service et non obstruées.

La formation périodique annuelle comprend des mises en situation; or, comme il est impossible de couvrir toutes les situations, on apprend au personnel de cabine à évaluer chaque situation, à s'y adapter et à agir en conséquence. La formation du personnel de cabine d'Air Canada ne comprend pas de mise en situation où les passagers amorcent une évacuation sur l'aile; elle ne couvre pas non plus l'évaluation des risques associés au déploiement des glissières arrière lorsque des passagers se trouvent à l'extérieur de l'aéronef. En conséquence, pour composer efficacement avec ces 2 situations, le personnel de cabine doit adapter ses actions de manière à réagir correctement aux dangers qui se présentent.

Dans l'événement à l'étude, la porte L1 était en bon état de service et n'était pas obstruée; il n'y avait ni incendie ni autre danger pour mettre en péril des vies, et les passagers évacuaient l'aéronef par les issues d'évacuation sur l'aile. Le directeur de bord a estimé que l'évacuation se déroulait bien, et il a déterminé qu'il n'était donc pas nécessaire d'ouvrir la porte R1.

Les agents de bord postés à l'arrière de l'aéronef n'ont constaté aucun danger qui mettait des vies en péril. Parce qu'on n'avait pas donné l'ordre d'évacuer l'aéronef et que l'on pouvait voir des passagers évacués et des pompiers marcher près de la queue de l'aéronef dans une zone où le déploiement de la glissière arrière aurait pu être dangereux ou présenter des risques additionnels, les agents de bord ont décidé qu'il n'était pas nécessaire d'ouvrir les portes L2 et R2.

D'après les normes de formation des agents de bord, on utilise le système de sonorisation et l'interphone pour communiquer l'information de sécurité. Utilisés correctement et efficacement, ils augmentent la probabilité que les passagers entendent et comprennent le message. À Air Canada, c'est l'équipage de conduite qui doit déclencher l'évacuation en annonçant « Évacuez! Évacuez! » au moyen du système de sonorisation. Si ce système est inopérant, l'équipage de conduite doit utiliser l'interphone ou donner des instructions verbales au directeur de bord.

Dans l'événement à l'étude, les 2 pilotes ont subi des blessures à la tête et étaient désorientés lorsque l'aéronef s'est immobilisé. Ainsi, ils n'ont pas immédiatement communiqué avec le directeur de bord. Lorsque les 2 pilotes ont repris conscience de la situation, le PC a tenté de

⁶⁴ Air Canada définit un accident aérien catastrophique comme la destruction vraisemblablement complète de l'aéronef, la fragmentation de son fuselage, des blessures mortelles, un incendie, etc.

⁶⁵ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), Norme 525 – Avions de la catégorie Transport, sous-parties 801 à 820 – Dispositions d'urgence, et Appendice J – Évacuation d'urgence.

communiquer avec le directeur de bord. Or, le système de sonorisation et l'interphone étaient inopérants. L'évacuation était déjà en cours à ce moment.

1.17.1.1.2 Formation de l'équipage de conduite

Air Canada utilise le système de formation « Programme avancé de qualification » (PAQ) pour former ses équipages de conduite. TC définit la PAQ comme étant un

Programme facultatif et autre méthode servant à la formation, à l'évaluation et à la qualification de membres d'équipage de conduite, d'instructeurs et d'évaluateurs en faisant appel à une méthodologie systématique pour l'élaboration de programmes de formation et d'évaluation axés sur les compétences à la place des programmes de formation traditionnels⁶⁶.

Le PAQ comprend des séances de validation particulières plutôt que les contrôles de compétence pilote habituels. Ces séances comprennent une formation par mises en situation, procurant ainsi une expérience de formation plus proche de la réalité des vols de ligne. Le PAQ est très axé sur la gestion des ressources en équipe, y compris la gestion des menaces et des erreurs dont le fondement est d'analyser les dangers potentiels et de prendre les mesures nécessaires pour éviter, limiter ou atténuer les menaces et les erreurs avant qu'elles n'aboutissent à un état indésirable de l'aéronef.

Pour se conformer aux exigences du PAQ, Air Canada adopte un cycle de qualification continu de 32 mois. Les pilotes suivent un entraînement sur simulateur tous les 8 mois, avec évaluation tous les 16 mois. Dans le cadre du PAQ, les pilotes doivent s'entraîner à exécuter des approches LOC une fois tous les 32 mois. Le commandant de bord avait suivi la formation LOC en février 2014, et le P/O, en novembre 2013.

1.17.1.2 Approche stabilisée

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

Au moment de l'événement, le plus récent MEV expliquait ainsi la politique d'approche stabilisée d'Air Canada [traduction] :

La politique d'approches stabilisées d'Air Canada se fonde sur un concept d'entrée d'approche selon lequel on doit interrompre l'approche d'un vol si elle ne satisfait pas aux critères établis de chaque entrée d'approche. Il y a deux entrées d'approche pour chaque approche : la première est le FAF (ou l'équivalent); la seconde est à 500 pieds AGL (ou 100 pieds au-dessus des minimums, selon la valeur la plus élevée). Une remise des gaz est obligatoire si l'approche ne satisfait pas aux critères de chaque entrée d'approche finale.

⁶⁶ Transports Canada, *Document d'élaboration et de mise en œuvre du programme avancé de qualification (PAQ)*, (2010).

Pour une approche de non-précision, à la première entrée d'approche, l'aéronef doit être sur la trajectoire en rapprochement et suivre un profil de descente déterminé par le FPA, la vitesse verticale ou le système de guidage et de gestion de vol.

[Traduction] Aucun vol ne doit poursuivre une approche au-delà de l'entrée d'approche, à moins que l'aéronef ne soit piloté de manière à veiller à ce que soient remplis les critères d'approche stabilisée à l'entrée d'approche à 500 pieds⁶⁷.

À la seconde entrée d'approche finale (500 pieds AGL ou 100 pieds au-dessus de la MDA), aucun vol ne doit poursuivre l'approche à moins qu'il satisfasse aux critères d'approche stabilisée suivants⁶⁸ [traduction] :

- Les volets et le train d'atterrissage sont en configuration d'atterrissage;
- La liste de vérification pour l'atterrissage est achevée;
- La vitesse indiquée est dans une plage de 10 nœuds au-dessus et 5 nœuds en deçà de la vitesse désirée (Airbus – la vitesse désirée est Ground Speed Mini [vitesse sol minimale] lorsqu'activée);
- La poussée est stabilisée (habituellement supérieure au ralenti) pour maintenir la vitesse d'approche désirée sur la trajectoire de vol souhaitée;
- L'alignement est sur la bonne trajectoire d'approche verticale et, s'il y a lieu, demeure en deçà d'une demi-déviations de l'indicateur d'écart de route utilisé pour une approche aux instruments; dans le cas d'une approche visuelle, l'alignement est sur la bonne pente d'approche indiquée par les indicateurs visuels de pente d'approche (VASIS [indicateur visuels de pente d'approche], PAPI ou HGS [système de guidage frontal]);
- Le taux de descente ne dépasse pas 1000 pi/min, à moins que ce ne soit nécessaire pour maintenir la trajectoire de descente constante publiée (alignement de descente, VASIS, taux de descente calculés, etc.). Si une approche exige un taux de descente supérieur à 1000 pi/min, il faut faire un exposé spécial;
- L'alignement est sur la bonne trajectoire d'approche latérale et, s'il y a lieu, demeure en deçà d'une demi-déviations de l'indicateur d'écart de route pour les approches VOR [radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence] et au radiophare d'alignement de piste, et en deçà de

⁶⁷ Air Canada, *Flight Operations Manual*, 10 février 2014, sous-alinéa 8.11.6.1 : FAF Arrival Gate, p. 78.

⁶⁸ Ces critères correspondent à ceux publiés par Airbus.

5 degrés de la trajectoire pour les approches par NDB [radiophare non directionnel]⁶⁹.

Air Canada considère qu'un aéronef est sur la bonne trajectoire d'approche verticale lorsque l'équipage de conduite a sélectionné le bon FPA, conformément aux SOP. Étant donné qu'il satisfaisait aux critères ci-dessus, la compagnie considère que l'AC624 effectuait une approche stabilisée.

1.17.1.3 Procédures d'approche

Le MUA et le FCTM tracent les grandes lignes des approches de non-précision et donnent des directives sur la façon de les exécuter. Une approche couplée-sélectionnée est obligatoire pour exécuter une approche LOC. Lorsqu'on exécute une approche LOC, le guidage latéral est couplé au LOC (pilote automatique dirigé par des aides au sol), et l'équipage de conduite sélectionne le guidage vertical (pilote automatique dirigé par les commandes du pilote).

Les méthodes d'exécution d'une approche couplée-sélectionnée sont les suivantes [traduction] :

- Le pilote automatique doit être embrayé dans les modes LOC/FPA [axe d'alignement de piste/angle de trajectoire de vol]
- Utiliser le directeur de vol en référence au vecteur de trajectoire de vol
- Sélectionner les données brutes appropriées dans le ND [écran de navigation] pour surveiller la trajectoire et la descente
- Utiliser A/THR [poussée automatique]
- Utiliser le mode vitesse gérée⁷⁰

Au moment de déterminer l'angle de la trajectoire de vol pour le guidage vertical, les pilotes utilisent l'angle de descente verticale qui est publié sur la carte Jeppesen applicable. Cet angle définit un profil de vol selon lequel l'aéronef franchira le seuil de piste à environ 50 pieds AGL.

Lors d'une approche de non-précision, une fois que l'équipage de conduite a établi un contact visuel avec l'environnement de la piste et que le pilote automatique a été débrayé, le PC pilote manuellement l'aéronef en utilisant des repères visuels pour déterminer sa position latérale et verticale par rapport à la piste. Conformément à la formation d'Air Canada et à l'expérience pilote, il pouvait être nécessaire de faire des corrections mineures

⁶⁹ Air Canada, *Flight Operations Manual*, (10 février 2014), paragraphe 8.11.6.2 : FAF Arrival Gate, p. 78.

⁷⁰ Air Canada, *Aircraft Operating Manual (AOM)*, (1^{er} octobre 2012), alinéa 1.04.11 : Approach, p. 17.

sur la trajectoire de vol pour veiller à ce que l'aéronef maintienne une approche stable et franchisse le seuil à la hauteur correcte pour assurer l'atterrissage dans la zone de toucher.

D'après le FCTM, pour exécuter une approche couplée-sélectionnée, on doit prérégler le FPA sur le module de commande de vol. Une interception de la trajectoire d'approche finale peut se dérouler correctement en tirant sur le bouton de sélection FPA lorsque l'aéronef est à 0,3 nm de la FAF. Les SOP du MUA n'indiquent pas de prérégler le FPA avant de tirer sur le bouton de sélection.

Durant une approche de non-précision, lorsque l'aéronef atteint la MDA, le PS doit faire l'annonce « Minimums » suivie de l'annonce « Aucun contact », « Feux seulement »⁷¹ ou « Piste en vue ». Le PC doit répondre par « Remise des gaz, volets » ou « Atterrissage ». Air Canada ne donne aucune formation ni définition précises de ce que comporte l'annonce « Feux seulement ».

Lorsqu'un PS annonce « Feux seulement », le PC s'attend à ce que le PS ait établi un contact visuel qui permet de poursuivre l'approche. La réaction habituelle du PC est d'annoncer « Atterrissage » et de poursuivre l'approche.

D'après l'alinéa 1.01.22, « Autoflight limitations » du MUA, lorsque l'aéronef atteint la MDA, il faut débrayer le pilote automatique si les conditions visuelles permettent de poursuivre l'approche.

Durant le vol à l'étude, l'équipage de conduite a débrayé le pilote automatique lorsque l'aéronef n'était qu'à 484 pieds ASL, et ce, environ 23 secondes après qu'il eut franchi la MDA calculée de 813 pieds ASL. Ceci était contraire aux limites données dans le manuel de vol de l'aéronef, l'alinéa 602.07(a) du RAC et les SOP d'Air Canada.

1.17.1.4 Directives de surveillance des approches

Le FCTM d'Air Canada indique que lorsqu'il exécute une approche de non-précision, l'équipage de conduite devrait surveiller la position de l'aéronef sur sa trajectoire de vol verticale en se référant à la distance indiquée par l'équipement de mesure de distance, à l'indication de l'altimètre et au temps.

D'après les SOP, il faudrait sélectionner les données brutes appropriées à l'écran de navigation⁷² pour surveiller la trajectoire et la descente. En outre, l'équipage de conduite devrait se servir du vecteur bird à l'écran PFD comme référence de vol.

⁷¹ Depuis l'événement à l'étude, l'annonce « Feux seulement » a été retirée des SOP d'Air Canada, conformément au bulletin 324 du manuel d'exploitation de vol (16 mai 2016).

⁷² Un écran de navigation se trouve du côté intérieur de l'écran PFD et permet de surveiller la trajectoire de vol et la navigation.

D'après une référence de vol indiquée dans les renseignements supplémentaires du FCTM [traduction] :

même si le vecteur bird indique que l'aéronef suit le bon angle de trajectoire de vol et la bonne route, cela ne veut pas nécessairement dire qu'il est sur la bonne trajectoire d'approche finale⁷³.

Quoique le FCOM d'Air Canada souligne la nécessité de surveiller et d'ajuster la position et la trajectoire de vol, les pilotes n'ont pas accès à ce document pour s'y reporter. Les pilotes se reportent aux SOP d'Air Canada; toutefois, celles-ci ne contiennent aucune directive sur la surveillance de la trajectoire de vol verticale lorsque le mode de guidage FPA est sélectionné, et l'on n'enseigne pas cette procédure durant la formation (tableau 4).

Tableau 4. Différences entre les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada et le Flight Crew Operating Manual (FCOM) d'Air Canada [traduction]

SOP d'Air Canada	FCOM d'Air Canada*
<p><u>À 0,3 MILLES MARINS avant le FAF, ou le point de descente si autre qu'un FAF, si le guidage vertical est sélectionné</u></p> <p>FPA.....PC.....RÉGLER</p> <p><i>Ne pas utiliser la déviation verticale sur le PFD.</i></p> <p><i>Régler le FPA indiqué sur la carte pour suivre le profil de descente publié en tenant compte des altitudes minimales.</i></p> <p><i>Utiliser les données brutes des aides de radionavigation pour surveiller la navigation latérale durant une NPA conventionnelle.</i></p> <p><i>Remarque : pour les approches RNAV (GPS), le point de descente pourrait être différent de celui du FAF (avant ou après le FAF). Les cartes d'approche indiquent le point de descente approprié, l'altitude et l'angle de trajectoire de vol.</i></p>	<p><u>À 0,3 nm du point de descente final:</u></p> <p>Sélecteur FPA.....TIRER</p> <p>MODE FPA.....VÉRIFIER ACTIVÉ</p> <p><i>- Vérifier que NAV FPA, TRK FPA ou LOC FPA est actionné.</i></p> <p>POSITION / TRAJECTOIRE DE VOL.....SURVEILLER / AJUSTER</p> <p>ALTITUDE DE REMISE DES GAZ.....RÉGLER</p> <p><i>- Régler une fois sous l'altitude de remise des gaz pour éviter une capture d'altitude imprévue.</i></p> <p>PARAMÈTRES DE VOL.....SURVEILLER</p> <p><i>- Contrevérifier les distances par rapport aux altitudes qui sont publiées sur les cartes.</i></p> <p><i>- Si l'approche suit une procédure conventionnelle par aides de radionavigation, surveiller le guidage latéral et vertical au moyen des données brutes.</i></p>

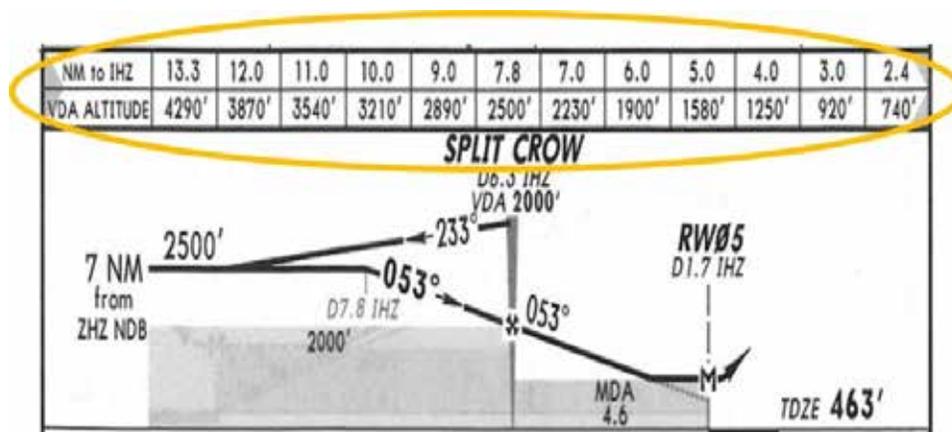
⁷³ Air Canada, *Flight Crew Training Manual (FCTM)*, (28 novembre 2011), référence de vol indiquée dans les renseignements supplémentaires SI-020 P 2 / 4.

* Les instructions dans le tableau du FCOM d'Air Canada et du FCOM d'Airbus sont identiques.

Conformément au paragraphe 705.09 du RAC et au *Manuel de l'inspecteur des transporteurs aériens*⁷⁴ de TC, le ministère a revu le MUA et les SOP d'Air Canada et les a approuvés. Durant ce processus, TC n'a pas relevé les différences entre les documents d'Air Canada et ceux d'Airbus.

Au début de 2014, NAV CANADA et Jeppesen ont ajouté un tableau des distances et altitudes à certaines cartes (figure 14). D'après le *Canada Air Pilot (CAP)*, ce tableau « énonce l'altitude en fonction d'une distance donnée le long d'une pente à angle de descente constant à l'endroit spécifié »⁷⁵.

Figure 14. Tableau des distances/ et altitudes pour l'aéroport international Stanfield de Halifax (Source : carte d'approche publiée par Jeppesen)



À Air Canada, la formation des pilotes aux approches LOC/de non-précision n'aborde pas l'utilisation du tableau des distances et altitudes sur la carte Jeppesen comme méthode de surveillance.

1.17.1.5 Surveillance exercée par Transports Canada

TC s'attend à ce que les compagnies gèrent de façon proactive 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 à toutes les exigences réglementaires. TC a conçu un programme de surveillance qui lui permet de vérifier si une compagnie d'aviation a mis en œuvre des systèmes appropriés et efficaces, et effectue des inspections de surveillance précises basées sur les systèmes à un intervalle défini selon les indicateurs de risque. Ce programme cible les systèmes clés, lesquels sont définis en fonction du type de

⁷⁴ Transports Canada, TP 3783, *Manuel de l'inspecteur des transporteurs aériens*, Cinquième édition (mars 2004), section 4.5 : Procédures d'utilisation normalisées (PUN) et manuel d'utilisation de l'aéronef (AOM).

⁷⁵ NAV CANADA, *Canada Air Pilot (CAP)*, Procédures aux instruments, Québec [CAP 6], Tableau des distances et altitudes (29 mai 2014).

certificat et du SGS (si elle doit en avoir un) de la compagnie. Le programme de surveillance se fonde sur une approche systémique de la gestion du risque et, en principe, peut se pencher sur n'importe quel processus que la réglementation exige.

Le BST a examiné les activités de surveillance de TC et les réponses de la compagnie à celles-ci durant les 2 années qui ont précédé l'événement à l'étude.

En septembre/octobre 2013, TC avait fait une évaluation d'Air Canada, incluant toutes les composantes du SGS et toutes les exigences sur le supplément de l'AESA. Cette évaluation avait permis de conclure qu'Air Canada avait la capacité de maintenir la conformité au RAC. Le rapport d'évaluation faisait état de 12 constatations, de mineures⁷⁶ à modérées⁷⁷, ayant trait au SGS et aux feuilles de résumé de formation PAQ manquantes pour la formation initiale de plusieurs pilotes récemment embauchés. La compagnie a tenu compte de toutes les constatations dans son plan de mesures correctives que TC a approuvé en décembre 2014.

En 2014 et 2015, TC a effectué 4 inspections de processus au service des opérations aériennes d'Air Canada, ainsi que plusieurs autres activités de surveillance, comme la surveillance du PAQ, la formation des pilotes et le programme de pilote vérificateur agréé de la compagnie. Aucune constatation majeure⁷⁸ n'a été relevée.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Approches stabilisées avec angle de descente constant

Une approche de non-précision est une approche qui utilise le guidage latéral, mais aucun guidage vertical. Ainsi, avant d'atteindre la MDA, il se peut que les équipages de conduite

⁷⁶ Une constatation est considérée comme étant mineure lorsqu'une activité de surveillance a indiqué que le secteur faisant l'objet de la surveillance a été maintenu et s'est avéré efficace, mais qu'il faut toutefois y apporter des améliorations administratives. Transports Canada, Circulaire d'information (CI) SUR 004 : Programme de surveillance de l'Aviation civile, (19 novembre 2015), p. 32.

⁷⁷ Une constatation est considérée comme étant modérée lorsqu'une activité de surveillance a indiqué que le secteur faisant l'objet de la surveillance n'a pas été complètement maintenu et que des exemples de non-conformité indiquent qu'il n'est pas complètement efficace. Toutefois, l'entreprise a clairement démontré sa capacité de mener l'activité et une simple modification à son processus devrait permettre de résoudre le problème. Transports Canada, Circulaire d'information (CI) SUR 004 : Programme de surveillance de l'Aviation civile, (19 novembre 2015), p. 32.

⁷⁸ Une constatation est considérée comme étant majeure lorsqu'une activité de surveillance a indiqué que le secteur faisant l'objet de la surveillance n'a pas été établi ni maintenu et qu'il n'est ni respecté ni efficace, et qu'une défaillance systémique est manifeste. Généralement, une constatation majeure nécessite une mesure corrective plus rigoureuse et longue qu'une constatation mineure ou modérée. Transports Canada, Circulaire d'information (CI) SUR 004 : Programme de surveillance de l'Aviation civile, (19 novembre 2015), p. 33.

apportent des ajustements mineurs à la trajectoire de vol pour corriger tout écart vertical par rapport au profil de descente visé. Transports Canada fait remarquer que :

Le groupe de travail sur les CFIT [impacts sans perte de contrôle] de l'OACI a reconnu que, pour aider à prévenir les accidents de CFIT, il était nécessaire d'exécuter une approche finale stabilisée dans le cadre d'approches de non-précision (NPA)⁷⁹.

La technique d'approche stabilisée avec angle de descente constant (SCDA) comporte l'interception et le maintien d'un profil de descente angulaire constant à partir du FAF jusqu'à un point de référence au-dessus du seuil de piste (habituellement 50 pieds). La descente est donc effectuée à un angle et à un taux de descente constants ne nécessitant pas de changement de configuration. Avec la technique SCDA, lorsqu'il atteint la MDA, l'équipage de conduite a le choix de poursuivre l'atterrissage selon l'angle constant (si les références visuelles requises sont en vue) ou d'interrompre l'approche (si les conditions visuelles ne le permettent pas).

La technique SCDA n'exige aucun équipement de bord particulier autre que celui spécifié par le titre de la procédure d'approche de non-précision. Les pilotes peuvent exécuter des approches de non-précision SCDA convenables en se servant de techniques de pilotage de base. Les avantages de la technique SCDA ont été démontrés et validés par Transports Canada (TC) ainsi que plusieurs organismes internationaux.

D'après le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de Transports Canada), « [L]a SCDA est considérée comme une forme de l'approche finale en descente continue (CDFA) de l'OACI. Afin de respecter la terminologie ayant déjà cours au sein de l'industrie de l'aviation civile au Canada et d'assurer une normalisation en fonction des cartes de NAV CANADA, terminologie [SCDA] a été adoptée. »⁸⁰

En juillet 2014, NAV CANADA a publié des cartes d'approche comprenant de l'information sur l'angle de descente constant⁸¹ sous forme de tableau et en vue latérale. NAV CANADA a utilisé des fonctions trigonométriques normales pour déterminer l'angle de descente constant et les altitudes de procédures, mais sans tenir compte de la courbure terrestre. On tient normalement compte d'une hauteur de franchissement du seuil de 50 pieds et de l'altitude de seuil dans ces calculs.

⁷⁹ Transports Canada, Circulaire d'information (CI) 700-028 édition n°01 : Contrôle de la trajectoire verticale pendant une approche de non précision (22 avril 2013).

⁸⁰ Transports Canada, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), article 2.17.3 du chapitre AIR : Techniques de contrôle de la trajectoire verticale. <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp14371-menu-3092.htm> (dernière consultation le 3 mars 2017).

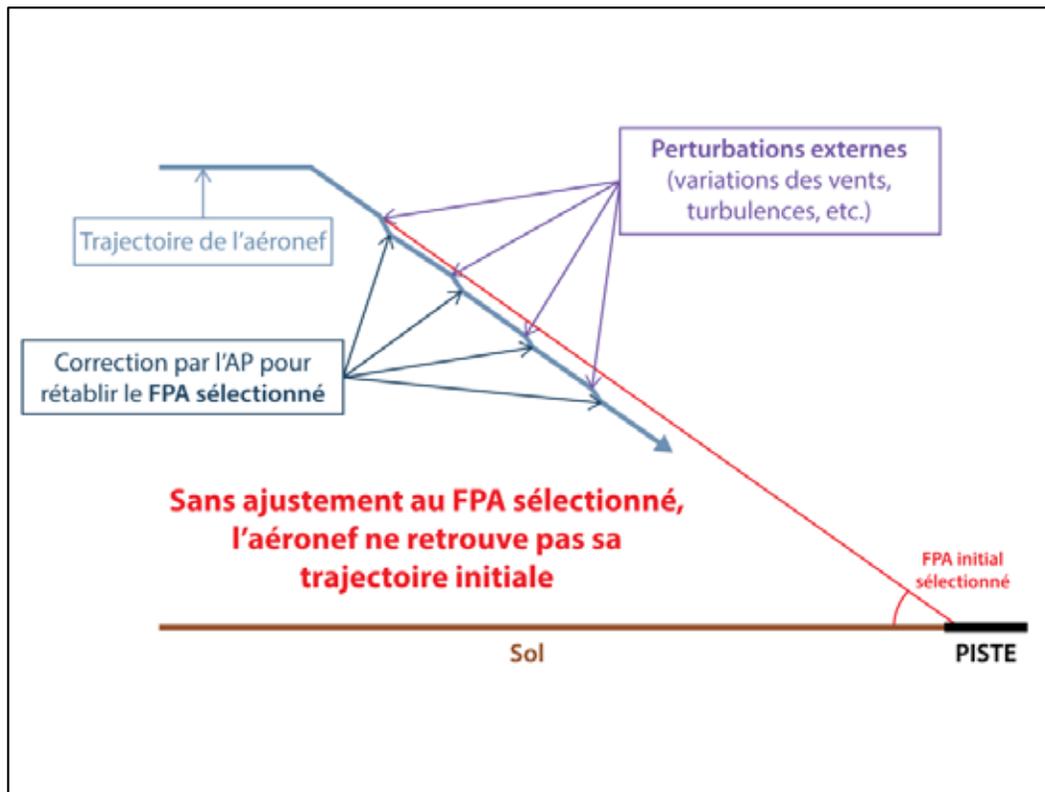
⁸¹ L'angle de descente constant est équivalent à l'angle de descente vertical publié sur les cartes Jeppesen.

1.18.2 Mode de guidage par angle de trajectoire de vol

Le mode de guidage FPA d'Airbus est un mode vertical sélectionné qui guide l'aéronef sur un FPA cible et que l'on peut utiliser pour exécuter une approche. Le FPA est l'angle entre l'horizontal et le vecteur vitesse total de l'aéronef. Par conséquent, le mode de guidage FPA n'assure pas le guidage vertical fixe avec référence à une aide au sol, comme c'est le cas pour une approche par alignement de descente ou ILS.

Quand on navigue en mode de guidage FPA, des perturbations externes comme des variations des vents ou la turbulence peuvent écarter l'aéronef de la trajectoire d'approche initiale du FPA sélectionné. Si ces perturbations entraînent des changements momentanés à la trajectoire verticale⁸² de l'aéronef, le pilote automatique va rétablir le FPA sélectionné et suivre une trajectoire parallèle à la trajectoire initiale (figure 15).

Figure 15. Exemple de profil de vol avec angle de trajectoire de vol (FPA) affecté par des perturbations (Source : Airbus)



Si ces perturbations écartent l'aéronef sous sa trajectoire d'approche initiale, l'aéronef poursuivra sa descente une fois que le pilote automatique aura rétabli le FPA sélectionné, mais selon une trajectoire de vol sous la trajectoire de vol initiale et parallèle à celle-ci. Si les perturbations se maintiennent durant la descente et que l'équipage de conduite ne fait aucun ajustement pour rétablir la trajectoire de vol initiale, l'écart d'altitude entre les trajectoires de

⁸² Comme si l'on modifiait momentanément le FPA réel que suit l'aéronef.

vol initiale et réelle ira en augmentant. L'aéronef volera alors sous le profil d'approche vertical publié. La trajectoire de vol réelle donnera lieu à une indication d'approche basse par le système d'indicateurs de pente d'approche de l'aéroport. L'équipage de conduite doit alors amorcer une remise des gaz, à moins qu'il estime que seules de légères corrections suffisent pour rectifier les écarts mineurs par rapport à l'état stabilisé.

Le FCOM d'Airbus n'explique pas comment faire des ajustements au FPA; notamment, il n'indique ni l'ampleur de l'ajustement ni sa durée pour rétablir un aéronef sur sa trajectoire de vol sélectionnée. À Air Canada, dans le cas d'un vol en mode de guidage FPA, l'équipage de conduite n'était pas tenu de surveiller l'altitude et la distance de l'aéronef par rapport au seuil de piste, ni d'ajuster le FPA une fois le FAF franchi.

D'après les SOP d'Airbus, il faut sélectionner le mode de guidage FPA (en sélectionnant TRK/FPA ou le vecteur bird avec le bouton-poussoir HDG V/S-TRK FPA) et régler l'angle de descente avant que l'aéronef ne se trouve à 0,3 nm du point de descente final. À 0,3 nm du point de descente final, l'équipage de conduite doit tirer sur le bouton VS/FPA pour amorcer la descente.

À Air Canada, une fois que l'aéronef était en vol en palier avant le FAF, le pilote tirait sur le bouton VS/FPA et sélectionnait l'angle 0,0 pour piloter l'aéronef dans ce mode. À 0,3 nm du FAF, le pilote sélectionnait alors l'angle de descente approprié⁸³.

1.18.3 Correction en raison du temps froid

Les altimètres barométriques sont étalonnés pour indiquer l'altitude vraie en atmosphère type internationale (ISA)⁸⁴ (ou journée normale). Tout écart par rapport à l'ISA entraîne une lecture erronée de l'altimètre. Si la température extérieure est inférieure à celle de l'ISA, l'altitude vraie est inférieure à celle indiquée. Quoiqu'aucun règlement ne l'exige, on devrait ajouter des corrections de température en raison du temps froid aux altitudes publiées sur les cartes d'approche aux instruments pour garantir le franchissement des obstacles, puisque les affichages d'altimètre seront inexacts à de telles températures.

Les paramètres que calcule l'unité de référence inertielle anémobarométrique de l'aéronef sont barométriques et axés sur l'ISA. L'altitude et le FPA que calcule l'unité de référence inertielle anémobarométrique, de même que les indications sur le PFD (altitude, écart vertical, etc.), sont inexacts lorsque l'atmosphère est différente des conditions ISA. Par conséquent, un aéronef qui effectue une approche de non-précision doit naviguer à une altitude indiquée corrigée pour compenser l'effet du temps froid. En outre, on doit ajuster le FPA – l'angle de descente vertical publié – pour compenser l'altitude indiquée corrigée en raison du temps froid.

⁸³ Le FAF est considéré comme le point de descente final.

⁸⁴ L'ISA est un modèle atmosphérique de la façon dont la pression, la température, la densité et la viscosité de l'atmosphère de la Terre changent dans une plage étendue d'altitudes ou d'élévations.

En 2009, durant une collaboration avec Air Canada, TC a cerné une lacune dans les approches de non-précision par temps froid de tous les aéronefs Airbus des séries A320, A330, et A340. Quand on appliquait les corrections de température à l'altitude du FAF en raison du temps froid et que l'on pilotait l'aéronef avec le FPA sélectionné en fonction de l'angle de descente vertical publié, la position de l'aéronef ne correspondait pas exactement aux distances et à l'altitude publiées. Comme le FCOM d'Airbus ne comprenait aucune procédure applicable, TC a ordonné à Air Canada et à Airbus d'élaborer ensemble une procédure qui permettrait d'ajuster le FPA pour compenser une correction d'altitude du FAF en raison du temps froid.

En avril 2010, Airbus a publié une révision temporaire du FCOM intitulée *Standard Operating Procedures, Non-Precision Approaches*⁸⁵. Cette révision comprenait un tableau de correction du FPA pour exploitation par temps froid et donnait des directives additionnelles. Par contre, elle ne tenait pas compte de la procédure à Air Canada d'arrondir les altitudes corrigées à l'unité supérieure la plus proche. En conséquence, Air Canada a décidé d'élaborer ses propres procédures d'ajustement du FPA comme suite à l'application de corrections de température à l'altitude du FAF. TC a accepté cette méthode et, au début de 2011, Air Canada a révisé son manuel de référence rapide A320 pour y ajouter les FPA et un tableau des corrections d'altitudes d'approches en raison du temps froid⁸⁶. Ce tableau était conçu pour déterminer la correction d'altitude applicable (par tranches de 100 pieds) à ajouter au FAF et la correction en degrés à ajouter au FPA en fonction de l'altitude/hauteur d'approche au-dessus de l'aérodrome et de la température en degrés Celsius. Le manuel de référence rapide comprend également un tableau des corrections en raison du temps froid pour la MDA. L'enquête a permis de déterminer que le FPA calculé par l'équipage de conduite correspondait à la valeur dans le manuel de référence rapide.

1.18.4 Références visuelles requises

L'alinéa 100.01(1) du RAC définit une référence visuelle requise comme suit :

Dans le cas d'un aéronef qui effectue une approche vers une piste, la partie de l'aire d'approche de la piste ou les aides visuelles qui, vues par le pilote, lui permettent d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de position en vue de continuer l'approche et de compléter l'atterrissage⁸⁷.

Ces renseignements se trouvent également dans l'AIM de TC (section GEN 5.1) et dans le CAP (CAP 6).

⁸⁵ Airbus Industrie, révision temporaire (TR FCOM 3 294-1), *Flight Crew Operating Manual, Standard Operating Procedures, Non-Precision Approaches* (avril 2010).

⁸⁶ En avril 2011, Airbus a retiré le tableau de corrections du FPA de son FCOM.

⁸⁷ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), Partie 1 – Dispositions générales, Sous-partie 1, paragraphe 101.01(1) Définitions.

L'AIM de TC, le CAP 6 et le MEV d'Air Canada listent les 10 références visuelles suivantes, dont au moins 1 devrait être visible aux pilotes afin de réaliser une approche et un atterrissage sûrs et de satisfaire aux exigences sur les références visuelles requises :

- la piste ou les marques de piste;
- le seuil de piste ou les marques de seuil;
- la zone de poser ou les marques de la zone de poser;
- les feux d'approche;
- l'indicateur de pente d'approche;
- les feux d'identification de piste;
- les feux de seuil et d'extrémité de piste;
- les feux de zone de poser;
- les feux de bord de piste de chaque côté de la piste; ou
- les feux d'axe de piste.

Le MEV d'Air Canada ne précisait pas que les références visuelles requises devraient permettre aux pilotes d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de position pour continuer l'approche jusqu'à l'atterrissage.

1.18.5 Indices visuels

Les illusions visuelles sont causées par une absence de références visuelles ou une altération de celles-ci, ce qui change la perception qu'a le pilote de sa position par rapport au seuil de piste. Les illusions visuelles affectent la perception des hauteurs, des distances et (ou) des angles d'interception⁸⁸.

Durant le segment visuel d'une approche la nuit, les indices visuels qui peuvent servir à évaluer la position verticale et la vitesse de changement de position de l'aéronef par rapport à l'environnement de piste comprennent :

- la position des feux d'environnement de piste dans le pare-brise de l'aéronef et la vitesse/direction du changement de position des feux de piste⁸⁹;
- le rapport longueur/largeur des feux de bord de piste et des feux d'extrémité/seuil de piste⁹⁰;
- la perspective linéaire (degré de convergence) des lignes parallèles que forment les feux de bord de piste⁹¹; et

⁸⁸ Airbus, Flight Operations Briefing Notes, *Human Performance, Visual Illusions Awareness*, SEQ11 – REV 02 (septembre 2005).

⁸⁹ Pour un aéronef à l'assiette constante, des feux de seuil et de piste qui se déplacent vers le haut du pare-brise indiqueront un poser avant le point de poser souhaité.

⁹⁰ Un rapport longueur/largeur plus bas (apparence plus carrée) donne l'impression de voler plus bas en approche.

⁹¹ Une plus grande convergence donne l'impression d'être plus bas en approche.

- L'espacement que distingue le pilote entre chacun des feux qui bordent la piste⁹².

On peut se servir des aides visuelles d'approche (comme les feux PAPI) en plus de ces indices. Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite n'a pas vu les feux PAPI durant l'approche.

À mesure qu'un aéronef descend sous la MDA, on s'attend à ce que les indices visuels associés à l'environnement de piste deviennent plus visibles et qu'ils aident l'équipage de conduite à évaluer la position et la vitesse de changement de position de l'aéronef par rapport à la piste.

L'approche d'une piste en pente ascendante, aussi faible que son degré d'inclinaison, peut créer l'illusion que l'aéronef vole trop haut. Durant une approche à visibilité réduite, l'équipage de conduite aperçoit les indices visuels de l'environnement de piste plus tard que par temps dégagé. Quand les indices visuels sont apercevables, le temps pour les reconnaître et les identifier et pour comprendre leur configuration afin d'évaluer efficacement la position et le mouvement de l'aéronef par rapport à la piste est beaucoup plus limité.

1.18.6 *Effet de la neige tombante*

Le mouvement des flocons de neige dans la noirceur de la nuit perturbe fortement la vision périphérique du pilote et ce dernier peut difficilement en faire abstraction. Selon la densité des flocons et l'intensité de l'éclairage avant de l'aéronef, la lumière réfractée par les flocons de neige fait qu'un pilote a plus de difficulté à détecter et à distinguer les feux dans l'environnement visuel que lorsqu'il ne neige pas. Par conséquent, on n'utilise habituellement pas les phares d'atterrissage et les feux stroboscopiques lorsque l'on vole dans la neige, les nuages, le brouillard ou la brume.

1.18.7 *Éclairage artificiel à l'approche de la piste 05*

Au moment de l'événement, il n'y avait que peu d'éclairage artificiel à l'approche de la piste 05. La plus importante source provenait d'une installation située directement sous la trajectoire de vol, à environ 4000 pieds avant le seuil de piste. Les projecteurs à cet endroit éclairaient une surface d'environ 500 pieds sur 225 pieds.

1.18.8 *Traitement de l'information*

Les pilotes travaillent dans un environnement complexe qui compte plusieurs sources et types de renseignements à surveiller. Lorsque les pilotes reçoivent des renseignements sur l'environnement auxquels ils s'attendent, ils tendent à réagir rapidement et sans erreur. Par contre, lorsqu'ils reçoivent des renseignements contraires à leurs attentes, leur réaction est

⁹² Un écart plus petit donne l'impression d'être plus bas. La vitesse de changement de l'écart indique la vitesse de changement de la position de l'aéronef.

plus lente et pourrait être inappropriée⁹³. Il est établi que plusieurs biais, dont les suivants, ont une incidence sur la façon d'interpréter l'information et d'y prêter attention dans les environnements complexes.

- La tendance à l'anticipation 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 l'on doit prendre en compte de nouveaux renseignements qui arrivent sporadiquement de façon incomplète et parfois ambiguë⁹⁴.
- La tendance à s'en tenir au plan, qui est une forme de biais de confirmation, se décrit comme une [traduction] « une tendance profondément enracinée des gens à poursuivre leur plan d'action initial même quand les circonstances changent et requièrent l'adoption d'un nouveau plan⁹⁵ ». 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.

1.18.9 Automatisation du poste de pilotage

L'automatisation qui existe maintenant en aviation est l'une des ressources déterminantes de la prise de décisions importantes. Plus les pilotes utilisent les systèmes automatisés, plus ils s'y fient. La mesure dans laquelle une personne laisse un système automatisé exécuter et gérer des fonctions à sa place dépend de la confiance qu'elle a en ce système. Plus la confiance d'un exploitant en un système automatisé est grande, plus il relâchera sa surveillance⁹⁶. En conséquence, la confiance d'un pilote d'aéronef envers les systèmes automatisés embarqués détermine s'il va se fier au système ou l'ignorer⁹⁷.

Les systèmes de pilote automatique réduisent la charge de travail opérationnelle du pilote en libérant le PC des tâches routinières liées à la maîtrise de l'aéronef, ce qui alloue plus de temps et de ressources pour évaluer la situation opérationnelle globale. Selon le MUA d'Air Canada [traduction] :

⁹³ M.R. Endsley, « Situation awareness in aviation systems », dans : *Handbook of Aviation Human Factors*, deuxième édition (Boca Raton, FL : CRC Press, 2010) p. 12-1 à 12-22.

⁹⁴ Benjamin A. Berman et R. Key Dismukes, « Pressing the Approach », *Aviation Safety World* (décembre 2006), p. 31.

⁹⁵ *Ibid.*, p. 28.

⁹⁶ B.M. Muir et N. Moray, « Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation », *Ergonomics*, Vol. 39 (1996), p. 429-460.

⁹⁷ V. Riley, « A general model of mixed-initiative human-machine systems », *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Human Factors Society* (1989), p. 124-128.

En règle générale, l'automatisation devrait être sélectionnée aussitôt que possible après le décollage et, si les circonstances le permettent, elle devrait rester sélectionnée jusqu'à un stade avancé pendant l'approche.⁹⁸

Il est possible de se servir du système de pilote automatique de l'A320 durant la plupart des phases de vol, y compris l'atterrissage automatique réalisé par la mise en œuvre d'automatismes commandés par un dispositif que supervise l'équipage de conduite. L'atterrissage automatique peut mener l'aéronef à la zone de poser au terme d'une approche ILS/de précision sans sollicitation des commandes par l'équipage de conduite.

Le PC avait exécuté un atterrissage automatique sur la piste 23 à CYHZ 2 nuits avant l'accident. Dans l'événement à l'étude, l'aéronef effectuait une approche de non-précision pour laquelle l'atterrissage automatique n'était pas possible.

1.18.10 Visibilité signalée

La visibilité signalée au sol peut être différente de la visibilité en vol, laquelle peut changer à mesure qu'un aéronef réduit son altitude. Il arrive souvent que la visibilité fluctue énormément durant les périodes de visibilité réduite⁹⁹.

Les lectures RVR indiquent la « distance horizontale maximale [...], mesurée par un système automatisé d'évaluation de la distance visuelle d'atterrissage [...], pour laquelle la piste ou les feux ou balises spécifiés qui la délimitent sont visibles d'un point situé au-dessus de son axe, à une hauteur correspondant au niveau moyen des yeux des pilotes au point de poser. »¹⁰⁰

Comme indiqué ci-dessus, la piste 05 n'a pas de système RVR. Les lectures RVR pour la piste 23 n'ont pas été communiquées à l'équipage de conduite. En conséquence, l'équipage n'aurait pas été au courant des renseignements suivants. Au cours des 15 minutes qui ont précédé l'accident, les lectures RVR à mi-chemin de la piste 23 (RVR B) ont fluctué entre 1600 et 4000 pieds. Au cours de la période entre le moment où l'aéronef a franchi la MDA et celui où l'équipage de conduite a débrayé le pilote automatique, les lectures du RVR B fluctuaient entre 3500 et 4000 pieds. Ces valeurs RVR montrent la vitesse à laquelle la visibilité peut fluctuer durant les périodes de visibilité réduite.

⁹⁸ Air Canada, *Aircraft Operating Manual* (AOM), (1^{er} juillet 2013), section 1.04.00: Introduction, p. 2

⁹⁹ Transports Canada, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), Article 9.20.2 du chapitre RAC : Portée visuelle de piste; Utilisation opérationnelle de la RVR (15 octobre 2015).

¹⁰⁰ Transports Canada, *Circulaire d'information (CI) N° 100-001, Glossaire à l'intention des pilotes et du personnel des services de la circulation aérienne*, 5 juin 2016.

1.18.11 Spécifications d'exploitation – limites de visibilité

Une interdiction d'approche défend à l'équipage de conduite d'un aéronef exploitant un service aérien commercial de poursuivre une approche au-delà du FAF si la visibilité signalée est inférieure à la valeur limite durant l'approche.

Au Canada, avant 2006, on imposait l'interdiction d'approche, avec certaines exceptions, uniquement lorsque l'équipement de mesure RVR enregistrait des valeurs d'approche inférieures aux minimums de catégorie II (c'est-à-dire, aéronef RVR A 1200 pieds/RVR B 600 pieds).

Comme suite à plusieurs accidents survenus par visibilité réduite à la fin des années 1990, le BST a émis la recommandation A02-01 qui demandait à TC d'accélérer la mise en œuvre de la réglementation sur l'interdiction d'approche pour défendre aux pilotes d'exécuter des approches dans des conditions de visibilité insuffisante. En 2006, TC a appliqué de nouveaux règlements¹⁰¹ sur les approches aux instruments par mauvaise visibilité.

Ces règlements visent principalement les exploitants commerciaux. Les modifications introduisent une interdiction d'approche générale pour les exploitants commerciaux visant toutes les approches aux instruments (catégorie I de précision, procédures d'approche avec guidage vertical, et approches de non-précision) à une valeur de visibilité donnée qui est basée sur la visibilité publiée dans le *Canada Air Pilot* pour la procédure d'approche suivie. Cette interdiction générale entre en vigueur lorsque la RVR, la visibilité de piste signalée ou la visibilité au sol signalée sont inférieures à la valeur RVR ou au pourcentage de visibilité correspondant à environ 75 % de la visibilité publiée dans le *Canada Air Pilot* pour la procédure de vol suivie. Cette interdiction n'est pas conforme à la réglementation de sécurité internationale établie par l'OACI et les autorités de l'aviation civile partout dans le monde (comme la FAA et l'AESA). D'après cette réglementation, pour que l'on exécute une procédure d'approche aux instruments, la visibilité réelle ne doit pas être en deçà de celle spécifiée pour l'approche¹⁰².

Les exploitants assujettis aux sous-parties 703, 704 et 705 du RAC peuvent être autorisés à effectuer des approches aux instruments à 50 % des valeurs de visibilité publiées s'ils satisfont aux conditions stipulées et y sont autorisés par des spécifications d'exploitation. Air Canada avait la spécification d'exploitation en question. D'après son manuel de référence rapide, les approches LOC au Canada étaient autorisées dans les conditions suivantes :

- utilisation du pilote automatique et du directeur de vol jusqu'à l'altitude minimale de descente;

¹⁰¹ La Circulaire d'information (CI) 0237 (8 septembre 2006) de Transports Canada présente les modifications portant sur l'interdiction d'approche.

¹⁰² Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), annexe 6, *Exploitation technique des aéronefs*, chapitre 4 : Préparation et exécution des vols, Neuvième édition (juillet 2010).

- pilotage manuel par le commandant de bord pour une visibilité signalée inférieure à ½ sm (2600 pieds);
- présence d'un balisage lumineux d'approche (tout genre) et d'un balisage de piste de basse, moyenne et haute intensité pour une visibilité inférieure à RVR ¾ sm (4000 pieds);
- présence de vents traversiers en deçà des limites du MUA;
- alignement d'approche directe.

La visibilité publiée pour l'approche LOC à la piste 05 à CYHZ est de 1 sm. Par conséquent, selon les spécifications d'exploitation d'Air Canada, l'équipage de conduite pouvait exécuter une approche par visibilité signalée de ½ sm.

Depuis 2006 (année d'entrée en vigueur de l'interdiction d'approche générale et des spécifications d'exploitation), l'interdiction d'approche ou les spécifications d'exploitation n'ont pas été retenues comme facteurs causals ou contributifs d'un événement dans les enquêtes du BST.

1.18.11.1 Différences entre approches

Pour déterminer la visibilité publiée, les règlements de l'AESA et de la FAA sur les minimums d'approche tiennent compte du type de balisage lumineux d'approche (ALS) installé sur la piste¹⁰³. La visibilité publiée sur les cartes d'approche est la visibilité minimale requise pour exécuter une approche.

Aux États-Unis, l'exécution d'une approche d'une piste munie d'un dispositif ODALS (qui est considéré comme un ALS élémentaire) exige une visibilité minimale de ¾ sm (RVR 4000 pieds)¹⁰⁴. Pour exécuter une approche avec une visibilité signalée de ½ sm (RVR 2400 pieds), la piste devrait être munie d'un ALS qui comprend des feux de moyenne ou de haute intensité ou des feux à éclats sur une distance supérieure à 2400 pieds.

Au Canada, pour une approche de non-précision, la visibilité minimale pour exécuter une approche assujettie aux spécifications d'exploitation ne tient pas compte du type d'ALS installé sur une piste (annexe D).

D'après le document TP308, *Critères de construction des procédures aux instruments* de TC, toute approche LOC de non-précision au Canada exige une altitude minimale de 250 pieds AGL et la visibilité minimale publiée de 1 sm (RVR 5000 pieds).¹⁰⁵

¹⁰³ Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), *Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Part-CAT*, AMC3 CAT.OP.MPA.110 Aerodrome operating minima and AMC5 CAT.OP.MPA.110 Aerodrome operating minima (25 octobre 2012).

¹⁰⁴ *United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPS)*, (numéro 82360.3B valide au moment de l'accident), Chapter 3: Takeoff and Landing Minimums.

¹⁰⁵ Transports Canada, TP308, *Critères de construction des procédures aux instruments*, changement 6.0 (17 octobre 2013), vol. 1, chapitre 3, section 7-370 : Minimums de décollage, pp. 3-11-3-12.

Dans le cas d'une descente standard à 3°, un aéronef atteindrait l'altitude de 250 pieds AGL à environ 3800 pieds du seuil de piste. Si la piste est munie d'un dispositif ODALS, l'aéronef se trouverait alors à environ 2300 pieds du premier feu du dispositif ODALS.

Dans le cas de l'approche LOC publiée pour la piste 05 à CYHZ, un aéronef atteindrait la MDA publiée (277 pieds AGL) à environ 4200 pieds du seuil de piste, ou à environ 2700 pieds du premier feu du dispositif ODALS.

1.18.12 *Système d'atterrissage de la piste 05*

La Halifax International Airport Authority (HIAA) n'a reçu aucune demande d'évaluation des risques de la part de ses intervenants (NAV CANADA, transporteurs aériens et pilotes), et elle n'a reçu aucune information selon laquelle le système d'atterrissage en place compromettrait la sécurité de la piste. À titre de propriétaire et d'exploitant, il incombe à NAV CANADA d'évaluer le risque de tous les types de systèmes d'atterrissage installés sur les pistes.

En 1998, NAV CANADA a réalisé une analyse de faisabilité de l'installation d'un ILS pour la piste 05 à CYHZ. Selon les résultats de l'analyse, l'installation d'un radiophare d'alignement de piste et d'un radiophare d'alignement de descente aurait été très coûteuse et aurait eu une faible incidence sur l'amélioration de l'accessibilité de l'aéroport (moins de 0,75 %). En janvier 1999, ces résultats ont été présentés au Comité consultatif national du système de la navigation aérienne (CCNSNA), lequel a suggéré que l'installation d'un ILS pouvait se faire selon le principe du recouvrement des coûts. Or, ce projet a avorté, car les clients n'ont pas accordé leur autorisation de procéder selon ce principe.

NAV CANADA a indiqué que le risque est géré à un niveau acceptable pour tout type d'approche en fonction de critères tels que :

- la conception, l'installation et la maintenance de tous les systèmes de navigation sous-jacents;
- l'utilisation de critères approuvés pour élaborer et gérer des procédures; et
- les systèmes d'aéronef et d'équipage connexes autorisés à utiliser l'approche.

NAV CANADA déclare qu'elle fonde sa décision d'évaluer le type de système d'atterrissage d'une piste sur l'efficacité de l'exploitation technique d'aéronefs relativement à l'accessibilité et à la capacité d'utilisation d'un aéroport.

Quoique le nombre de mouvements d'aéronefs sur la piste 05 ait progressivement augmenté de mars 2014 à mars 2015, et qu'il s'agissait de la piste la plus fréquemment utilisée durant les périodes de neige en 2014¹⁰⁶, NAV CANADA ne considérait pas ces facteurs comme des

¹⁰⁶ Analyse opérationnelle de NAV CANADA. « HIAA Traffic and Weather Analysis 12-Months Ended March 31 2014 and 2015 » (mai 2015).

changements d'accessibilité justifiant la révision du type de système d'atterrissage installé sur cette piste.

NAV CANADA organise des forums clients pour discuter des enjeux que soulèvent les pilotes et autres intervenants. Ces forums comprennent des réunions du Comité consultatif sur l'exploitation du transport aérien (CCETA) et du CCNSNA (niveau national) et des réunions de consultation pour l'exploitation régionale. Toutes ces réunions se tiennent 2 fois par année.

Outre ces séances de consultation, 8 autres groupes de travail, qui se réunissent chaque mois, font rapport par l'intermédiaire d'un processus collaboratif de discussion et de communication. Également, le Centre de service à la clientèle de NAV CANADA offre aux clients un guichet unique pour exprimer leurs préoccupations ou obtenir des réponses à leurs questions. D'après NAV CANADA, de 1998 à la date de l'événement à l'étude, aucune demande officielle d'installation d'un ILS sur la piste 05 à CYHZ n'a été faite par le truchement d'une des tribunes ci-dessus.

1.18.13 *Alimentation en électricité de l'aéroport*

Presque immédiatement après la panne de courant, les 2 génératrices de secours de l'aéroport ont démarré et ont atteint leur tension et leur fréquence nominales. Une anomalie de retour de puissance de l'un des régulateurs de tension a interrompu la production d'électricité de l'une des génératrices. Par la suite, l'autre génératrice a eu un problème de surcharge. Environ 10 minutes plus tard, cette génératrice s'est éteinte d'urgence qui a privé l'aérogare de courant électrique.

L'aérogare a été privée d'électricité pendant environ 1 heure. Durant cette période, les relais radioélectriques des activités aéroportuaires (interconnectés par un commutateur réseau) et le système téléphonique terrestre étaient hors d'usage. Quoique les relais étaient connectés à des systèmes d'alimentation sans coupure pour assurer une alimentation de secours en cas d'urgence, le commutateur réseau ne l'était pas. Par conséquent, le réseau radio complet était inutilisable durant la panne de courant. Sur les lieux de l'accident, le personnel d'intervention d'urgence de la HIAA a dû communiquer au moyen de son canal radio unidirectionnel. Vers 1 h 40, le personnel de la HIAA a redémarré l'une des génératrices qui a fourni une alimentation d'urgence jusqu'au rétablissement de l'alimentation secteur à 1 h 48.

Environ 1 mois avant l'accident, un technicien certifié par le fabricant d'équipement d'origine avait effectué des travaux sur l'une des génératrices. Par la suite, on avait testé les 2 génératrices. Il s'est avéré que ces génératrices pouvaient réguler la tension en tant qu'appareils autonomes. Toutefois, la synchronisation des 2 génératrices et leur raccordement au circuit de charge de l'aérogare n'ont pas été testés. Après l'accident, en vérifiant le circuit de contrôle, on s'est aperçu que le câblage n'était pas conforme aux spécifications du fabricant. On a déterminé qu'une anomalie dans le circuit de contrôle des

génératrices de secours avait interrompu la production d'électricité des 2 génératrices de secours.

Le balisage de piste est secondé par une génératrice pour aérodrome de 500 kilowatts capable d'assurer toutes les charges électriques de l'aérodrome. La génératrice agit comme principale source d'alimentation pour l'exploitation de catégorie II et comme génératrice de secours en cas de panne secteur durant l'exploitation de catégorie I.

Au moment de l'accident, l'aéroport ne menait pas d'exploitation de catégorie II, donc la génératrice pour aérodrome était en mode d'attente. Il a fallu environ 12 secondes avant que la génératrice pour aérodrome et ses circuits connexes détectent la panne secteur, se mettent marche, et alimentent le balisage d'aérodrome et les aides à la navigation. Ce délai est conforme à la réglementation en vigueur¹⁰⁷. Le radiophare d'alignement de la piste 05 n'a jamais cessé de fonctionner étant donné qu'il était connecté à un système d'alimentation sans coupure à batteries.

1.18.14 *Plan de mesures d'urgence*

L'article 302.203 du RAC énonce les éléments minimums que doit indiquer le plan d'urgence d'un exploitant d'aéroport, notamment : les urgences potentielles, les organismes à l'aéroport et les organismes communautaires en mesure de prêter assistance, toutes autres ressources qui sont disponibles à l'aéroport et dans les collectivités avoisinantes et qui pourront servir au cours d'opérations d'intervention d'urgence, les mesures à prendre pour faire face aux mauvaises conditions climatiques et à l'obscurité, et la marche à suivre pour assister les personnes qui ont été évacuées¹⁰⁸.

Le plan de mesures d'urgence (PMU) de la HIAA identifiait des organismes et leurs responsabilités; un concept d'interventions d'urgence; des mesures de protection du personnel, des installations et du matériel; la préparation aux situations d'urgence. Bien que le PMU établisse des procédures pour les urgences potentielles à l'aéroport, il est impossible de concevoir des procédures pour chaque situation; ainsi, on peut adapter le PMU en fonction d'une urgence particulière. La HIAA mène régulièrement des exercices de préparation aux situations d'urgence, y compris un exercice semestriel de télécommunications, une étude et une simulation sur maquette annuelles sur diverses mises en situation d'urgence d'aéroport, ainsi qu'un exercice complet (au moins une fois tous les 2 ans).

¹⁰⁷ Transports Canada, TP 312, *Aérodromes – Normes et pratiques recommandées*, 4^e édition, Tableau 8-1 (mars 1993).

¹⁰⁸ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), article 302.203, <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-96-433/page-27.html> (dernière consultation le 4 mars 2017).

D'après le manuel de planification des mesures d'urgence aux aéroports de l'OACI¹⁰⁹, il faut dresser une liste de tous les véhicules de transport disponibles à l'aéroport, comme les fourgonnettes et autobus, et les inclure dans le PMU de l'aéroport, notamment pour transporter les passagers indemnes à une zone d'attente désignée. Toujours selon ce manuel de l'OACI, l'administration aéroportuaire, l'exploitant de l'aéronef ou toute autre agence désignée d'avance, peut s'occuper du transport des personnes indemnes depuis les lieux de l'accident à une zone d'attente désignée.

Le RAC ne précise pas qui doit assurer le transport à partir des lieux d'un accident à l'aéroport, à un centre d'assistance d'urgence. Au Canada, cette responsabilité incombe à l'administration aéroportuaire ou aux compagnies aériennes, selon les aéroports.

D'après le PMU d'Air Canada pour CYHZ, c'est la compagnie aérienne qui était responsable du transport de passagers depuis les lieux d'un accident, cela pouvant être effectué en coordination avec l'administration aéroportuaire. Le PMU de la HIAA indiquait également que les compagnies aériennes sont responsables du transport de passagers à partir des lieux d'un accident.

Le PMU d'Air Canada n'indiquait pas que les navettes Park'N Fly de l'aéroport étaient des véhicules de transport. Le PMU de la HIAA n'indiquait pas que ces navettes pouvaient servir à transporter les passagers indemnes, et n'indiquait ni quand ni comment demander et dépêcher tout véhicule de transport disponible à l'aéroport. Pourtant, durant ses exercices de préparation aux situations d'urgence, la HIAA considérait habituellement l'utilisation des navettes Park'N Fly de l'aéroport à cette fin.

1.18.15 Déplacement des passagers

La HIAA a indiqué qu'elle devait attendre que les SIU aient déclaré les lieux sûrs et que tous les passagers aient été évacués de l'aéronef avant de dépêcher des véhicules autres que des véhicules d'urgence, comme les navettes Park'N Fly de l'aéroport.

Vers 0 h 43, après une communication des pompiers SIU sur les lieux de l'accident, le directeur de service a communiqué avec le superviseur de la sécurité de l'aéroport pour demander que soient dépêchées 4 navettes Park'N Fly de l'aéroport au lieu de l'accident¹¹⁰. Au moment de l'événement, 1 navette était en service, 3 autres étaient garées au stationnement Park'N Fly, et aucune autopatrouille de l'aéroport n'était en service. Comme le réseau radio des opérations au sol de l'aéroport était inutilisable, le superviseur de la sécurité ne pouvait communiquer avec tout le personnel à la fois et a dû faire des appels téléphoniques individuels.

¹⁰⁹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 9137, AN/898, *Manuel des services d'aéroport* 7^e Partie : Planification des mesures d'urgence aux aéroports, Deuxième édition, 1991.

¹¹⁰ L'administration aéroportuaire est propriétaire de 4 navettes Park'N Fly. Chacune peut transporter 18 passagers.

Le personnel de l'aéroport a dû faire plusieurs appels par téléphone cellulaire pour dépêcher les 4 navettes Park'N Fly et les autopatrouilles. La navette Park'N Fly en service a reçu l'ordre de se rendre à la barrière sud. On a ordonné au personnel de sécurité de mobiliser 2 autopatrouilles et les 3 navettes Park'N Fly garées. Une fois mobilisés, ces véhicules ont également été dirigés à la barrière sud.

La première autopatrouille de l'aéroport est arrivée à la barrière vers 1 h. Étant donné la panne de courant, on a dû ouvrir la barrière manuellement. Environ 2 minutes plus tard, l'autopatrouille a escorté une voiture de police jusqu'au lieu de l'accident.

Juste après 1 h 5, la deuxième autopatrouille est arrivée à la barrière et a escorté 2 des navettes Park'N Fly ainsi que plusieurs ambulances et voitures de police. Les véhicules ont formé un convoi et, comme les lieux de l'accident n'étaient pas clairement identifiés, ils se sont d'abord rendus à l'aire de trafic sud. Une fois l'emplacement de l'accident clarifié, le convoi a été redirigé et est arrivé sur les lieux vers 1 h 20. Les conditions de conduite à l'aéroport étaient difficiles en raison de l'accumulation de neige et de la poudrerie élevée nuisant à la visibilité.

1.18.16 Étude de sécurité portant sur l'évacuation des gros avions de passagers

En 1995, le BST a publié son *Étude de sécurité portant sur l'évacuation des gros avions de passagers*¹¹¹. Cette étude analyse 21 événements où il y a eu évacuation d'urgence d'un aéronef. Dans 8 de ces 21 événements, le système de sonorisation de l'aéronef était inutilisable ou inaudible après l'accident. Par conséquent, le personnel de cabine ou les passagers n'ont pas entendu l'ordre initial d'évacuation ou d'autres instructions d'urgence. Par conséquent, ces évacuations ont été retardées, exposant les passagers et membres d'équipage au risque.

1.18.17 Accident antérieur avec transperçement du plancher par le cadre 65

En janvier 2009, le vol 1549 d'US Airways, un Airbus A320-214 (N106US), a subi une perte quasi-totale de poussée de ses 2 moteurs lorsqu'il a traversé une volée d'oiseaux. L'Airbus a dû amerrir sur la rivière Hudson, à environ 8,5 milles de l'aéroport LaGuardia de New York (État de New York).

Le NTSB a déterminé que, durant l'impact avec le plan d'eau, la poutre verticale du cadre 65 a transpercé le plancher de la cabine à côté du siège de service arrière faisant face à l'avant, blessant l'agent de bord qui occupait ce siège¹¹².

¹¹¹ Bureau de la sécurité des transports (BST), Rapport numéro SA9501, *Étude de sécurité portant sur l'évacuation des gros avions de passagers*, https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/opssvs/aerien-bst-1995-sa9501-sa9501_e-649.htm (dernière consultation le 4 mars 2017).

¹¹² National Transportation Safety Board (NTSB), rapport d'accident AAR-10-03.

Le NTSB a formulé la recommandation suivante (Recommandation de sécurité A-10-092) à l'AESA concernant l'installation de la poutre verticale du cadre 65 [traduction] :

Exiger qu'Airbus repense la poutre verticale du cadre 65 à bord des avions des séries A318, A319, A320 et A321 de manière à réduire la probabilité qu'elle pénètre dans la cabine durant un amerrissage ou un atterrissage train rentré, et que les exploitants d'avions Airbus incorporent ces modifications dans leurs avions.

En réponse à cette recommandation, Airbus a notamment mis en application une nouvelle conception de la structure de plancher et le remplacement de la poutre verticale monobloc originale du cadre 65 par une nouvelle poutre avec un point de rupture prédéterminé. En octobre 2014, l'AESA a approuvé cette modification pour les avions de production des séries A318, A319, A320 et A321. En décembre 2014, Airbus a incorporé cette modification dans ses avions de production (MSN 6408 et suivants).

Pour ce qui est des modifications des avions en service, Airbus a émis le bulletin de service (SB) A320-53-1262, le 21 octobre 2015.

Le 25 octobre 2016, l'AESA a émis la consigne de navigabilité 2016-0212, ATA 53 – Fuselage – Central Vertical Strut at Frame 65 – Modification. Cette consigne de navigabilité, entrée en vigueur le 8 novembre 2016, exige que la structure du fuselage au niveau cadre 65 soit modifiée conformément aux instructions du SB A320-53-1262 Revision 01 d'Airbus, du SB A320-53-1333 ou du SB A320-53-1334 (selon le cas et la configuration de l'avion) dans un délai de 72 mois à compter de cette date.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou indiquées

Sans objet.

2.0 Analyse

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

Afin de comprendre pourquoi l'accident s'est produit, cette analyse portera surtout sur les événements, les conditions et les facteurs sous-jacents qui ont causé l'accident ou y ont contribué. Elle comprendra un examen des approches, de la formation et de la prise de décisions par les pilotes. En outre, elle se penchera sur les questions liées à l'évacuation et aux possibilités de survie, de même que sur les troubles médicaux qui peuvent influencer sur la sécurité aérienne.

2.1 Limites de visibilité à l'approche

Au Canada, la visibilité minimale qui est autorisée par les spécifications d'exploitation (OPS Spec) pour les approches de non-précision ne tient pas compte du type de balisage lumineux d'approche (ALS) installé sur la piste. À l'opposé, les règlements de l'Agence européenne de la sécurité aérienne et de la Federal Aviation Agency tiennent compte du type d'ALS installé sur une piste pour déterminer la visibilité minimale pour les approches.

D'après les OPS Spec, un aéronef peut exécuter une approche de non-précision d'une piste pour laquelle la visibilité minimale publiée est de 1 mille terrestre (sm), même si la visibilité signalée est de ½ sm. C'est ainsi qu'il serait possible au Canada d'exécuter une telle approche avec 1500 pieds de balisage lumineux d'approche (assuré par un balisage lumineux d'approche omnidirectionnel [ODALS]). À titre comparatif, aux États-Unis, la même approche exigerait 900 pieds additionnels de balisage lumineux d'approche. (L'exigence est de 2400 pieds de balisage lumineux d'approche lorsque la visibilité est de ½ sm.) Ce balisage additionnel fournirait à l'équipage de conduite plus d'indices visuels, et ces indices se trouveraient plus proches du point d'altitude minimale de descente (MDA).

Une visibilité réduite peut estomper les repères visuels et réduire le temps à la disposition de l'équipage de conduite pour les détecter. Comme les OPS Spec visent à permettre aux équipages de conduite d'exécuter une approche par visibilité réduite, un type d'ALS qui offre plus d'indices visuels sur une distance plus longue aiderait l'équipage de conduite à déterminer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de sa position.

Si l'exigence sur la visibilité minimale requise pour exécuter une approche ne tient pas compte du type d'ALS installé sur la piste, les équipages de conduite, dans des conditions de visibilité réduite, risquent de se fier à un balisage inadéquat pour évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de sa position afin de poursuivre l'approche jusqu'à l'atterrissage.

2.2 *Formation d'Air Canada sur l'angle de trajectoire de vol*

La technique d'approche stabilisée avec angle de descente constant (SCDA) requiert le maintien d'un angle de descente constant afin que l'aéronef franchisse le seuil de piste à la bonne hauteur. Cet angle correspond à l'angle de descente verticale publié qui définit un profil de vol selon lequel l'aéronef franchira le seuil de piste à environ 50 pieds au-dessus du niveau du sol (AGL) pour ainsi atterrir dans la zone de poser.

Une façon dont un pilote peut vérifier que l'aéronef est sur un profil de vol compatible avec l'angle de descente verticale est de surveiller l'altitude de l'aéronef et la distance qui le sépare du seuil. Depuis 2014, NAV CANADA et Jeppesen ont tous deux inclus un tableau de distance et d'altitude dans des cartes sélectionnées.

À Air Canada, les équipages de conduite n'avaient pas à surveiller l'altitude de l'aéronef et sa distance du seuil de piste ni à ajuster le FPA une fois que l'aéronef avait franchi le repère d'approche finale (FAF). Cette pratique était conforme à la procédure d'utilisation normalisée (SOP) et à la procédure traditionnelle de la compagnie en situation de vol en mode de guidage par angle de trajectoire de vol. Par contre, cette pratique n'était pas conforme à celle des manuels d'utilisation destinés à l'équipage de conduite d'Air Canada et d'Airbus.

TC a examiné et approuvé le MUA et les SOP d'Air Canada. Toutefois, il n'avait pas relevé la divergence entre les SOP d'Air Canada et le manuel d'utilisation destiné à l'équipage de conduite d'Airbus sur la nécessité de surveiller la trajectoire de vol verticale de l'aéronef au-delà du repère d'approche finale en mode de guidage FPA.

Les équipages de conduite sélectionnent un FPA qui correspond à l'angle de descente verticale publié, et le pilote automatique de l'aéronef maintient le FPA sélectionné. Or, en mode de guidage FPA, l'aéronef est sensible aux perturbations qui peuvent modifier le profil de vol si elles ne sont pas compensées par des corrections manuelles du FPA. S'il y a présence de perturbations durant une approche et qu'ils suivent les pratiques d'Air Canada, les équipages de conduite pourraient alors ne pas se rendre compte de l'effet de ces perturbations sur la trajectoire de vol sélectionnée.

Si la trajectoire réelle du vol s'écarte de la trajectoire de vol sélectionnée définie par l'angle de descente verticale publié, il se peut que les équipages de conduite doivent ajuster le profil de vol pour continuer en toute sécurité le segment visuel de l'approche jusqu'au poser. Durant une approche stabilisée, ces ajustements pourraient être mineurs et de moindre magnitude au point tel qu'ils n'entraînent pas d'écart par rapport aux critères d'approche stabilisée.

2.3 *Approche*

Pendant le vol à l'étude, conformément à la procédure d'Air Canada, une fois que le FPA a été sélectionné et que l'aéronef a commencé à descendre, l'équipage de conduite n'a pas surveillé l'altitude ni la distance du seuil de piste, et n'a fait aucun ajustement du FPA.

L'approche était considérée comme stabilisée et conforme à la formation donnée par Air Canada. L'équipage de conduite n'a pas remarqué que l'aéronef était passé sous le profil de vol de l'angle de descente verticale prévu et qu'il s'en écartait, et n'était pas conscient que l'aéronef avait franchi l'altitude de descente minimale plus loin du seuil de piste.

2.4 *Visibilité*

2.4.1 *Indices visuels*

Même par temps dégagé, il peut être difficile d'établir la position d'un aéronef par rapport à la trajectoire de vol verticale durant un atterrissage la nuit, surtout lorsque la trajectoire d'approche à la piste comporte peu d'éclairage artificiel.

Durant l'événement à l'étude, les indices visuels qu'aurait pu apercevoir l'équipage de conduite comprenaient le dispositif ODALS, les feux de piste et les indicateurs de trajectoire d'approche de précision. La visibilité réduite aurait diminué la capacité de l'équipage de conduite d'utiliser ces indices, soit en les estompant ou en réduisant le temps qu'ils étaient visibles. La poudrierie élevée a probablement empiré la situation en estompant momentanément ou continuellement une partie ou l'ensemble des indices visuels.

2.4.2 *Estimations de visibilité*

L'équipage de conduite s'entendait pour dire que le réglage des feux d'approche et de piste à leur intensité maximale faciliterait la détection et le maintien des indices visuels nécessaires pour atterrir en toute sécurité. Il a demandé le réglage 5 des feux de piste pour atterrir, et le contrôleur de la tour a confirmé ce réglage. Or, le réglage des feux d'approche et de piste n'a pas été modifié pour passer de 4 à 5; par conséquent, ces feux ne brillaient pas à leur intensité maximale durant l'approche.

La visibilité réduite, empirée par la poudrierie élevée et le manque d'éclairage artificiel sur la trajectoire de vol, aurait compliqué la tâche de l'équipage de conduite d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de sa position. L'équipage de conduite s'attendait à ce que les feux de piste soient à leur intensité maximale. Toutefois, l'intensité réduite des feux aurait créé l'illusion que l'aéronef était plus éloigné du seuil de piste qu'il ne l'était en réalité. Cette illusion aurait pu donner l'impression à l'équipage qu'il avait plus de temps pour évaluer la position de l'aéronef par rapport à la piste.

Lorsque le pilote surveillant a annoncé « Feux seulement », l'aéronef se trouvait à environ 1,0 nm du seuil de piste et à environ 0,35 nm (moins de ½ sm) de l'unique installation éclairée sur la trajectoire d'approche.

Durant l'approche, les dispositifs ODALS étaient réglés à l'intensité moyenne, et les feux de piste étaient au réglage 4. On peut estimer les indices visuels que l'équipage de conduite aurait pu apercevoir à la MDA, à partir de la visibilité au sol signalée de ½ sm, et des visibilités théoriques fournies par TC.

En fonction de la visibilité signalée de ½ sm, l'équipage de conduite aurait peut-être aperçu les indices visuels suivants :

- à la MDA calculée : l'installation éclairée sur la trajectoire d'approche;
- à environ 3700 pieds du seuil de piste, lorsque les pilotes se demandaient si l'un et l'autre avaient aperçu les feux : les 2 premiers dispositifs ODALS; et
- à environ 2000 pieds du seuil de piste, lorsque l'équipage a débrayé le pilote automatique : tous les dispositifs ODALS et les 3 premières paires de feux de bord de piste.

À partir des données théoriques fournies par TC, l'équipage de conduite aurait peut-être aperçu les indices visuels suivants :

- au point MDA calculé : les 3 premiers dispositifs ODALS;
- à environ 3700 pieds du seuil de piste, lorsque les pilotes se demandaient si l'un et l'autre avaient aperçu les feux : tous les dispositifs ODALS et environ 10 paires de feux de bord de piste; et
- à environ 2000 pieds du seuil de piste, lorsque l'équipage a débrayé le pilote automatique : tous les dispositifs ODALS et environ 19 paires de feux de bord de piste.

À partir des données théoriques fournies par TC à la MDA calculée, avec les feux de piste et les dispositifs ODALS réglés à leur intensité maximale, l'équipage de conduite aurait peut-être aperçu tous les dispositifs ODALS et au moins les 3 premières paires de feux de bord de piste.

Au cours des 15 minutes qui ont précédé l'accident, les valeurs de portée visuelle de piste de la piste 23 ont fluctué au-dessus et en dessous de la dernière valeur signalée de visibilité au sol. Puisque la visibilité au sol peut ne pas correspondre à la visibilité en vol, il est impossible de déterminer la visibilité réelle qu'avait l'équipage de conduite à quelque moment durant l'approche.

2.5 *Décision de poursuivre l'approche*

Afin de comprendre pourquoi les pilotes n'ont pas envisagé une remise des gaz, il est important de considérer qu'ils interprétaient les indices visuels qu'ils apercevaient dans le contexte donné.

Les 2 pilotes avaient aperçu des lumières au sol entre le repère d'approche finale et la MDA, ce qui a probablement renforcé leurs attentes selon lesquelles ils allaient apercevoir les références visuelles requises à la MDA et pouvoir effectuer un atterrissage réussi. Alors que l'aéronef atteignait la MDA calculée, les 2 pilotes ont aperçu des feux d'approche. Ces indices satisfont aux critères sur les références visuelles du manuel d'exploitation de vol d'Air Canada, du *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada*, et des pages de généralités du *Canada Air Pilot*.

Ayant aperçu une partie du système ALS à la MDA, l'équipage de conduite a décidé de poursuivre l'approche.

À mesure qu'un aéronef s'approche d'une piste, on s'attend à ce que les indices visuels associés à l'environnement de piste deviennent de plus en plus visibles, en particulier le nombre de feux et leur intensité. Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite aurait eu du mal à apercevoir et à maintenir les indices visuels du fait que l'aéronef a atteint la MDA à 0,3 nm avant la distance publiée, que la visibilité était réduite et qu'il volait en condition de poudrière élevée.

À la MDA, l'équipage de conduite était occupé par la nécessité d'évaluer la position de l'aéronef et le taux de changement de cette position. Pour ce faire, l'équipage de conduite s'appuyait sur les feux d'approche et de piste. L'utilisation du système de pilote automatique de l'aéronef alloue plus de temps et de ressources pour évaluer la situation opérationnelle globale.

Compte tenu des conditions difficiles pour acquérir et maintenir les indices visuels, il est probable que l'équipage de conduite a retardé le débrayage du pilote automatique au-delà de l'altitude minimale de descente en raison du fait qu'il se fiait au système du pilote automatique.

Les équipages de conduite peuvent avoir tendance à s'en tenir au plan; sans élément déclencheur important, ils poursuivent le plan initial (c'est-à-dire, exécuter l'atterrissage). Dans l'événement à l'étude, aucun facteur particulièrement saillant n'a incité l'équipage de conduite à réviser son plan d'action initial. Par conséquent, la reconnaissance par l'équipage de conduite que l'aéronef volait trop bas à ce stade de l'approche aurait été retardée en raison de la tendance à s'en tenir au plan.

Les estimations de visibilité indiquent que l'équipage de conduite pouvait peut-être apercevoir en partie le balisage de la piste à l'approche. Pour détecter toute modification de la position de l'aéronef par rapport à la piste, l'équipage de conduite aurait utilisé des indices tels que le rapport longueur/largeur entre les feux de bord de piste et de seuil de piste, la perspective linéaire des feux de piste et l'espacement entre chacun des feux de bord de piste. Or, ces indices auraient tardé à se manifester pendant l'approche, et l'équipage de conduite n'aurait pas eu beaucoup de temps pour les déchiffrer et y réagir. De plus, la pente ascendante de la piste a peut-être empiré la situation.

L'équipage de conduite a fini par s'apercevoir que l'environnement de piste ne se présentait pas comme prévu avant d'amorcer une remise des gaz, mais il a réagi trop tard durant l'approche pour éviter la collision avec le relief.

Le nombre limité d'indices visuels et le peu de temps qu'a eu l'équipage de conduite pour les apercevoir, combinés avec les illusions visuelles potentielles et l'intensité réduite des feux d'approche et de piste, ont diminué l'aptitude de l'équipage de conduite s'apercevoir que l'aéronef allait se poser avant d'atteindre la piste.

Malgré l'amorce d'une remise des gaz, l'aéronef a percuté le relief environ 740 pieds avant le seuil de piste, a rebondi à 2 reprises, puis a glissé sur la piste avant de s'immobiliser à environ 1900 pieds au-delà du seuil de piste.

2.6 *Porte de cabine*

Après que l'aéronef eut été immobilisé, on a ouvert la porte L1 et bloquée en position ouverte. Toutefois, il a été signalé que la porte a commencé à se refermer durant l'évacuation. Pour débloquer la porte de sa position ouverte, il aurait fallu appuyer sur le bouton-poussoir pour désactiver son mécanisme de blocage. Si l'on tient compte de l'orientation de l'aéronef et de la direction des vents, une fois la porte débloquée, elle aurait été portée à se refermer. Ainsi, il est probable qu'un passager, dans sa hâte d'évacuer l'aéronef, ait appuyé sur le bouton-poussoir et désactivé le mécanisme de blocage de la porte L1, permettant à celle-ci de bouger librement.

2.7 *Plancher de la cabine*

Lorsque la partie arrière du fuselage de l'aéronef a percuté le sol couvert de neige, l'impact a forcé le plancher de la soute vers le haut. C'est ainsi que les montants des filets de porte de la soute à vrac et la poutre verticale du cadre 65 (FR65) ont été forcés vers le haut. Ni la poutre verticale du cadre 65 ni les montants n'étaient conçus pour absorber des forces longitudinales. Comme ces composants sont demeurés rigides au lieu de se rompre, ils ont perforé le plancher de la cabine. Même si personne n'a été blessé, les trous dans le plancher de la cabine auraient pu entraver l'évacuation, car les passagers auraient pu trébucher sur le matériau du plancher soulevé.

Airbus a mis en application une nouvelle conception de la poutre verticale du cadre 65 qui comprend désormais un point de rupture prédéterminé. Toutefois, la conception du montant n'a pas changé; par conséquent, un risque persiste que ces montants transpercent le plancher de la cabine en cas d'impact du fuselage contre un plan d'eau ou le relief. Toute poutre verticale non structurale (longeron, tuyau, etc.) installée entre le plancher et le plafond de la soute présente un risque semblable.

Si les poutres non structurales (longerons, tuyaux, etc.) dans les soutes n'incorporent pas un moyen d'absorber les forces le long de leur axe longitudinal, ces poutres pourraient transpercer le plancher de la cabine si le fuselage percute un plan d'eau ou le relief, augmentant le risque de blessure des occupants de l'aéronef ou d'entrave à l'évacuation d'urgence.

2.8 *Sièges passagers*

Les goupilles de cisaillement des sièges passagers sont conçues pour se rompre en cas de choc contre l'arrière du dossier ou sous une charge d'inertie de 20 g. On n'a relevé aucun dommage caractéristique d'une charge d'inertie de 20 g.

Durant l'impact, certains passagers ont percuté le dossier du siège devant eux et d'autres l'ont agrippé en adoptant la position de protection. Il est probable que certains passagers aient heurté des dossiers de siège durant l'évacuation d'urgence en se hâtant de sortir de l'aéronef.

Ce contact avec les passagers a probablement causé une rupture des goupilles de cisaillement, ce qui a entraîné le détachement des dossiers des sièges.

2.9 *Ceintures-baudriers de l'équipage de conduite*

2.9.1 *Commandant de bord*

Alors que le commandant de bord portait son système de retenue, sa tête a percuté l'écran anti-éblouissement. Durant l'impact, il aurait été exposé à des forces d'accélération intermittentes lorsque l'aéronef a percuté le relief à 2 reprises et a glissé sur la piste. Ces forces intermittentes auraient provoqué le verrouillage et le déverrouillage répétés de la ceinture-baudrier. Par conséquent, le commandant de bord aurait été projeté de part et d'autre. À un moment donné durant l'impact, la tête du commandant de bord a percuté l'écran anti-éblouissement, car les forces d'accélération étaient insuffisantes pour verrouiller la ceinture-baudrier et restreindre le mouvement de son torse.

2.9.2 *Premier officier*

La sangle droite du baudrier du premier officier (P/O) était endommagée; le dispositif de verrouillage automatique de l'enrouleur à inertie était hors service. Sans ce dispositif, la ceinture-baudrier permettait un mouvement libre dans toutes les conditions.

De plus, le dispositif de verrouillage de la sangle droite étant hors service, une application soudaine d'une force d'accélération aurait fait que seul le côté gauche du haut du corps du P/O aurait été retenu, expliquant sa torsion vers la gauche. L'emplacement de la bosse dans l'écran anti-éblouissement et le type de blessure à la tête qu'a subie le P/O correspondaient à une torsion du haut du corps vers la gauche durant le déplacement avant; le côté droit de sa tête a percuté l'écran anti-éblouissement durant l'impact. Le premier officier a été blessé à la tête et a subi une blessure grave à l'œil droit suite à l'impact avec l'écran anti-éblouissement, parce que le dispositif de verrouillage automatique de l'enrouleur à inertie droit de la ceinture-baudrier était hors service.

Le système de retenue de l'équipage de conduite est conçu pour retenir l'occupant dans son siège. Le but de la ceinture-baudrier est d'empêcher qu'un occupant soit projeté vers l'avant et de réduire les risques de blessure ou de mort. Si la ceinture-baudrier est hors service et ne se verrouille pas durant une accélération soudaine, l'occupant du siège est exposé à un risque beaucoup plus grand de blessure ou de mort durant un accident. Un essai de traction effectué correctement confirme l'état de navigabilité de la ceinture-baudrier et sa capacité de rétention de l'occupant dans son siège durant un accident.

Alors que des intervalles et des critères d'inspection pour déterminer l'état de navigabilité des ceintures-baudriers étaient inscrits dans le manuel d'entretien du système de retenue, la fiche de tâches de maintenance d'Airbus n'indiquait pas ces renseignements, et par conséquent, celle d'Air Canada non plus.

Étant donné l'importance vitale pour la sécurité d'avoir une ceinture-baudrier en état de navigabilité, et l'absence d'instructions publiées, Air Canada a mis au point une méthode type pour vérifier que l'enrouleur à inertie d'une ceinture-baudrier se verrouille lorsqu'on y applique une accélération vers l'avant.

Les dommages constatés à la ceinture-baudrier du P/O correspondaient à la réalisation d'un essai de traction sans avoir d'abord déroulé la sangle. On n'a pu déterminer quand le disque cranté en plastique se serait fracturé pour rendre la ceinture-baudrier du P/O hors service.

Si les instructions de maintenance d'un constructeur d'aéronefs omettent les critères d'essai cruciaux pour la sécurité du constructeur d'un composant, il y a un risque que ce composant ne soit pas maintenu en état de navigabilité.

2.10 Ensemble de machine à café

Durant l'impact, l'ensemble de machine à café aurait été secouée à répétition. Ainsi, le levier de verrouillage, qui avait été endommagé précédemment, se serait écarté du bâti de la machine, et ainsi, aurait permis au ressort de relâcher le mécanisme de verrouillage. Une fois ce mécanisme de verrouillage libéré, plus rien ne retenait la machine à café. L'agent de bord a été blessé par une machine à café qui est sortie de sa base parce que son système de verrouillage n'était pas engagé correctement.

2.11 Système de sonorisation

Le système de sonorisation était en bon état de service jusqu'à ce qu'il y ait une coupure totale de l'électricité (en raison d'une panne électrique et d'une perte d'alimentation par batterie).

En cas d'évacuation, l'équipage de conduite et le personnel de cabine se servent habituellement du système de sonorisation pour communiquer de l'information de sécurité cruciale aux passagers. En cas de coupure totale de l'électricité (en raison d'une panne électrique et d'une perte d'alimentation par batterie), si le système de sonorisation n'a pas une source d'alimentation électrique d'urgence indépendante, le système de sonorisation devient inutilisable, ce qui pourrait retarder l'émission d'un ordre initial d'évacuation ou d'une communication d'instructions d'urgence, exposant les passagers et les membres d'équipage à des risques.

2.12 *Information de sécurité et d'urgence à l'intention des passagers*

Durant une urgence prévue ou préparée, le personnel de cabine fait un exposé sur les mesures d'urgence qui comprend ce qui suit : l'instruction aux passagers de ne pas emporter leurs bagages de cabine; la description de position de protection, comment la prendre et quand y procéder. Or, dans le cas d'une urgence imprévue, le personnel de cabine n'a pas le temps de faire d'exposé, et par conséquent doit s'adapter à la situation particulière.

Avant le départ de Toronto, le personnel de cabine a fait l'exposé sur les mesures de sécurité avant vol, qui informait les passagers de ne pas emporter leurs bagages de cabine en cas d'urgence et de consulter les cartes des mesures de sécurité pour plus d'information sur ce sujet. La carte des mesures de sécurité réitérait l'instruction de ne pas emporter les bagages de cabine en cas d'urgence et comprenait des pictogrammes des différentes positions de protection. Des recherches ont montré que les passagers prêtent habituellement peu d'attention aux exposés avant vol et aux cartes des mesures de sécurité.

Après que l'aéronef eut été immobilisé, le personnel de cabine a annoncé aux passagers de laisser leurs bagages de cabine dans l'aéronef. Malgré ces instructions et celles fournies durant l'exposé avant vol et dans les cartes des mesures de sécurité, certains passagers ont évacué l'aéronef avec leurs bagages de cabine. Ce comportement peut nuire à l'évacuation et causer des blessures aux passagers et au personnel de cabine. Si les passagers récupèrent ou tentent de récupérer leurs bagages de cabine durant une évacuation, ils s'exposent, de même que les autres passagers, à un plus grand risque de blessure ou de mort.

Dans l'événement à l'étude, certains passagers n'avaient pas consulté les cartes des mesures de sécurité, et par conséquent ne connaissaient pas bien la position de protection.

Si les passagers ne prêtent pas attention aux exposés sur les mesures de sécurité avant vol et ne consultent pas les cartes des mesures de sécurité, ils risquent de ne pas être préparés à réagir correctement en cas d'accident, ce qui accroît les risques de blessure ou de mort.

2.13 *Transport des occupants après l'accident*

Il est important de transporter promptement les passagers et l'équipage évacués vers une aire d'attente sûre, surtout dans des conditions météorologiques rudes alors que les occupants sont sans abri. Les lignes directrices du *Règlement de l'aviation canadien* et de l'Organisation de l'aviation civile internationale soulignent qu'une organisation doit inclure les ressources de transport disponibles dans son plan de mesures d'urgence (PMU).

Le transport des passagers et de l'équipage depuis les lieux d'un accident à l'aéroport est une mise en scène bien connue et pour laquelle les organisations doivent se préparer. Le personnel de l'aéroport a été informé de l'évacuation des passagers environ 7 minutes après que l'aéronef eut été immobilisé. Toutefois, aucune demande de transport n'a été faite immédiatement, puisque les services d'intervention d'urgence (SIU) n'avaient pas encore déclaré les lieux de l'accident sûrs.

Le fait de retarder l'envoi de véhicules autres que les véhicules d'urgence sur les lieux d'un accident permet aux SIU de se concentrer sur leurs tâches et responsabilités d'urgence. La présence d'autres véhicules sur place pourrait nuire aux activités des SIU. Par contre, en prenant concurremment des dispositions pour que des véhicules de transport soient prêts dès que les lieux d'un accident sont déclarés sûrs, on réduirait au minimum le temps d'attente des passagers sur ces lieux. De plus, une liste de tous les véhicules de transport disponibles, ainsi que des instructions qui indiquent quand et comment demander et dépêcher ces véhicules, pourraient accélérer davantage le retrait des passagers et de l'équipage des lieux d'un accident.

D'après le PMU de la Halifax International Airport Authority (HIAA) et celui d'Air Canada, il incombait à cette dernière de transporter les passagers depuis les lieux d'un accident à l'aéroport. Or, ni le PMU d'Air Canada ni celui de la HIAA n'indiquait que les navettes Park'N Fly de l'aéroport pouvaient servir à transporter les passagers indemnes. Si le PMU d'une organisation n'indique pas tous les véhicules de transport disponibles, il y a un risque accru que les passagers et les équipages évacués ne soient pas promptement éloignés des lieux d'un accident.

La HIAA avait l'habitude de considérer l'utilisation à cette fin des navettes Park'N Fly durant ses exercices de préparation aux situations d'urgence. Quoique les exercices de préparation aux situations d'urgence de l'aéroport couvraient cette possibilité, celle-ci n'était pas répétée durant les exercices.

Vers 0 h 43, environ 1 minute après qu'il eut reçu l'autorisation des SIU, le directeur en service de la HIAA a demandé la mobilisation des navettes Park'N Fly. Environ 5 minutes plus tard, on a pris les mesures pour dépêcher ces navettes et les autopatrouilles de l'aéroport. Comme le réseau radio des opérations était inutilisable, il a été difficile de coordonner ces mesures et de communiquer avec les personnes, et impossible de transmettre des messages collectifs. En outre, les instructions transmises par téléphone cellulaire aux chauffeurs des véhicules ne décrivaient pas clairement l'emplacement de l'aéronef, et l'accès côté piste a été retardé par l'ouverture manuelle d'une barrière, étant donné la panne de courant. L'accumulation de neige sur les routes et la visibilité réduite ont également ralenti l'accès au lieu de l'accident. De plus, les véhicules se sont d'abord rendus au mauvais endroit et l'on a dû les rediriger. Si les organisations n'exercent pas le transport de personnes depuis les lieux d'un accident à l'aéroport, elles risquent d'être mal préparées à réagir correctement en cas d'accident, ce qui pourrait accroître le temps nécessaire pour évacuer les passagers et l'équipage.

Plusieurs facteurs ont retardé le retrait des passagers indemnes des lieux de l'accident, entre autres : les conditions météorologiques très mauvaises; l'échec des 2 génératrices de secours de l'aéroport à fournir une alimentation d'appoint suite à la panne secteur; la panne du réseau radio des opérations de l'aéroport; le manque d'arrangements pour dépêcher des véhicules de transport avant que les SIU aient déclaré que tous les passagers étaient évacués et que le lieu était sûr.

2.14 *Gestion par Transports Canada de l'apnée obstructive du sommeil chez les pilotes*

L'apnée obstructive du sommeil (AOS) est un trouble médical qui, non traité, peut entraîner des baisses de rendement et d'autres troubles respiratoires pertinents. Le traitement adéquat de l'AOS est essentiel pour les pilotes qui en souffrent s'ils veulent être considérés comme aptes au vol.

Étant donné que le médecin examinateur de l'aviation civile (MEAC) de TC est habituellement la seule personne à examiner physiquement le demandeur et à faire une recommandation de certification médicale, il serait raisonnable de s'attendre à ce que les lignes directrices qu'il reçoit comprennent de l'information sur l'AOS. Or, le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* (2004) de TC ne contient aucun renseignement précis sur l'AOS.

TC a indiqué qu'il a un protocole non documenté d'évaluation et de surveillance continue de l'AOS chez les pilotes. Pourtant, c'est habituellement le MEAC ou le médecin régional de l'aviation civile (MRAC) qui choisit la méthode et la pratique, en fonction de ce qu'il sait à propos de l'AOS et de ce que lui a dit le pilote. Les pilotes souffrant d'AOS qui suivent un traitement considéré adéquat sont déclarés comme médicalement aptes au vol. Dans le cas du commandant de bord, comme il n'avait pas signalé de somnolence diurne, TC le considérait comme médicalement apte.

Si TC n'adhère pas de façon constante à son protocole d'évaluation des risques relevant du domaine de la médecine aéronautique et de surveillance continue des demandeurs qui souffrent d'AOS, certains des avantages des examens médicaux afférents à la sécurité sont perdus, ce qui augmente le risque que des pilotes atteints d'une affection posant des risques pour la sécurité continuent de voler.

3.0 *Faits établis*

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

1. À Air Canada, les équipages de conduite n'avaient pas à surveiller l'altitude de l'aéronef et sa distance du seuil de piste ni à ajuster l'angle de trajectoire de vol une fois que l'aéronef avait franchi le repère d'approche finale. Cette pratique était conforme à la procédure d'utilisation normalisée (SOP) et à la procédure de la compagnie en situation de vol en mode de guidage par angle de trajectoire de vol. Par contre, cette pratique était contraire à celle des manuels d'utilisation destinés à l'équipage de conduite d'Air Canada et d'Airbus.
2. Conformément à la procédure d'Air Canada, une fois que l'angle de trajectoire de vol a été sélectionné et que l'aéronef a commencé à descendre, l'équipage de conduite n'a pas surveillé l'altitude ni la distance du seuil de piste, et n'a fait aucun ajustement de l'angle de trajectoire de vol.
3. L'équipage de conduite n'a pas remarqué que l'aéronef était passé sous le profil de vol d'angle de descente verticale prévu et qu'il s'en écartait, et n'était pas conscient que l'aéronef avait franchi l'altitude de descente minimale plus loin du seuil de piste.
4. Compte tenu des conditions difficiles pour acquérir et maintenir les indices visuels, il est probable que l'équipage de conduite a retardé le débrayage du pilote automatique au-delà de l'altitude minimale de descente en raison du fait qu'il se fiait au système du pilote automatique.
5. Le réglage des feux d'approche et de piste n'a pas été modifié pour passer de 4 à 5; par conséquent, ces feux ne brillaient pas à leur intensité maximale durant l'approche.
6. Le système pour commander les sélections pré-réglées du balisage lumineux d'aérodrome au réglage 4 n'était pas conforme à l'exigence du *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* de NAV CANADA, selon laquelle le balisage lumineux d'approche omnidirectionnel doit être réglé à son intensité maximale.
7. Le nombre limité d'indices visuels et le peu de temps qu'a eu l'équipage de conduite pour les apercevoir, combinés avec les illusions visuelles potentielles et l'intensité réduite des feux d'approche et de piste, ont diminué l'aptitude de l'équipage de conduite à s'apercevoir que l'aéronef allait se poser avant d'atteindre la piste.
8. La reconnaissance par l'équipage de conduite que l'aéronef volait trop bas durant l'approche aurait été retardée en raison de la tendance à s'en tenir au plan.

9. L'aéronef a percuté le relief environ 740 pieds avant le seuil de piste, a rebondi à 2 reprises, puis a glissé sur la piste avant de s'immobiliser à environ 1900 pieds au-delà du seuil de piste.
10. À un moment donné durant l'impact, la tête du commandant de bord a percuté l'écran anti-éblouissement, car les forces d'accélération étaient insuffisantes pour verrouiller la ceinture-baudrier et restreindre le mouvement de son torse.
11. Le premier officier a été blessé à la tête et a subi une blessure grave à l'œil droit suite à l'impact avec l'écran anti-éblouissement, parce que le dispositif de verrouillage automatique de l'enrouleur à inertie droit de la ceinture-baudrier était hors service.
12. Un agent de bord a été blessé par une machine à café qui est sortie de sa base parce que son système de verrouillage n'était pas engagé correctement.
13. Comme aucune situation d'urgence n'était prévue, les passagers et le personnel de cabine n'étaient pas en position de protection au moment de l'impact initial.
14. La plupart des blessures subies par les passagers étaient cohérentes avec le fait de ne pas être en position de protection.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si les enregistreurs de conversations de poste de pilotage qui sont installés à bord d'aéronefs ne sont pas reliés à une source d'alimentation électrique indépendante, des renseignements qui pourraient s'avérer précieux ne seront pas disponibles dans le cadre d'enquêtes.
2. Si Transports Canada n'adhère pas de façon constante à son protocole d'évaluation des risques relevant du domaine de la médecine aéronautique et de surveillance continue des demandeurs qui souffrent d'apnée obstructive du sommeil, certains des avantages des examens médicaux afférents à la sécurité sont perdus, ce qui augmente le risque que des pilotes atteints d'une affection posant des risques pour la sécurité continuent de voler.
3. Si de nouveaux règlements sur l'utilisation d'ensembles de retenue d'enfant ne sont pas mis en œuvre, les bébés et jeunes enfants assis sur les genoux sont exposés inutilement à des risques et ne bénéficient pas d'un niveau de sécurité équivalent à celui des passagers adultes.
4. Si les passagers ne sont pas vêtus convenablement pour voyager en toute sécurité, ils risquent d'être mal préparés si les conditions météorologiques sont défavorables durant évacuation d'urgence.
5. Si l'exigence de visibilité minimale pour exécuter une approche ne tient pas compte du type de balisage lumineux d'approche installé sur la piste, le balisage risque d'être

inadéquat pour permettre aux équipages de conduite, dans des conditions de visibilité réduite, d'évaluer la position de l'aéronef et de décider s'ils peuvent ou non poursuivre l'approche jusqu'à l'atterrissage en toute sécurité.

6. Si les poutres non structurales (longerons, tuyaux, etc.) dans les soutes n'incorporent pas un moyen d'absorber les forces le long de leur axe longitudinal, ces poutres pourraient transpercer le plancher de la cabine si le fuselage percute un plan d'eau ou le relief, augmentant le risque de blessure des occupants de l'aéronef ou d'entrave à l'évacuation d'urgence.
7. Si les instructions de maintenance d'un constructeur d'aéronefs omettent les critères d'essai cruciaux pour la sécurité du constructeur d'un composant, il y a un risque que ce composant ne soit pas maintenu en état de navigabilité.
8. En cas de coupure totale de l'électricité (en raison d'une panne électrique et d'une perte d'alimentation par batterie), si le système de sonorisation n'a pas une source d'alimentation électrique d'urgence indépendante, le système de sonorisation devient inutilisable, ce qui pourrait retarder l'émission d'un ordre initial d'évacuation ou d'une communication d'instructions d'urgence, exposant les passagers et les membres d'équipage à des risques.
9. Si les passagers récupèrent ou tentent de récupérer leurs bagages de cabine durant une évacuation, ils s'exposent, de même que les autres passagers, à un plus grand risque de blessure ou de mort.
10. Si les passagers ne prêtent pas attention aux exposés sur les mesures de sécurité avant vol et ne consultent pas les cartes des mesures de sécurité, ils risquent de ne pas être préparés à réagir correctement lors d'un accident, ce qui accroît les risques de blessure ou de mort.
11. Si le plan de mesures d'urgence d'une organisation n'indique pas tous les véhicules de transport disponibles, il y a un risque accru que les passagers et équipages évacués ne soient pas promptement éloignés des lieux d'un accident.
12. Si les organisations n'exercent pas le transport de personnes depuis les lieux d'un accident à l'aéroport, elles risquent d'être mal préparées à réagir correctement en cas d'accident, ce qui pourrait accroître le temps nécessaire pour évacuer les passagers et l'équipage.

3.3 *Autres faits établis*

1. Le directeur de bord a estimé que l'évacuation se déroulait bien, et il a déterminé qu'il n'était donc pas nécessaire d'ouvrir la porte R1.
2. Les agents de bord postés à l'arrière de l'aéronef n'ont constaté aucun danger qui mettait des vies en péril. Parce qu'on n'avait pas donné l'ordre d'évacuer l'aéronef et

que l'on pouvait voir des passagers évacués et des pompiers marcher près de la queue de l'aéronef dans une zone où le déploiement de la glissière arrière aurait pu être dangereux ou présenter des risques additionnels, les agents de bord ont décidé qu'il n'était pas nécessaire d'ouvrir les portes L2 et R2.

3. Bien que Transports Canada ait imposé l'ajout de l'exercice sur les doubles issues à la formation, Transports Canada n'exigeait pas que tout le personnel de cabine suive cette formation avant qu'un exploitant ait mis en vigueur le ratio 1:50.
4. Au moment de l'accident, ni le directeur de bord ni les agents de bord n'avaient suivi la formation sur les doubles issues, et ils ignoraient que cette formation était obligatoire pour qu'Air Canada puisse se prévaloir de l'exemption de 1 agent de bord par unité de 50 passagers.
5. Transports Canada avait examiné et approuvé le manuel d'utilisation de l'aéronef et les procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada. Toutefois, il n'avait pas relevé la divergence entre les procédures d'Air Canada et le manuel d'utilisation destiné à l'équipage de conduite d'Airbus sur la nécessité de surveiller la trajectoire de vol verticale de l'aéronef au-delà du repère d'approche finale en mode de guidage par angle de trajectoire de vol.
6. Une anomalie dans le circuit de contrôle des génératrices de secours de la Halifax International Airport Authority a interrompu la production d'électricité des 2 génératrices de secours.
7. Selon le plan de mesures d'urgence d'Air Canada pour l'aéroport international Stanfield de Halifax, c'est la compagnie aérienne était responsable du transport de passagers depuis les lieux d'un accident.
8. Le plan de mesures d'urgence d'Air Canada n'indiquait pas que les navettes Park'N Fly de l'aéroport étaient des véhicules de transport.
9. Le plan de mesures d'urgence de la Halifax International Airport Authority n'indiquait pas que les navettes Park'N Fly de l'aéroport pouvaient servir à transporter les passagers indemnes, et n'indiquait ni quand ni comment demander et dépêcher tout véhicule de transport disponible à l'aéroport.
10. Le manuel d'exploitation de vol d'Air Canada ne précisait pas que les références visuelles requises devaient permettre aux pilotes d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de changement de position pour continuer l'approche jusqu'à l'atterrissage.
11. Au Canada, la visibilité minimale qui est autorisée par les spécifications d'exploitation pour les approches de non-précision ne tient pas compte du type de balisage lumineux d'approche installé sur la piste.

12. Il est probable qu'un passager, dans sa hâte d'évacuer l'aéronef pendant la situation d'urgence, ait appuyé sur le bouton-poussoir et désactivé le mécanisme de blocage de la porte L1, permettant à celle-ci de bouger librement.
13. Les dossiers de sièges des passagers ont été détachés suite à la rupture de leur goupille de cisaillement, probablement à cause de contacts avec les passagers durant l'impact ou l'évacuation d'urgence.
14. Plusieurs facteurs ont retardé le retrait des passagers indemnes du lieu de l'accident, entre autres : les conditions météorologiques très mauvaises; l'échec des 2 génératrices de secours de l'aéroport à fournir une alimentation d'appoint suite à la panne secteur; la panne du réseau radio des opérations de l'aéroport; le manque d'arrangements pour dépêcher des véhicules de transport avant que les services d'intervention d'urgence aient déclaré que tous les passagers étaient évacués et que le lieu était sûr.
15. Étant donné que le commandant de bord utilisait rarement la thérapie de ventilation spontanée en pression positive continue, il aurait été à risque de ressentir la fatigue liée à la perturbation chronique de son sommeil causée par l'apnée obstructive du sommeil. Toutefois, il n'y avait aucune indication que la fatigue ait été un facteur causal ou contributif dans cet événement.

4.0 Mesures de sécurité

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Air Canada

Air Canada a publié les documents suivants :

- a) Le bulletin 324 du manuel d'exploitation de vol (MEV), qui modifie la politique sur les approches du MEV à plusieurs égards, y compris les changements suivants :
 - La liste des références visuelles requises comprend désormais l'indicateur visuel de pente d'approche/indicateur de trajectoire d'approche de précision en option.
 - La définition de « référence visuelle requise » a été modifiée.
 - L'annonce « feux seulement » a été supprimée des procédures d'utilisation normalisées.
 - Les tâches du pilote surveillant ont été modifiées; elles exigent désormais une plus grande attention à la surveillance des instruments durant toutes les approches une fois que l'altitude minimale de descente a été franchie.
 - La section Approach Visibility Requirements in Canada – 75% of Charted Visibility [Conditions de visibilité à l'approche au Canada – 75 % de la visibilité spécifiée sur les cartes] relative aux approches de non-précision a été révisée pour refléter le lien entre les minimums approuvés et les exigences sur le balisage lumineux d'approche.
- b) Le bulletin 322 du MEV : Threat-Based Briefings [Exposés sur les menaces], qui codifie et intègre le format d'exposé sur les menaces pour tous les exposés avant départ et d'approche dans les procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada.
- c) Le bulletin technique 482 : Revised NPA [non-precision approach] Vertical Descent Approaches [Angles de descente verticale révisés pour les approches de non-précision], qui clarifie l'exécution d'approches de non-précisions à guidage vertical. Ce bulletin contient la mise en garde suivante [traduction] : « Le FPA [angle de trajectoire de vol] n'est pas un système de navigation verticale. Il s'agit d'un angle dans l'espace. L'aéronef peut s'écarter du profil vertical vers le haut ou vers le bas. »

Air Canada a envoyé une lettre à Transports Canada pour demander que la norme sur les minimums d'approche soit établie en fonction de la capacité du balisage lumineux de la piste, et que les minimums corrigés paraissent sur les cartes d'approche.

Air Canada a communiqué avec 9 aéroports au pays pour recommander qu'ils mettent à niveau leur balisage lumineux d'approche actuellement assuré par un balisage lumineux d'approche omnidirectionnel (ODALS) par un balisage lumineux d'approche courte simplifiée avec feux indicateurs d'alignement de piste (SSALR). La compagnie aérienne a également coordonné des réunions particulières avec les administrations aéroportuaires de

Halifax, d'Ottawa et de Kelowna pour discuter de ses préoccupations, mettre en valeur les considérations et les impacts opérationnels, et préconiser des améliorations immédiates aux dispositifs ODALS existants.

Air Canada collabore avec Airbus pour préparer des bulletins de service sur l'installation de dispositifs de positionnement global à bord de 47 de ses avions Airbus qui n'en sont pas dotés. La compagnie a aussi lancé un projet pour mettre à niveau le logiciel du système d'avertissement de proximité du sol amélioré à bord de tous ses avions. Ces mises à niveau devraient être achevées d'ici juillet 2017.

La formation des agents de bord a été modifiée, et comprend désormais une formation pratique sur l'ouverture de 2 portes.

Les partenaires commerciaux régionaux d'Air Canada Express ont harmonisé leurs politiques d'interdiction d'approches de non-précision pour adopter les changements du bulletin 324 du MEV d'Air Canada.

4.1.2 *Airbus*

Airbus a révisé le manuel de maintenance d'avion pour qu'il reflète la mise à jour dans le manuel d'entretien des composants du fabricant de sièges, qui recommande de dérouler de 25 % la sangle de la ceinture-baudrier avant de tester le fonctionnement de l'enrouleur à inertie.

4.1.3 *Halifax International Airport Authority*

En réponse aux demandes d'Air Canada et à l'information reçue de la compagnie après l'événement à l'étude, la Halifax International Airport Authority (HIAA) a décidé d'installer un balisage lumineux d'approche haute intensité sur les pistes 05 et 32. Les dispositifs ODALS de ces 2 pistes seront remplacés par des systèmes SSALR. Transports Canada et NAV CANADA ont été consultés durant les étapes de planification, de conception et de construction.

La HIAA a muni son centre des opérations d'urgence de matériel modernisé, tel que des ordinateurs portables, des radios mobiles et des points d'accès sans fil.

On a établi un centre des opérations d'urgence de secours.

On a installé un système automatisé de notification de masse en cas d'urgence, qui sert à rappeler le personnel durant les urgences.

Le plan de mesures d'urgence a été révisé; il comprend désormais une liste des ressources sur place pouvant servir durant les urgences.

On a équipé les véhicules d'intervention d'urgence de couvertures thermiques pour les survivants de situations d'urgence.

On a accru la fréquence des essais du système de communication personnel.

Un bloc d'alimentation sans interruption intelligent, qui surveille et cerne les défaillances et l'utilisation, a été raccordé au commutateur réseau.

Les services publics qui alimentent le poste électrique principal de l'aéroport ont été mis à niveau pour permettre la commutation automatique entre 2 postes électriques distincts et indépendants de Nova Scotia Power.

On a mis à niveau le réseau d'alimentation de secours raccordé aux génératrices de secours au diesel. On a remplacé l'ancien réseau par un nouveau réseau qui compte 3 génératrices. Dans cette nouvelle installation, 2 des 3 génératrices du réseau de secours peuvent à elles seules fournir la charge électrique au complet de l'aéroport, la troisième étant redondante.

4.1.4 NAV CANADA

NAV CANADA a émis une directive (entrée en vigueur le 15 janvier 2016) au personnel de contrôle de la circulation aérienne concernant l'anomalie des boutons de pré réglage du panneau d'éclairage. Cette directive comprenait l'instruction de se reporter aux réglages d'intensité du manuel d'utilisation.

NAV CANADA a devancé la publication des procédures révisées du système mondial de navigation par satellite pour la piste 05; celles-ci ont été publiées en août 2015.

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. Il est paru officiellement en premier lieu le 18 mai 2017.

Correction

Le rapport a été modifié; une note de bas de page (la note 15) a été ajoutée à la page 5 pour préciser que les altimètres de l'aéronef en cause dans l'événement étaient correctement réglés.

De plus, le tableau 1 de la version initiale du rapport indiquait que 25 personnes avaient été légèrement blessées et que 112 autres n'avaient subi aucune blessure. Ce tableau a été corrigé. Il précise maintenant que 24 personnes ont subi de légères blessures et que 113 autres n'ont pas été blessées.

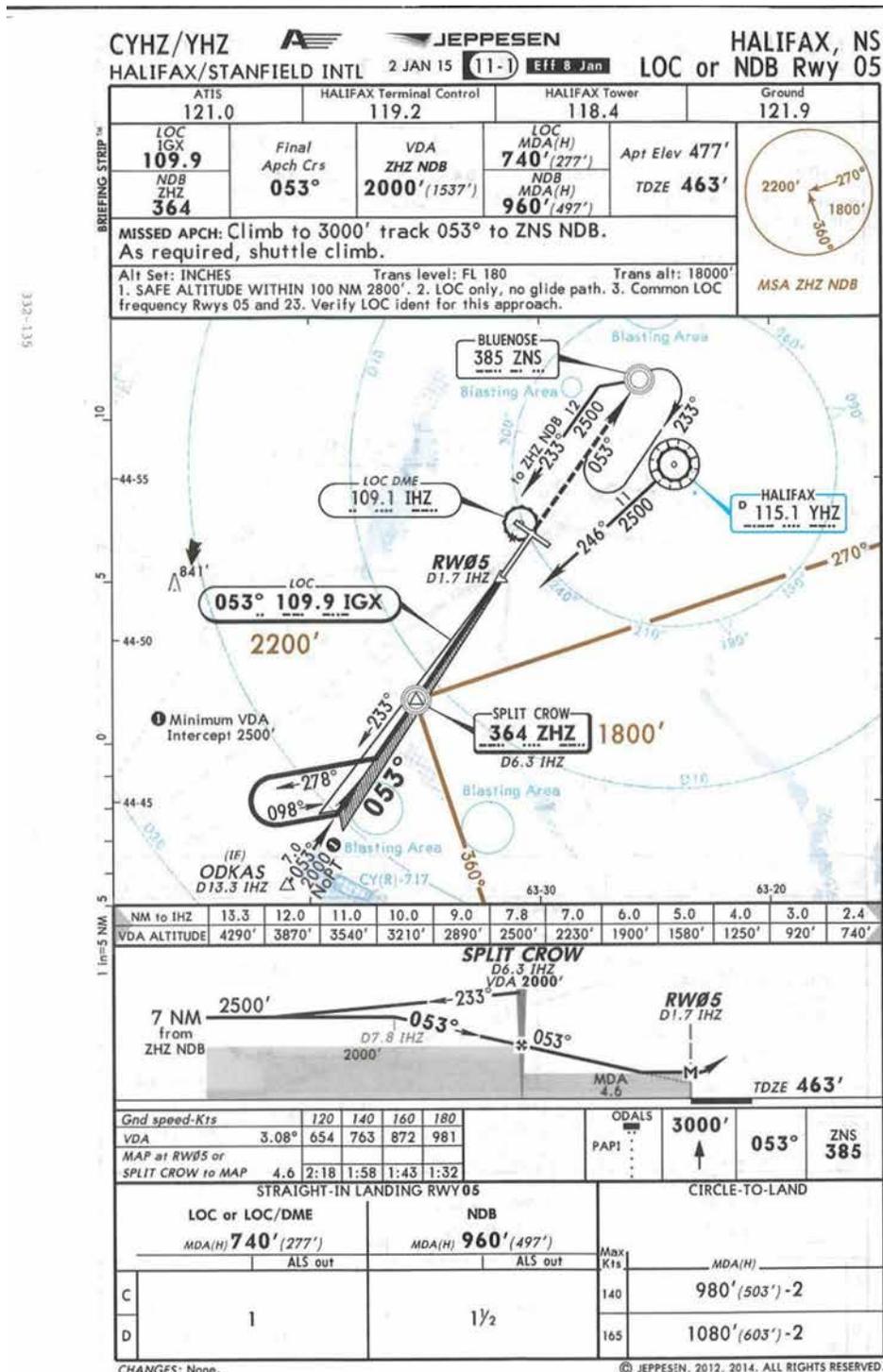
Enfin, le dernier paragraphe du rapport (page 87) a été reformulé pour qu'il soit clair que NAV CANADA a devancé la publication des procédures révisées du système mondial de navigation par satellite pour la piste 05 par suite de l'événement; celles-ci ont été publiées en août 2015, plus tôt que ce qui avait été prévu à l'origine.

Le Bureau a autorisé cette correction le 13 septembre 2017, et la version corrigée du rapport a été publiée le 26 septembre 2017.

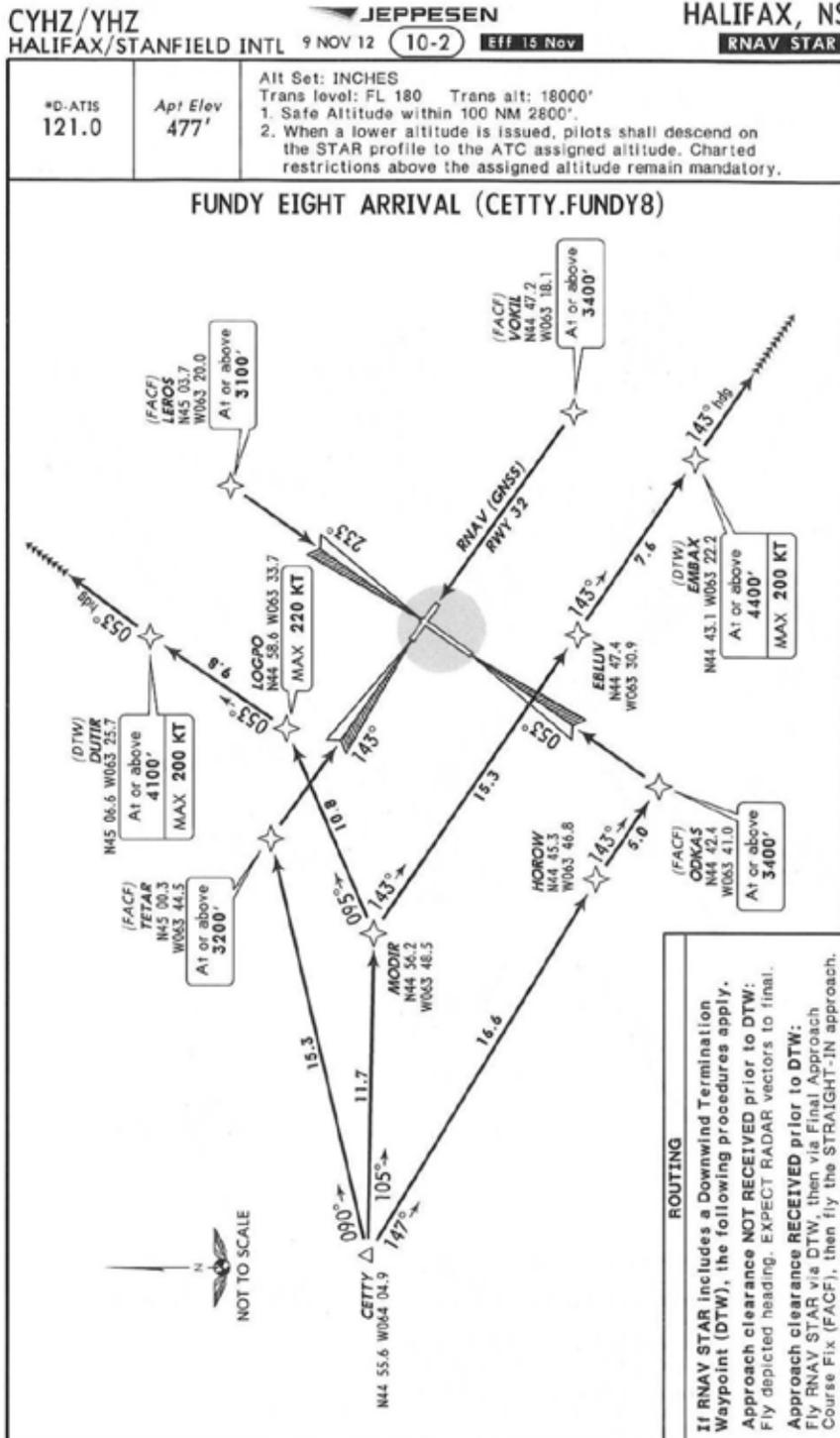
Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques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

Annexes

Annexe A – Carte d'approche de Jeppesen pour l'aéroport international Stanfield de Halifax



Annexe B – Carte d'arrivée normalisée en région terminale de FUNDY EIGHT Jeppesen (Aéroport international Stanfield de Halifax)



Annexe C – Messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) et prévisions d'aérodrome (TAF)

METAR CYHZ 282300Z 36019G26KT 1 1/2SM -SN DRSN OVC007 M04/M05 A2960 RMK SC8 SLP031=

SPECI CYHZ 282338Z 01018G24KT 3/4SM R14/2600VP6000FT/N -SN DRSN VV005 M05/M05 A2958 RMK SN8 PRESFR SLP023=

METAR CYHZ 290000Z 36016G27KT 3/4SM R14/2800FT/N -SN DRSN VV004 M05/M06 A2959 RMK SN8 /S03 PRESRR SLP028=

METAR CYHZ 290100Z 35015G21KT 1/2SM R14/3500FT/N SN DRSN VV002 M05/M06 A2962 RMK SN8 /S02/ PRESFR SLP037=

METAR CYHZ 290200Z 35019G27KT 1/4SM R14/2600FT/N +SN VV002 M06/M06 A2962 RMK SN8 /S05/ SLP036=

METAR CYHZ 290300Z 34019G25KT 1/8SM R14/P6000VM0300FT/N +SN DRSN VV003 M06/M07 A2962 RMK SN8 /S09/ SLP038=

METAR CYHZ 290300Z CCA 34019G25KT 1/4SM R14/P6000VM0300FT/N +SN DRSN VV003 M06/M07 A2962 RMK SN8 /S09/ SLP038=

SPECI CYHZ 290313Z 35020G26KT 1/2SM R14/3500V4500FT/N SN DRSN VV003 M06/M07 A2963 RMK SN8 SLP040=

METAR CYHZ 290400Z 34019G54KT 3/4SM R14/5000VP6000FT/D -SN DRSN BKN007 OVC010 M06/M07 A2964 RMK SF7SC1 SLP045=

SPECI CYHZ 290414Z 34024G33KT 3/4SM R14/P6000FT/U -SN DRSN BKN010 OVC018 M06/M07 A2965 RMK SF7SC1 SLP046=

METAR CYHZ 290500Z 33021G27KT 1 1/2SM -SN DRSN BKN013 OVC027 M06/M07 A2968 RMK SC6SC2 /S13/ SLP058=

TAF CYHZ 282044Z 2821/2918 01020G30KT 3/4SM -SN BLSN VV005 TEMPO 2821/2906 3SM -SN BLSN OVC010

FM290600 34015G25KT PSSM SCT020 OVC080 TEMPO 2906/2908 5SM -SN BKN020 BECMG 2909/2911 34012G22KT

FM291500 30010KT P6SM FEW025 BKN150

RMK NXT FCST BY 2900002=

TAF AMD CYHZ 281907Z 2819/2918 03018G28KT P6SM -SN OVC020 TEMPO 2819/2821 3/4SM -SN BLSN VV008

FM282100 01018G28KT 3/4SM -SN BLSN VV005 TEMPO 2821/2906 3SM -SN BLSN

OVC010

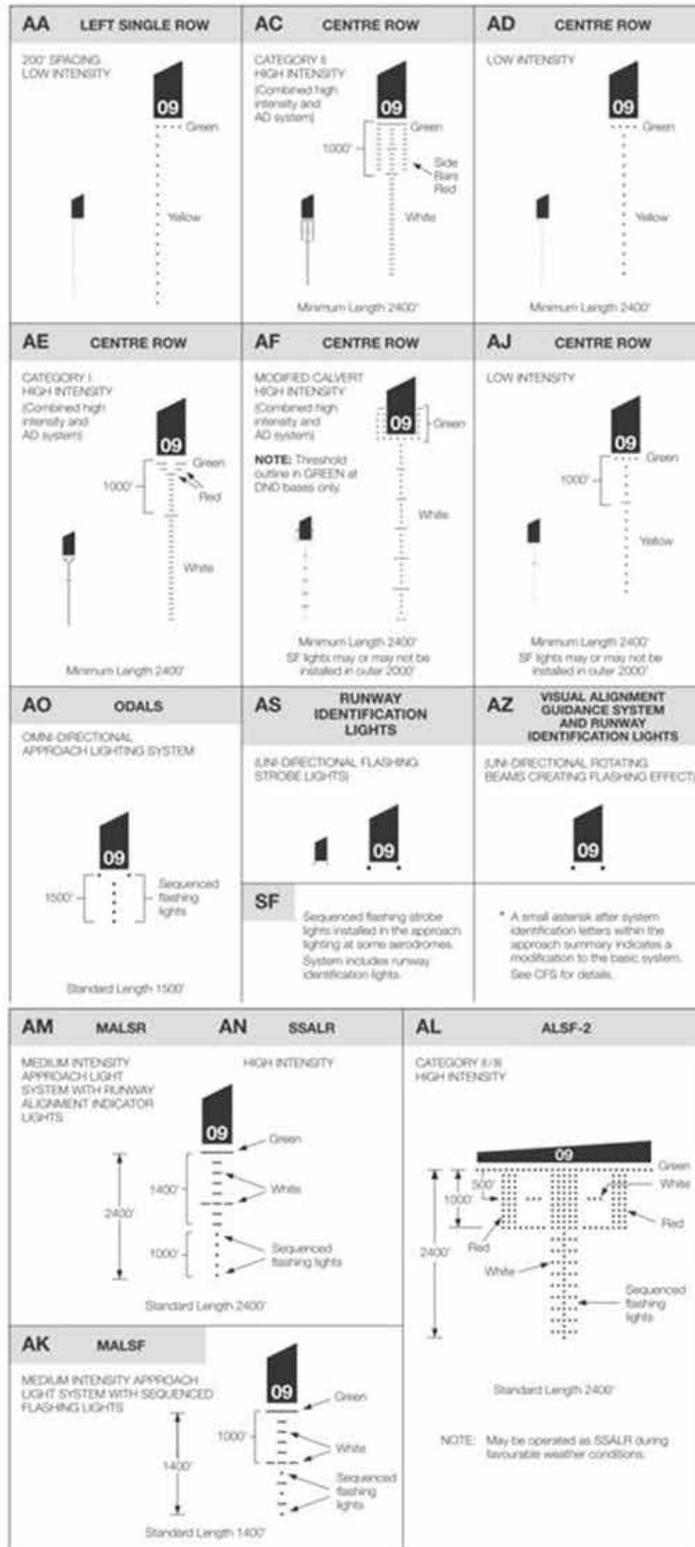
FM290600 34015G25KT P6SM SCT020 OVC080 TEMPO 2906/2908 5SM -SN BKN020

BECMG 2909/2911 34012G22KT

FM291500 30010KT P6SM FEW025 BKN150

RMK NXT FCST BY 282100Z=

Annexe D – Balisages lumineux d'approche



Source : NAV CANADA, *Canada Air Pilot—Procédures aux Instruments*, Québec (CAP 6), en vigueur 0901Z du 5 mars 2015 au 30 avril 2015, pp. 101-102.

Annexe E – Glossaire

°M	degré magnétique, compas
°V	degré vrai
A/THR	pousée automatique
AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
AGL	au-dessus du sol
AIM de TC	<i>Manuel d'information aéronautique de Transports Canada</i>
ALS	balisage lumineux d'approche
ALT	altitude
AOS	apnée obstructive du sommeil
ART	formation périodique annuelle
ASL	au-dessus du niveau de la mer
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
c.a.	courant alternatif
CAP	<i>Canada Air Pilot</i>
CCNSNA	Comité consultatif national sur le système de navigation aérienne
CPAP	ventilation spontanée en pression positive continue
CVR	enregistreur de conversations de poste de pilotage
CYHZ	Aéroport international Stanfield de Halifax (Nouvelle-Écosse)
CYQM	Aéroport international Roméo-Leblanc du Grand Moncton (Nouveau-Brunswick)
CYUL	Aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec)
CYYZ	Aéroport international Lester B. Pearson de Toronto (Ontario)
DFDR	Enregistreur numérique de données de vol
EGPWS	système d'avertissement de proximité du sol amélioré
ELT	radiobalise de repérage d'urgence
FAF	repère d'approche finale
FCOM	<i>Flight Crew Operating Manual</i> (manuel d'utilisation à l'intention de l'équipage)
FCTM	<i>Manuel de formation de l'équipage de conduite</i>
FD	directeur de vol
FMS	système de gestion du vol
FPA	angle de trajectoire de vol
FR	cadre
GPS	système mondial de positionnement pour navigation satellite
HDG-TRK	cap/trajectoire

HGS	système de guidage frontal
HIAA	Halifax International Airport Authority
ILS	système d'atterrissage aux instruments
in. Hg	pouces de mercure
ISA	atmosphère type internationale
LOC	radiophare d'atterrissage
MANOPS ATC	<i>Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne</i>
MDA	altitude minimale de descente
MEAC	médecin examinateur de l'aviation civile
METAR	message d'observation météorologique régulière pour l'aviation
MEV	manuel d'exploitation de vol
MRAC	médecin régional de l'aviation civile
MUA	manuel d'utilisation d'aéronef
nm	mille marin
NOTAM	avis aux aviateurs
NTSB	National Transportation Safety Board
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
ODALS	balisage lumineux d'approche omnidirectionnel
Ops Spec	spécifications d'exploitation
P/O	Premier officier
PA	pilote automatique
PAPI	indicateur de trajectoire d'approche de précision
PAQ	programme avancé de qualification
PC	pilote aux commandes
PFD	écran principal de vol
pi/m	pieds par minute
PMU	plan de mesures d'urgence
PS	pilote surveillant
RAC	<i>Règlement de l'aviation canadien</i>
RAT	turbine à air dynamique
RNAV	navigation de surface
RVR	portée visuelle de piste
SB	bulletin de service
SGS	système de gestion de la sécurité
SIU	services d'intervention d'urgence
sm	mille terrestre

SOP	procédures d'utilisation normalisées
SPD-MACH	vitesse/nombre de Mach
SPECI	message d'observation météorologique spéciale d'aérodrome
SSALR	balisage lumineux d'approche courte simplifiée avec feux indicateurs d'alignement de piste
STAR	arrivée normalisée aux instruments
TAF	prévision d'aérodrome
TC	Transports Canada
V/S-FPA	vitesse verticale/angle de trajectoire de vol
VASIS	indicateur visuel de pente d'approche
VOR	radiophare omnidirectionnel très haute fréquence