



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19Q0015

INCURSION SUR PISTE

Aéroports de Montréal

Quatre camions HT Tractor de Oshkosh Corporation (balayeurs chasse-neige)

Aéroport international Montréal/Pierre-Elliott-Trudeau (Québec)

2 février 2019

Canada

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

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

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

CONDITIONS D'UTILISATION

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent site Web, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent site Web (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19Q0015* (publié le 21 janvier 2020).

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

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2020

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19Q0015

N° de cat. TU3-10/19-015F-PDF
ISBN 978-0-660-33651-0

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	2
1.1 Déroulement de l'événement.....	2
1.2 Tués et blessés.....	9
1.3 Dommages à l'aéronef.....	9
1.4 Autres dommages.....	9
1.5 Renseignements sur le personnel.....	9
1.5.1 Contrôleurs de la circulation aérienne.....	9
1.5.2 Personnel au sol.....	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef et les véhicules au sol.....	11
1.6.1 L'aéronef.....	11
1.6.2 Véhicules d'aérodrome.....	11
1.7 Renseignements météorologiques.....	12
1.8 Aides à la navigation.....	13
1.9 Communications.....	13
1.9.1 Généralités.....	13
1.9.2 Phraséologie de trafic terrestre.....	13
1.9.3 Communications entre les contrôleurs de la circulation aérienne et les convois.....	15
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	15
1.10.1 Généralités.....	15
1.10.2 Balisage lumineux, signalisation et marques aux points d'attente avant piste.....	15
1.10.3 Système avancé de guidage et de contrôle de la circulation de surface.....	17
1.11 Enregistreurs de bord.....	17
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	17
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	17
1.14 Incendie.....	17
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	17
1.16 Essais et recherche.....	17
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	17
1.17.1 NAV CANADA.....	17
1.17.2 Aéroports de Montréal.....	18
1.18 Renseignements supplémentaires.....	21
1.18.1 Facteurs humains.....	21
1.18.2 Incursions sur piste.....	23
1.18.3 Moyens d'atténuer les incursions sur piste.....	27
1.18.4 Initiatives relatives à la sécurité des pistes de NAV CANADA.....	28
1.18.5 Liste de surveillance du BST.....	29
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	30
2.0 Analyse	31
2.1 Mémoire prospective.....	31
2.2 Opérations de déneigement en convoi par Aéroports de Montréal.....	32

2.2.1	Responsabilités du chef d'équipe.....	32
2.2.2	Formation sur les opérations en convoi	33
2.3	Contrôle de la circulation aérienne	34
2.3.1	Communications	34
2.3.2	Conscience situationnelle	35
3.0	Faits établis	37
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	37
3.2	Faits établis quant aux risques	37
4.0	Mesures de sécurité	38
4.1	Mesures de sécurité prises	38
4.1.1	Aéroports de Montréal	38
Annexes	40
	Annexe A – Extraits du manuel de <i>Phraséologie du trafic terrestre</i> de NAV CANADA	40
	Annexe B – Données sur les incursions sur piste à CYUL, 2000 à 2019.....	41

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19Q0015

INCURSION SUR PISTE

Aéroports de Montréal

Quatre camions HT Tractor de Oshkosh Corporation (balayeurs chasse-neige)

Aéroport international Montréal/Pierre-Elliott-Trudeau (Québec)

2 février 2019

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.

Résumé

Le 2 février 2019, un aéronef Bombardier CRJ 200 (immatriculation N902EV, numéro de série 7620) exploité par SkyWest Airlines effectuait le vol SKW3130 en régime de vol aux instruments, à partir de l'aéroport international Chicago O'Hare (Illinois), à destination de l'aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau (Québec), avec 2 membres d'équipage de conduite, 1 membre d'équipage de cabine et 22 passagers à bord. L'aéronef effectuait l'approche au moyen du système d'atterrissage aux instruments et avait reçu l'autorisation d'atterrir sur la piste 24L.

Des opérations de déneigement étaient en cours à l'aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau, et un convoi de déneigement des Aéroports de Montréal, comptant 7 véhicules, avait reçu l'instruction de se rendre de la piste 24R à la plateforme d'attente de circulation 24L. À 11 h 19 min 4 s, heure normale de l'Est, une incursion sur piste s'est produite lorsque le balayeur chasse-neige de tête a franchi le point d'attente avant piste et s'est engagé sur la piste. À ce moment, les données radar indiquaient que l'aéronef se trouvait sur le profil d'approche à 0,3 mille marin de la piste et à environ 157 pieds au-dessus de l'altitude d'aérodrome.

L'équipage de conduite a remis les gaz et a survolé le balayeur chasse-neige de tête, qui se trouvait alors sur l'axe de piste. Trois autres balayeurs chasse-neige avaient également franchi le point d'attente avant piste. L'aéronef a atterri en toute sécurité sur la piste 24R environ 15 minutes plus tard. Les véhicules du convoi de déneigement se sont regroupés et ont achevé les opérations de déneigement sur la piste 24L. Il n'y a eu ni blessé ni dommage.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et Transports Canada (TC) définissent une incursion sur piste comme suit :

[t]oute situation se produisant sur un aérodrome, qui correspond à la présence inopportune d'un aéronef, d'un véhicule ou d'une personne dans l'aire protégée d'une surface destinée à l'atterrissage et au décollage d'aéronefs^{1,2}.

1.1 Déroulement de l'événement

Le 2 février 2019, la circulation à l'aéroport international Montréal/Pierre Elliott Trudeau (CYUL) (Québec) était légère; toutefois, les chutes de neige étaient telles que la visibilité était réduite, et des opérations de déneigement étaient nécessaires.

Vers 9 h 30³, un convoi de déneigement d'Aéroports de Montréal (ADM) a quitté le garage de maintenance pour déneiger les voies de circulation et les pistes à CYUL. Ce convoi comptait un chef d'équipe (PER20) au volant d'une camionnette Ford F-150, et 6 conducteurs au volant de 5 balayeurs chasse-neige (CHA142, CHA82, CHA81, CHA88 et CHA145) et 1 souffleuse à neige (SOU125). Le chef d'équipe pouvait tantôt mener, tantôt suivre le convoi. Un des balayeurs chasse-neige, le véhicule CHA142 (figure 1), a été désigné comme véhicule de tête du convoi.

Le matin de l'événement à l'étude, les pistes parallèles 24R et 24L étaient en service pour les aéronefs à l'arrivée et au départ; la piste 10/28 était fermée et servait de voie de circulation. Comme des opérations de déneigement étaient en cours, une des voies parallèles était temporairement fermée pour le déneigement, et l'autre était en service. Le

Figure 1. Balayeur chasse-neige CHA142, un camion HT muni d'un balai à neige XT remorqué (Source : BST)



- ¹ Organisation de l'aviation civile internationale, Doc 9870, AN/463, *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, première édition (2007), chapitre 1, section 1.1, p. 1-1.
- ² Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*, GEN – Généralités (11 octobre 2018), section 5.1, p. 37.
- ³ Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné moins 5 heures).

convoi avait été autorisé à procéder^{4,5}, du garage de maintenance à la plateforme d'attente de circulation 24R, par le contrôleur sol du service de contrôle de la circulation aérienne (ATC) de NAV CANADA. À partir de cet endroit, il était autorisé à s'engager sur la piste pour la déneiger. Le chef d'équipe devait fournir un compte rendu de l'état de la surface pour les mouvements d'aéronefs (AMSCR)⁶.

Vers 11 h 10, le chef d'équipe a informé le contrôleur sol que le convoi avait déneigé et quitté la piste 24R. Le chef d'équipe a été le dernier à quitter la piste, conformément aux procédures d'ADM⁷. Le contrôleur sol a alors indiqué au chef d'équipe et au convoi de procéder par la voie de circulation B vers la voie de circulation B2, la piste 10/28, la voie de circulation A et la plateforme d'attente de circulation 24L (figure 2) sans s'arrêter en chemin.

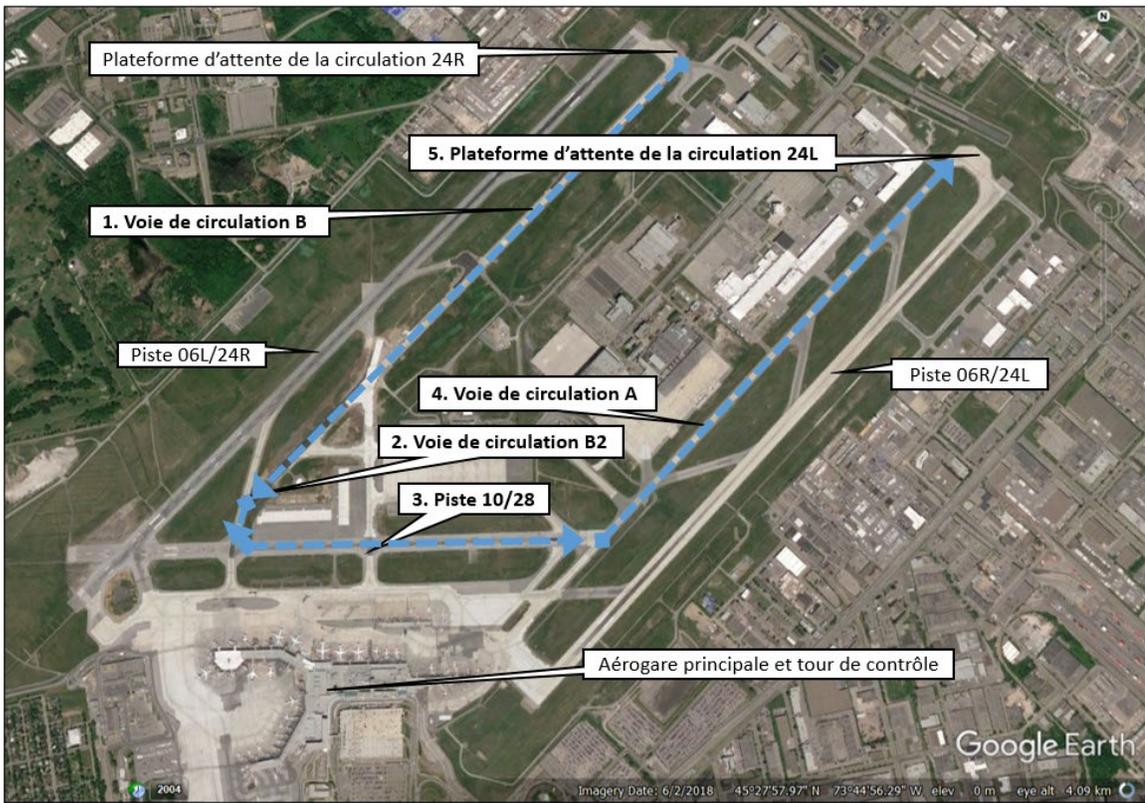
⁴ « Le terme PROCÉDEZ est utilisé seulement pour les instructions de mouvement de surface de véhicules. » (Source : NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne*, Tour de contrôle-Fr [26 juin 2018], Gestion de la circulation aérienne, Mouvements de surface, Exploitation des aéronefs circulant au sol ou du trafic terrestre, Tableau 15. Format des instructions de circulation, p. 70.)

⁵ Un convoi qui reçoit l'instruction de « procéder » de l'ATC est autorisé à se rendre ou à se repositionner à un endroit précis sur l'aérodrome. Durant les opérations de déneigement, le convoi peut effectuer simultanément des opérations de déneigement et d'enlèvement de neige sur son trajet.

⁶ « Les AMSCR sont publiés pour avertir les pilotes que des contaminants naturels sur les pistes, tels que neige, glace ou neige fondante, risquent de nuire au freinage des aéronefs. La partie RSC [état de la surface de la piste] du compte rendu contient des renseignements sur l'état de la piste formulés en langage clair et simple, tandis que la partie CRFI [coefficient canadien de frottement sur piste] décrit l'efficacité du freinage à l'aide d'un coefficient numérique décrit à l'article 1.6.3 de la section AIR. » (Source : Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*, AIR – Discipline aéronautique (11 octobre 2018), section 1.6.4, p. 415.)

⁷ Aéroports de Montréal, *Guide — Déneigement des aires de mouvements, Aéroport Montréal-Trudeau* (décembre 2018), chapitre 8.1 : Scénarios, p. 9.

Figure 2. Vue aérienne de CYUL montrant le trajet effectué par le convoi (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Le chef d'équipe n'a relu qu'une partie des instructions de l'ATC. Le conducteur du véhicule de tête du convoi, qui avait entendu les instructions de l'ATC sur la fréquence sol de sa radio, a relu les instructions au complet au chef d'équipe sur la fréquence interne du convoi, sur sa deuxième radio. Il voulait ainsi accélérer et réduire au minimum les communications radio sur la fréquence ATC et s'assurer que le chef d'équipe savait qu'il (le conducteur du véhicule de tête du convoi) avait compris les instructions. Des échanges entre le conducteur du véhicule de tête du convoi et le chef d'équipe ont permis de confirmer que le chef d'équipe n'avait pas relu les instructions complètes de l'ATC. Ces échanges visaient également à déterminer si les instructions de l'ATC comprenaient l'expression « attendez à l'écart ». ⁸ Même si les instructions initiales de l'ATC n'indiquaient pas d'attendre à l'écart, le chef d'équipe a confirmé de nouveau au contrôleur sol sa relecture des instructions, y

⁸ « ATTENDEZ À L'ÉCART : Instruction ordonnant d'attendre ou de rester à une distance d'au moins 200 pi du bord de la piste jusqu'à réception de la permission de traverser la piste ou de s'y engager, sauf si d'autres points d'attente ont été établis par l'exploitant de l'aéroport. » (Source : NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne* [MATS], Glossaire [26 juin 2018], p. 45).

compris l'exigence d'attendre à l'écart de la piste 24L. Le contrôleur sol a ensuite accusé réception de la relecture⁹.

Le convoi a procédé conformément aux instructions et a poursuivi le déneigement sur son trajet désigné jusqu'à la plateforme d'attente de circulation 24L. Le trajet désigné, de la plateforme d'attente de circulation 24R à la plateforme d'attente de circulation 24L, fait 6,77 km, et le convoi a mis environ 9 minutes pour le parcourir.

Le chef d'équipe a été le dernier à quitter la piste 24R et se trouvait à la queue du convoi. Normalement, lorsque le convoi se déplace d'une piste à l'autre, le chef d'équipe fait le compte rendu AMSCR au moyen d'un ordinateur portable¹⁰ dans le camion et transmet le formulaire électronique à l'ATC de CYUL par SNOWiz¹¹, une application en ligne de NAV CANADA. Il reprend ensuite sa place à la tête du convoi.

Le matin de l'événement à l'étude, l'application SNOWiz ne fonctionnait pas et le chef d'équipe a dû fournir par téléphone son compte rendu AMSCR à l'ATC de CYUL. Cette procédure a pris plus de temps que s'il avait utilisé l'application, car on doit alors communiquer individuellement chaque élément du formulaire AMSCR à l'ATC. Au moment où le chef d'équipe quittait la piste 06L/24R et le convoi procédait vers la plateforme d'attente de circulation 24L par le trajet désigné, le chef d'équipe a dû ralentir pour transmettre l'information AMSCR, et il est resté à la queue du convoi.

Après avoir indiqué au chef d'équipe et au convoi de se rendre à la plateforme d'attente de circulation 24L, le contrôleur sol a continué de contrôler divers aéronefs et véhicules qui circulaient au sol. Comme il neigeait et que la visibilité était réduite, le contrôleur sol surveillait les opérations aériennes et les services au sol, y compris la progression du convoi, en balayant du regard les écrans à son poste de travail. Ces écrans comprennent le Système avancé de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) ou l'écran radar de surveillance au sol. Le contrôleur sol était également le surveillant de tour en

⁹ Au total, 58 secondes se sont écoulées après l'instruction initiale de l'ATC, y compris la confirmation du conducteur du véhicule de tête du convoi au chef d'équipe, la relecture complète par le chef d'équipe et l'accusé de réception du contrôleur sol.

¹⁰ Au moyen de l'ordinateur portable à bord du camion, le chef d'équipe saisit l'état de la surface des pistes dans le formulaire AMSCR à l'écran tactile et à l'aide de menus déroulants; il enregistre ensuite le formulaire et le transmet directement à l'application SNOWiz.

¹¹ SNOWiz permet à NAV CANADA d'accepter les comptes rendus AMSCR d'autorités responsables et de publier immédiatement cette information dans un NOTAMJ ou un SNOWTAM. À CYUL, certains véhicules de l'ADM sont munis d'un portable et peuvent transmettre des formulaires AMSCR directement à NAV CANADA par l'intermédiaire de l'application en ligne SNOWiz. Si l'application ou le serveur ne fonctionne pas, on doit transmettre les conditions de freinage et d'état de la surface des pistes directement à l'ATC par radio ou téléphone. Les défaillances de l'application SNOWiz sont rares, mais elles sont possibles. NAV CANADA n'offre aucun soutien pour l'application SNOWiz et ne fait aucun suivi des problèmes liés au service et à son entretien. (Source : Gestion de l'information aéronautique de NAV CANADA, *Accountable Sources SNOWiz User Manual*, version 15.11 [septembre 2015], sections 1.1 et 1.3).

service de l'ATC et avait pour responsabilité d'avoir plusieurs conversations téléphoniques liées à l'exploitation avec les intervenants de l'aéroport¹². Après avoir indiqué au convoi qu'il pouvait procéder, le contrôleur sol a appelé le service de planification des vols de CYUL, l'unité terminale de NAV CANADA, et le superviseur de quart à propos du compte rendu AMSCR.

Le matin de l'événement à l'étude, un aéronef Bombardier CRJ 200 (immatriculation N902EV, numéro de série 7620) exploité par SkyWest Airlines effectuait le vol SKW3130 en régime de vol aux instruments, à partir de l'aéroport international Chicago O'Hare (KORD), dans l'Illinois, à destination de CYUL avec 2 membres d'équipage de conduite, 1 membre d'équipage de cabine et 22 passagers à bord. À 11 h 14 min 54 s, l'aéronef, qui effectuait une approche par système d'atterrissage aux instruments vers la piste 24L, a reçu l'autorisation du contrôleur d'aéroport de l'ATC (le contrôleur d'aéroport) d'atterrir sur la piste 24L.

À 11 h 15, le convoi a atteint l'intersection de la piste 10/28 et de la voie de circulation A. Le conducteur du véhicule de tête du convoi a commencé à planifier la disposition du convoi et le trajet le long de la piste 24L en fonction de l'intensité des chutes de neige et de la direction du vent.

À 11 h 18 min 31 s, pendant que le convoi procédait sur la voie de circulation A et approchait de la plateforme d'attente de circulation 24L, le contrôleur sol a appelé le superviseur de quart pour discuter des écarts entre un terme employé dans le compte rendu AMSCR et le contenu d'une directive opérationnelle émise antérieurement par ADM. Une copie papier de la directive opérationnelle d'ADM à la main, le contrôleur sol a poursuivi sa conversation avec le superviseur de quart tout en balayant du regard le document et ses écrans d'affichage. Tous les véhicules du convoi qui circulaient sur la voie A, sauf le CHA81¹³, apparaissaient à l'écran du radar de surveillance au sol, et le radar aérien montrait l'aéronef en approche à quelque 1,3 mille marin (NM) de la piste 24L.

À 11 h 19 min 4 s, une incursion sur piste s'est produite lorsque le véhicule de tête du convoi a franchi le point d'attente avant piste¹⁴ et s'est engagé dans la zone protégée de la

¹² Les tâches du surveillant de la tour de Montréal sont énoncées dans le *Manuel d'exploitation de la Tour de Montréal* (18 juin 2018), chapitre 3 : Procédures, section 3.2 : Responsabilités du surveillant de NAV CANADA.

¹³ Le véhicule CHA81 n'apparaissait pas à l'écran du système A-SMGCS, peut-être en raison d'une panne de la radiobalise de repérage de véhicules (RRV). Comme le véhicule CHA81 faisait partie d'un convoi, il n'était pas tenu d'avoir une RRV en état de fonctionnement. « Tous les véhicules évoluant sur une zone contrôlée de l'aire de mouvement doivent être équipés de RRV à l'exception de ceux faisant partie d'un convoi. » (Source : Aéroports de Montréal, *Directive sur la circulation en zone réglementée* [édition 2017], section 2.31.)

¹⁴ Les points d'attente avant piste sont décrits à la section 1.10.2 du présent rapport.

piste¹⁵. À ce moment, les données radar indiquaient que l'aéronef se trouvait sur le profil d'approche à 0,3 NM de la piste, à environ 157 pieds au-dessus de l'aérodrome, soit 275 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL)¹⁶. Le contrôleur d'aéroport, qui surveillait l'approche de l'aéronef, a vu le véhicule de tête du convoi franchir le point d'attente avant piste à son écran radar de surveillance au sol.

À 11 h 19 min 7 s, l'équipage de conduite a aperçu le convoi sur la piste et sur la plateforme d'attente de circulation, et a amorcé une remise des gaz. Au même moment, le contrôleur d'aéroport indiquait à l'aéronef de remonter et de faire un circuit. Ni le chef d'équipe ni quelque autre conducteur d'un véhicule du convoi n'a signalé par radio au conducteur du véhicule de tête du convoi son incursion sur piste. Le conducteur du véhicule de tête du convoi a atteint la surface de piste à 11 h 19 min 8 s, et le 2^e balayeur chasse-neige (CHA82) du convoi a franchi le point d'attente avant piste à 11 h 19 min 9 s.

À 11 h 19 min 10 s, l'équipage de conduite a relu l'instruction du contrôleur d'aéroport de faire un circuit. Immédiatement après, le contrôleur d'aéroport a informé le contrôleur sol de la position du convoi et de son incursion sur piste.

À 11 h 19 min 16 s, le conducteur du véhicule de tête du convoi a atteint l'axe de piste, et l'aéronef a directement survolé le véhicule (figure 3).

¹⁵ « ZONE PROTÉGÉE DE PISTE : zone entourant la piste en service établie en vue de protéger les aéronefs au départ ou à l'arrivée du trafic terrestre. » (Source : NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne* [MATS], Glossaire [26 juin 2018], p. 118)

¹⁶ L'altitude radar peut varier de +/- 50 pieds et a été corrigée en fonction des réglages standard et réel d'altitude-pression. L'élévation de la piste est de 118 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Figure 3. Capture d'écran du diffuseur de médias Webview de NAV CANADA montrant la plateforme d'attente de circulation 24L et la piste 24L. L'image insérée montre l'aéronef (SKW3130) qui survole le convoi. Cette capture d'écran a été prise au moment où l'identificateur de cible radar de SKW3130 s'affichait au-dessus de CHA142 et de CHA82. La cible radar de CHA81 n'était pas visible. (Source : NAV CANADA, avec annotations du BST)



Jusqu'à ce moment, les membres du convoi ignoraient qu'il s'était produit une incursion sur piste. Le chef d'équipe, qui s'approchait de la plateforme d'attente de circulation 24L par la voie de circulation A, s'attendait à voir le véhicule de tête du convoi en position perpendiculaire à la piste et immobilisé sur la plateforme d'attente de circulation. Il a plutôt aperçu le véhicule de tête du convoi sur la piste juste au moment où l'aéronef le survolait. Le chef d'équipe et le conducteur du véhicule de tête du convoi ont entendu l'aéronef qui les survolait, mais ils ne l'ont pas vu.

À 11 h 19 min 16 s, le contrôleur sol a constaté et a compris la situation à l'écran radar de surveillance au sol, et à 11 h 19 min 18 s, il a informé le chef d'équipe qu'il y avait eu incursion sur piste.

À 11 h 19 min 19 s, le contrôleur d'aéroport a demandé à l'aéronef de monter à 3000 pieds et de maintenir le cap de piste. L'équipage de conduite a confirmé au contrôleur d'aéroport qu'il avait reçu l'instruction de remettre les gaz et qu'il avait bien aperçu les chasse-neige avant de remettre les gaz.

À 11 h 19 min 26 s, un 3^e balayeur chasse-neige (CHA81) avait franchi le point d'attente avant piste, et le conducteur du véhicule de tête du convoi s'est rendu compte qu'il ne s'était pas arrêté à l'écart de la piste; il a aussitôt essayé de regagner la plateforme d'attente de circulation. Au même moment, le 4^e balayeur chasse-neige du convoi (CHA88) a franchi le point d'attente avant piste et s'est arrêté tout juste au-delà de celui-ci.

Peu de temps après, le chef d'équipe a confirmé au contrôleur sol l'incursion sur piste par le convoi. Comme aucun autre trafic aérien n'arrivait, le contrôleur sol a indiqué au chef d'équipe de s'engager sur la piste 24L pour terminer les opérations de déneigement. Une fois le déneigement terminé, les véhicules du convoi sont rentrés au garage sans incident.

L'aéronef a effectué une 2^e approche aux instruments et s'est posé sans encombre sur la piste 24R environ 15 minutes plus tard.

1.2 Tués et blessés

Personne n'a été blessé.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef et les véhicules au sol n'ont subi aucun dommage.

1.4 Autres dommages

L'événement à l'étude n'a causé aucun dommage à des biens ni à d'autres objets.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Contrôleurs de la circulation aérienne

Les dossiers indiquent que les contrôleurs de la circulation aérienne qui étaient en poste durant l'événement à l'étude étaient qualifiés conformément à la réglementation en vigueur. Selon l'enquête, rien n'indique que des facteurs physiologiques auraient eu une incidence négative sur le rendement des contrôleurs, et rien ne laissait croire que la fatigue aurait pu être un facteur.

Tableau 1. Renseignements sur les contrôleurs

Poste du contrôleur	Contrôleur d'aéroport	Contrôleur sol
Licence de contrôleur de la circulation aérienne	Aéroport : CYUL Terminal : CYOW*, CYQB** Région : CYUL	Aéroport : CYQB**, CYUL, CYZV***
Date d'expiration du certificat médical	24 octobre 2020	15 janvier 2020
Expérience comme contrôleur	14 ans	25 ans
Expérience dans la présente unité	3 ans	22 ans
Heures de service avant l'événement	4,8 heures	4,8 heures

* Aéroport international Ottawa/Macdonald-Cartier

** Aéroport international Québec/Jean-Lesage

*** Aéroport de Sept-Îles

1.5.2 Personnel au sol

Les dossiers indiquent que les conducteurs d'ADM dans l'événement à l'étude possédaient la licence et les qualifications nécessaires conformément à la réglementation en vigueur.

Le chef d'équipe était au service d'ADM comme employé à temps plein. Le conducteur du véhicule de tête du convoi était au service d'ADM comme travailleur saisonnier en hiver seulement.

Tableau 2. Renseignements sur les conducteurs de véhicule d'ADM à l'étude

Exploitant	Chef d'équipe	Conducteur du véhicule de tête du convoi
Date d'embauche par ADM	Automne 2010	Automne 2016
Situation d'emploi	Temps plein	Saisonnier
Certificat restreint d'opérateur radio (compétence aéronautique) (CRO-A)*	10 décembre 2010	1 ^{er} décembre 2016
Directive sur la circulation en zone réglementée**	10 décembre 2010	25 novembre 2016
Permis de conduire côté piste (AVOP) – type D***	16 février 2011	12 décembre 2016
Expérience dans la présente unité	9 ans 2 ans comme chef d'équipe	3 saisons Hivers seulement
Heures de service avant l'événement à l'étude	4,3 heures	4,3 heures

* Industrie Canada délivre le certificat restreint d'opérateur radio (compétence aéronautique) (CRO-A) et indique que « [l']opérateur d'une installation radiotéléphonique à bord d'un aéronef et dans une station terrestre du service aéronautique fixe ou mobile utilisant des fréquences du service mobile aéronautique doit être titulaire d'un certificat restreint d'opérateur radio (compétence aéronautique) ». (Source : Industrie Canada, Guide d'étude du certificat restreint d'opérateur radio [compétence aéronautique] [CRO-A] CIR-21, 3^e édition [février 2010].)

** La *Directive sur la circulation en zone réglementée* est une directive d'ADM qui « a comme objectif de permettre aux aéronefs, aux véhicules et aux piétons de circuler en zone réglementée ou au sein des édifices, de façon ordonnée et en toute sécurité » aux aéroports internationaux Montréal-Trudeau et Montréal-Mirabel. Pour se conformer à cette directive, tous les conducteurs de véhicule doivent suivre une formation en classe et réussir un examen écrit. (Source : Aéroports de Montréal, *Directive sur la circulation en zone réglementée* [édition 2017].).

*** Le permis de conduire côté piste (AVOP) autorise le titulaire à conduire des véhicules sur les routes et les aires de mouvement d'ADM. Le titulaire d'un AVOP de type « D » est autorisé à circuler sur l'aire de mouvement de l'aéroport pour lequel le permis est émis. (Source : Aéroports de Montréal, Permis de conduire côté piste [AVOP], <https://www.admtl.com/fr/adm/surete/bureau-administration-permis/permis-conduire-cote-piste> [dernière consultation le 22 octobre 2019])

Les conducteurs des véhicules CHA82, CHA81 et CHA88 étaient également des travailleurs saisonniers; le conducteur du véhicule CHA82 avait 1 année d'expérience à son actif, tandis que les conducteurs des véhicules CHA81 et CHA88 en avaient 2.

Selon l'enquête, rien n'indique que des facteurs physiologiques auraient eu une incidence négative sur le rendement des conducteurs d'ADM, et rien ne laissait croire que la fatigue aurait pu être un facteur.

1.5.2.1 Formation des conducteurs de véhicule

Tous les conducteurs suivent une formation sur l'utilisation du véhicule et de la radio de même que sur les procédures de convoi et d'aérodrome en vue d'obtenir les qualifications CRO-A et AVOP. D'après le programme de formation de conducteur de véhicule d'ADM¹⁷, la formation de conducteur de véhicule comprend 7 semaines de formation en classe avec des exercices pratiques, suivie d'examens écrits et de tests pratiques. Durant la formation, les

¹⁷ Aéroports de Montréal, Division de l'entretien des terrains, *Plan de formation* (1^{er} mai 2018).

conducteurs apprennent les procédures d'utilisation de l'équipement et des véhicules, les opérations en convoi, les procédures d'aérodrome d'ADM, et les procédures de communication de NAV CANADA.

La formation que donne ADM et les procédures qu'elle emploie soulignent que :

- La principale responsabilité de tous les membres d'un convoi est de suivre le véhicule à la tête du convoi. C'est important durant les opérations de déneigement en convoi pour faire en sorte que le convoi conserve sa disposition afin d'enlever la neige et les contaminants sur son trajet le plus rapidement et efficacement possible.
- Étant donné l'expérience variable des conducteurs saisonniers, on place souvent ceux qui sont moins expérimentés derrière le véhicule de tête du convoi, en 2^e et 3^e places, afin qu'ils aient des conducteurs plus chevronnés devant et derrière eux.
- Les conducteurs connaissent la phraséologie pertinente de NAV CANADA et s'y conforment.

Durant leur formation, les conducteurs sont confrontés à divers scénarios relatifs aux procédures et aux communications, dont des situations où ils doivent se tenir à l'écart de la piste ou la quitter en cas d'urgence. La formation aborde brièvement les incursions de piste, mais ne comprend aucun apprentissage précis ni aucune mise en situation d'incursion sur piste, par exemple :

- les mesures que les conducteurs doivent prendre en cas d'incursion;
- les communications radio obligatoires;
- les procédures de conduite de véhicule à suivre pour réduire la probabilité d'une incursion ou en atténuer les conséquences.

1.6 Renseignements sur l'aéronef et les véhicules au sol

1.6.1 L'aéronef

Le CRJ 200 a été construit en 2002 et était exploité par SkyWest Airlines au moment de l'événement. Aucune anomalie relative à l'état de service ou à l'entretien de l'aéronef n'a été relevée. Les données radar indiquaient que l'aéronef se trouvait à 275 pieds ASL à 0,3 NM de la piste, et de nouveau à 275 pieds ASL à environ 1000 pieds sur l'axe de piste.

L'enquête n'a pas permis de déterminer la hauteur exacte à laquelle l'aéronef est descendu, mais il se peut que ce fût aussi peu que 107 pieds au-dessus du niveau du sol (AGL)¹⁸.

1.6.2 Véhicules d'aérodrome

Le camion du chef d'équipe est muni de 2 radios (1 pour les communications sol ATC, et 1 pour les communications radio internes du convoi), ainsi que d'un ordinateur portable de bord (pour la saisie des comptes rendus AMSCR), d'un décéléromètre (pour mesurer le coefficient de frottement de la piste dans le but d'établir un rapport du coefficient canadien

¹⁸ Les calculs sont fondés sur l'altitude radar, l'erreur radar et l'altitude d'aérodrome.

de frottement sur piste), et d'une radiobalise de repérage de véhicule (RRV), soit « le transmetteur installé sur le toit d'un véhicule qui émet un signal radio permettant de localiser la position exacte du véhicule sur l'aire de mouvement de l'aérodrome et d'afficher son indicatif d'appel radio sur les écrans radars¹⁹ ». On n'a relevé aucune anomalie relative à l'état de service ou à l'entretien du camion du chef d'équipe.

Les balayeurs chasse-neige d'ADM sont conçus et construits par Oshkosh Corporation. Ces véhicules consistent en un camion HT manœuvré par un seul conducteur. Munis d'un chasse-neige et d'un balai XT remorqué, ces véhicules mesurent environ 22 pieds de large et 60 pieds de long. Ils sont eux aussi munis de 2 radios et de 1 RRV.

Les enregistrements du A-SMGCS fournis pour les besoins de l'enquête ne montraient aucun signal RRV pour le 3^e balayeur chasse-neige (CHA81) au moment de l'incursion. Par conséquent, la position exacte du CHA81 et le moment où il a franchi le point d'attente avant piste sont inconnus.

On n'a relevé aucune autre anomalie relative à l'état de service ou à l'entretien du balayeur chasse-neige du véhicule de tête du convoi, ou à tout autre balayeur chasse-neige dans le convoi.

1.7 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) diffusé à 11 h 16 pour CYUL faisait état des conditions suivantes :

- vents de surface soufflant du 220° vrai à 14 nœuds avec rafales à 20 nœuds;
- visibilité de 1¼ mille terrestre dans la neige faible et la poudrerie basse;
- couvert nuageux à 2000 pieds AGL;
- température -9 °C;
- point de rosée -12 °C;
- calage altimétrique de 29,92 pouces de mercure;
- remarques²⁰ indiquant des stratocumulus à 8 octas et chute rapide de la pression.

Étant donné la distance de la tour de contrôle à la plateforme d'attente de circulation 24L et la visibilité réduite, les contrôleurs ne pouvaient voir le camion du chef d'équipe, le convoi et l'aéronef que sur leurs écrans de radar aérien et de surveillance au sol respectifs.

¹⁹ Source : Aéroports de Montréal, *Directive sur la circulation en zone réglementée* [édition 2017], chapitre 1 : Généralités, section B : Interprétation, section 1.03.

²⁰ « Les remarques sont incluses dans les messages canadiens après l'indicateur RMK. Les remarques incluront, lorsqu'ils sont observés, le type de nuages et l'importance de la couverture nuageuse et/ou des phénomènes obscurcissants (en huitième de ciel couvert ou octas), les remarques générales sur la météo et la pression au niveau de la mer au besoin. » (Source : Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* [AIM de TC], MET- Météorologie [11 octobre 2018], Section 8.0 : Message d'observation météorologique régulière d'aérodrome [METAR], 8.3 Message type, p. 174.)

De plus, même si la base des nuages était prévue à 600 pieds AGL dans les prévisions de zone graphique et annoncée à 2000 pieds AGL dans le METAR, la visibilité était réduite, et l'équipage de conduite n'a aperçu les environs de la piste que lorsque l'aéronef fut descendu sous les 400 pieds AGL.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

1.9.1 Généralités

Les contrôleurs de la circulation aérienne de NAV CANADA à la tour de contrôle de CYUL suivent les directives en matière de communication et de phraséologie qui sont établies dans le *Manuel des services de la circulation aérienne – Tour de contrôle* (MATS – Tour-FR²¹) de NAV CANADA. Les contrôleurs d'aéroport et contrôleurs sol en poste utilisent divers outils ou systèmes pour surveiller et contrôler les aéronefs et les véhicules au sol et communiquer avec eux, y compris des systèmes radar ou de surveillance sol, des radios de communication et le balisage lumineux au sol. Les contrôleurs à chacun de ces postes peuvent surveiller les divers écrans et se tourner l'un vers l'autre pour parler ou discuter de problèmes. Au moment de l'incursion, le contrôleur d'aéroport communiquait avec l'équipage de conduite de l'aéronef, et le contrôleur sol communiquait avec le chef d'équipe du convoi.

Aucune difficulté et aucun problème de communication n'a été signalé entre l'ATC et l'aéronef.

1.9.2 Phraséologie de trafic terrestre

Le MATS de NAV CANADA énonce la phraséologie de trafic terrestre, et ADM reprend celle-ci dans la formation qu'elle donne aux conducteurs de véhicules au sol pour leurs qualifications CRO-A et AVOP.

Le manuel MATS – Tour-FR fournit les directives ci-dessous à l'intention des contrôleurs :

Lorsque vous transmettez des instructions de circulation à des aéronefs ou au trafic terrestre :

- Transmettez des instructions au besoin, en langage clair et concis.

²¹ Le *Manuel des services de la circulation aérienne* (MATS) collige les lignes directrices de NAV CANADA à l'intention du personnel des services de la circulation aérienne. Le MATS – Tour-FR précise les procédures pour les contrôleurs qui occupent les postes dans la tour de contrôle d'un aéroport.

- Donnez l'instruction au pilote ou au conducteur de traverser ou d'attendre à l'écart de toute piste ou voie de circulation sur sa route.
- Demandez une relecture des instructions d'attendre ou de rester à l'écart²².

Lorsqu'ils donnent des instructions de mouvement du trafic terrestre pour une piste, les contrôleurs peuvent inclure une instruction brève d'attendre à l'écart ou simplement indiquer la destination, comme la plateforme d'attente de circulation ou la voie de circulation sécante, sans inclure l'énoncé « attendez à l'écart ».

Le MATS – Tour-FR ne comprend aucune exigence à l'intention des contrôleurs selon laquelle l'instruction de rester à l'écart d'une piste ou l'instruction « attendez à l'écart » doit être incluse dans toutes les instructions de roulage ou de mouvement de trafic terrestre, car aucun aéronef ni véhicule ne devrait s'engager sur une piste en service sans y être spécifiquement autorisé par l'ATC^{23,24}, peu importe si l'instruction de l'ATC indique d'attendre à l'écart. Toutefois, les contrôleurs peuvent, à leur discrétion, inclure l'instruction d'attendre à l'écart s'ils veulent insister sur la protection d'une piste en service. Le cas échéant, ils doivent obtenir une relecture, comme le stipulent le MATS – Tour-FR et le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC)^{25,26}.

NAV CANADA a également publié un manuel intitulé *Phraséologie du trafic terrestre*²⁷, qui sert d'outil d'apprentissage et de document de référence à l'intention des conducteurs de véhicules au sol qui travaillent aux aéroports canadiens. Ce document d'orientation est fondé sur le MATS de NAV CANADA et contient les procédures de communication radio, des exemples et des pratiques exemplaires, y compris de l'information sur l'attente à l'écart, la relecture et les opérations sur une piste (annexe A).

²² NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne* (MATS), Tour-FR (26 juin 2018), Gestion de la circulation aérienne, Mouvements de surface, Exploitation des aéronefs circulant au sol ou du trafic terrestre, Instructions de circulation, p. 69.

²³ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), RAC – Règles de l'air et services de la circulation aérienne (11 octobre 2018), alinéa 4.2.5, p. 252.

²⁴ NAV CANADA, *Phraséologie du trafic terrestre*, version 1 (avril 2018), <http://www.navcanada.ca/FR/media/Pages/publications-operational.aspx> (dernière consultation le 26 juillet 2019).

²⁵ NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne* (MATS), Tour-FR (26 juin 2018), Gestion de la circulation aérienne, Mouvements de surface, Exploitation des aéronefs circulant au sol ou du trafic terrestre, Instructions de circulation, p. 69.

²⁶ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), RAC – Règles de l'air et services de la circulation aérienne (11 octobre 2018), alinéa 4.2.5, p. 252.

²⁷ NAV CANADA, *Phraséologie du trafic terrestre*, version 1 (avril 2018), <http://www.navcanada.ca/FR/media/Pages/publications-operational.aspx> (dernière consultation le 26 juillet 2019).

1.9.3 Communications entre les contrôleurs de la circulation aérienne et les convois

Tous les conducteurs dans un convoi, y compris le chef d'équipe, communiquent entre eux au moyen d'une radio, souvent pour coordonner les opérations de convoi et de déneigement. Ils peuvent tous également communiquer avec l'ATC au moyen d'une 2^e radio. Toutefois, le chef d'équipe est habituellement le seul à communiquer avec l'ATC.

Lorsqu'ils transmettent des instructions de mouvement au sol à la suite d'une demande de la part du chef d'équipe, les contrôleurs essaient d'autoriser l'itinéraire le plus direct et le plus efficace en tenant compte du trafic actuel et prévu de véhicules et d'aéronefs. À CYUL, lorsque le volume de trafic l'exige, et quand la distance entre le point de départ du convoi et sa destination sur l'aérodrome est grande, les contrôleurs divisent habituellement le trajet en segments et donnent progressivement au convoi des instructions et des autorisations de mouvement au sol vers des points intermédiaires. À l'inverse, les contrôleurs peuvent aussi transmettre un itinéraire complet dans une seule instruction.

Lors de l'événement à l'étude, l'instruction de l'ATC comprenait un long trajet qui indiquait plusieurs voies de circulation, une piste et une plateforme d'attente de circulation. Cette instruction était longue et ne comprenait aucun point intermédiaire ni arrêt, mais c'est ainsi qu'elle a été transmise, étant donné le faible volume de trafic aérien et terrestre ce matin-là. De plus, les procédures de NAV CANADA permettent la transmission d'instructions dans ce format.

Dans tous les cas, l'ATC, les chefs d'équipe, les conducteurs de véhicules de tête d'un convoi et les conducteurs en convoi comprennent tous qu'il est nécessaire de suivre le trajet précis, de maintenir la dernière position autorisée, et d'attendre d'autres instructions avant de se déplacer.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

CYUL compte 3 pistes :

- 06R/24L, d'une longueur de 9600 pieds et d'une largeur de 200 pieds;
- 06L/24R, d'une longueur de 11 000 pieds et d'une largeur de 200 pieds;
- 10/28, d'une longueur de 7000 pieds et d'une largeur de 200 pieds.

La tour de contrôle de NAV CANADA à CYUL se trouve au-dessus de l'aérogare principale, au sud de l'aérodrome. La distance entre la tour et la plateforme d'attente de circulation 24L est d'environ 1,9 NM.

1.10.2 Balisage lumineux, signalisation et marques aux points d'attente avant piste

Les points d'attente avant piste peuvent être indiqués par du balisage lumineux, de la signalisation et des marques au sol. Ces éléments servent de repères visuels de position et de proximité de la piste aux pilotes et aux conducteurs de véhicules. Le point d'attente de la

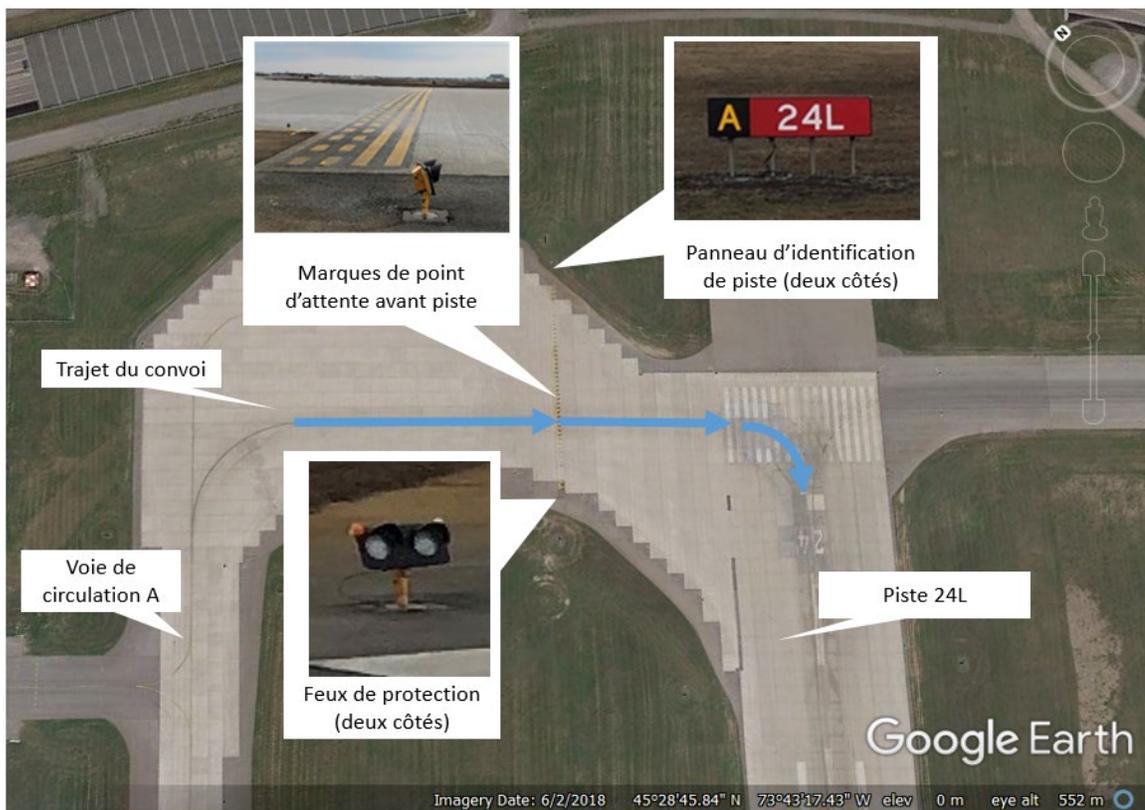
piste 24L était indiqué par des feux de protection de piste hors-sol, des panneaux d'identification de piste et des marques de point d'attente (figure 4).

Des feux de protection de piste hors-sol, communément appelés « wig wags », consistent en un boîtier surélevé contenant une paire de feux jaunes à clignotement alternatif unidirectionnels. Ils ont pour fonction d'attirer l'attention sur le point d'attente. Étant donné la visibilité réduite, ces feux étaient allumés au moment de l'événement.

Les panneaux d'identification de piste consistent en un ensemble de boîtes hors-sol, de chaque côté du point d'attente avant piste, qui indiquent le nom de la voie de circulation sécante (en lettres jaunes sur fond noir) ainsi que l'indicatif de la piste (en lettres blanches sur fond rouge). Ces panneaux indiquent la piste qui est devant.

Les marques de point d'attente avant piste, communément appelées « lignes d'attente », comprennent 4 lignes jaunes parallèles (2 lignes continues et 2 lignes pointillées) sur fond noir. Elles indiquent le point d'attente et s'étendent sur toute la largeur de la voie de circulation.

Figure 4. Vue aérienne de la plateforme d'attente de circulation 24L, avec images insérées montrant le balisage lumineux, la signalisation et les marques aux points d'attente avant piste (Source de l'image principale : Google Earth, avec annotations du BST. Source des images insérées : Aéroports de Montréal)



1.10.3 **Système avancé de guidage et de contrôle de la circulation de surface**

La tour de contrôle à CYUL est munie d'un A-SMGCS, qui reçoit des données des antennes du radar de surface primaire et de multilatération²⁸, et fournit aux contrôleurs un affichage en temps réel du trafic d'aéronefs et de véhicules sur les aires de manœuvre de l'aéroport. Chaque poste de contrôle dans la tour est pourvu de son propre écran A-SMGCS. Lors de l'événement à l'étude, le contrôleur d'aéroport, qui surveillait l'approche de l'aéronef, a ainsi pu remarquer le mouvement du convoi, notamment l'incursion sur piste, et transmettre à l'aéronef l'instruction de remettre les gaz.

1.11 **Enregistreurs de bord**

Sans objet.

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

Sans objet.

1.13 **Renseignements médicaux et pathologiques**

Sans objet.

1.14 **Incendie**

Sans objet.

1.15 **Questions relatives à la survie des occupants**

Sans objet.

1.16 **Essais et recherche**

Sans objet.

1.17 **Renseignements sur les organismes et sur la gestion**

1.17.1 **NAV CANADA**

NAV CANADA fournit les services ATC à CYUL. La tour de contrôle fournit les services de contrôle sur l'aire de manœuvre et aux aéronefs en vol dans la zone de contrôle. Le personnel qui y travaille comprend 1 surveillant de tour et un certain nombre de

²⁸ « La multilatération (MLAT) permet une surveillance précise et à faible coût en faisant appel à la technologie actuelle des transpondeurs. Elle offre une conscience situationnelle supérieure là où aucune couverture radar n'est offerte, favorisant ainsi la gestion d'un trafic complexe et des opérations à la fois plus sécuritaires et efficaces pour les clients. La MLAT peut également servir à assurer la surveillance au sol dans les aéroports afin d'assurer une couverture totale des pistes, des voies de circulation et des zones des aérogares. » (Source : NAV CANADA, « Multilatération », à l'adresse <http://www.navcanada.ca/FR/products-and-services/Pages/on-board-operational-initiatives-mlat.aspx> [dernière consultation le 26 juillet 2019]).

contrôleurs qui sont soit en service dans la tour, soit en disponibilité sur appel. Le nombre réel de contrôleurs à leur poste de travail varie en fonction du trafic.

Une entente conclue entre NAV CANADA et ADM permet d'assurer la coordination des aéronefs et des véhicules au sol entre la tour de contrôle et le service de gestion d'aire de trafic d'ADM. Le service de gestion d'aire de trafic a pour responsabilité de coordonner les aéronefs et les véhicules aux alentours de l'aérogare principale et sur l'aire de trafic principale, ainsi que d'en transférer et en remettre le contrôle aux contrôleurs de NAV CANADA.

Le personnel de NAV CANADA a examiné l'événement à l'étude; il a écouté les enregistrements audio et analysé les enregistrements des radars aériens et de surveillance au sol. NAV CANADA a déterminé qu'il s'agissait d'une irrégularité d'exploitation²⁹ non liée aux services de la circulation aérienne (ATS), et par conséquent n'a rempli aucun rapport interne de sécurité. NAV CANADA a néanmoins déposé un rapport d'enquête aéronautique (AOR-244648-3) auprès de TC et du BST.

1.17.2 Aéroports de Montréal

ADM est une société privée, sans but lucratif et financièrement indépendante qui est responsable de la gestion, de l'exploitation et du développement de CYUL.

ADM applique diverses politiques et directives et divers plans pour l'exploitation sécuritaire, efficace et efficiente de l'aérodrome. Conformément à la politique relative au système de gestion de la sécurité³⁰ d'ADM, le personnel d'ADM a examiné l'incident, a fait une analyse des procédures et politiques en vigueur et a mené des activités d'évaluation des risques. Des mesures d'atténuation initiales ont été mises en place, comme le décrit la section 4 du présent rapport.

L'aérodrome CYUL est divisé en un côté public et un côté piste. Le côté piste est lui-même divisé en 3 secteurs : le centre de dégivrage, l'aire de trafic principale, et les voies de circulation et pistes.

²⁹ « **IRRÉGULARITÉ D'EXPLOITATION ATS** - Situation qui se produit dans la prestation des ATS lorsqu'une enquête préliminaire indique qu'une situation dangereuse a peut-être eu lieu ou une perte d'espacement aurait pu se produire. »

« **IRRÉGULARITÉ D'EXPLOITATION NON-ATS** - Situation qui se produit dans la prestation des ATS lorsqu'une enquête préliminaire indique qu'une situation dangereuse ou une perte d'espacement a peut-être eu lieu et que les ATS n'ont pas contribué au résultat ». (Source : NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne* [MATS], Glossaire [26 juin 2018], p. 72 et 73).

³⁰ Aéroports de Montréal, PO-101, *Politique du système de gestion de la sécurité (SGS)* (entrée en vigueur le 28 novembre 2007, dernière modification le 12 novembre 2018).

1.17.2.1 Opérations de déneigement

Le Plan d'opérations hivernales³¹, le Guide de déneigement des aires de mouvements³² et la Directive opérationnelle d'inspection des pistes³³ d'ADM décrivent les opérations de déneigement à CYUL.

La Division de l'entretien des terrains d'ADM est responsable des activités de déneigement sur l'aire de trafic principale ainsi que sur les voies de circulation et les pistes. Elle compte 4 superviseurs, 8 chefs d'équipe et plus de 100 conducteurs à temps plein et saisonniers.

Les superviseurs et chefs d'équipe sont responsables de la planification de tous les convois de déneigement. À cet effet, ils évaluent les conditions météorologiques prévues et réelles et déterminent :

- la taille du convoi (nombre de véhicules requis);
- l'équipement nécessaire (types de véhicules requis pour le dégivrage et l'antigivrage, le déneigement ou l'enlèvement de la neige);
- la disposition du convoi (position de chaque véhicule);
- l'affectation du personnel (chaque conducteur affecté à un équipement particulier).

Le nombre de conducteurs dans un convoi peut varier de quelques-uns à plus d'une dizaine. Dans tous les cas, 1 chef d'équipe commande le convoi. Parfois, en fonction des conditions météorologiques et de la taille du convoi, on peut faire appel à des chefs d'équipe additionnels et 1 superviseur.

Dans tous les cas, un des conducteurs de balayeur chasse-neige est désigné comme conducteur du véhicule de tête du convoi. Les superviseurs et chefs d'équipe se fient à l'expérience et aux connaissances du conducteur du véhicule de tête du convoi pour faciliter les opérations de déneigement. En consultation avec le superviseur ou le chef d'équipe, le conducteur du véhicule de tête du convoi peut être responsable de la vitesse, du positionnement, de l'orientation et la disposition du convoi pour le trajet choisi, en tenant compte de l'intensité des chutes de neige et de la direction des vents, et de l'endroit où l'on déposera la neige enlevée en route. Comme le rôle de conducteur du véhicule de tête du convoi exige une connaissance approfondie de l'utilisation du matériel et de l'aménagement de l'aérodrome, on le confie habituellement à un conducteur chevronné.

³¹ Aéroports de Montréal, *Plan d'opérations hivernales : Aéroport international de Montréal - Trudeau* (décembre 2018).

³² Aéroports de Montréal, Division de l'entretien des terrains, *Guide – Déneigement des aires de mouvements : Aéroport de Montréal-Trudeau* (décembre 2018).

³³ Aéroports de Montréal, Direction des opérations, Directive opérationnelle DO1-227, *Inspection de pistes* (entrée en vigueur le 28 octobre 2014, dernière modification le 8 novembre 2017).

La directive PR-3-7-804, Précautions pour prévenir les incursions de pistes lors des opérations³⁴, explique en détail les pratiques d'exploitation sécuritaires.

Dès que le convoi est prêt, il quitte le garage de maintenance sur piste et attend l'autorisation requise avant de s'engager sur les voies de circulation et les pistes. Le superviseur ou les chefs d'équipe dirigent le convoi et participent activement à la coordination avec l'ATC et à l'exécution des tâches du convoi sur le terrain d'aviation. Il incombe également au superviseur ou aux chefs d'équipe d'inspecter les secteurs qui ont été ou qui seront déneigés ainsi que de remplir et d'envoyer le formulaire AMSCR.

Quand un seul superviseur ou un seul chef d'équipe est requis (par exemple, pour un petit convoi), il se déplace sur le terrain d'aviation à bord d'un camion et occupe différentes positions autour du convoi à mesure que progresse le travail de déneigement. Quand il reçoit l'autorisation de l'ATC de s'engager sur une piste, il peut soit mener le convoi sur la piste, soit permettre au convoi de s'y engager sans lui. Parfois, en raison de problèmes liés à l'exploitation ou au matériel, ou de contraintes de temps, il n'est pas pratique pour le chef d'équipe de diriger le convoi sur la piste; il se peut alors que le chef d'équipe doive plutôt occuper une position différente dans le convoi. Les procédures d'ADM ne stipulent pas que le superviseur ou chef d'équipe doit être en tête du convoi quand il s'engage sur une piste, lorsqu'un seul superviseur ou chef d'équipe est requis.

Une fois que le convoi est engagé sur la piste, le chef d'équipe peut aller de l'avant et faire une reconnaissance des secteurs à déneiger. Parfois, il suit le convoi pour s'assurer que tous les secteurs ont été déneigés et pour évaluer les conditions de freinage et les états de piste pour l'AMSCR. Comme le stipulent les procédures d'ADM, le superviseur ou le chef d'équipe doit toujours être le dernier à dégager une piste, et doit alors indiquer à l'ATC que la piste est dégagée³⁵.

Quand le convoi se déplace d'une piste à l'autre, le superviseur ou le chef d'équipe peut alors profiter de ce moment pour remplir l'AMSCR et repositionner son véhicule en tête du convoi. Toutefois, peu importe sa position dans le convoi, il est responsable des mouvements du convoi sur le terrain d'aviation et des communications avec l'ATC, notamment pour obtenir les autorisations de se déplacer sur le terrain d'aviation et de s'engager sur les voies de circulation et les pistes.

Quand les conditions météorologiques se dégradent, des convois plus grands, des conducteurs additionnels, un 2^e chef d'équipe et même un superviseur pourraient être nécessaires. Dans ce cas, 1 chef d'équipe se positionne habituellement en tête du convoi pour superviser ce dernier, et le 2^e chef d'équipe se positionne en queue du convoi pour remplir les AMSCR et communiquer avec l'ATC. Si un superviseur est présent et participe

³⁴ Aéroports de Montréal, Division de l'entretien des installations, Procédure PR-3-7-804 : « Précautions pour prévenir les incursions de pistes lors des opérations » (entrée en vigueur le 19 avril 2013, dernière modification le 26 février 2019).

³⁵ Aéroports de Montréal, Division de l'entretien des terrains, *Guide — Déneigement des aires de mouvements : Aéroport de Montréal-Trudeau* (décembre 2018), p. 9.

aux opérations du convoi, il peut remplacer les chefs d'équipe ou les aider dans leurs tâches, ou encore se positionner à proximité pour améliorer la supervision et la sécurité.

Lors de l'événement à l'étude, étant donné les conditions météorologiques et la disposition du convoi, aucun superviseur n'était requis; 1 seul chef d'équipe suffisait, et le conducteur du véhicule CHA142 a été désigné comme conducteur du véhicule de tête du convoi. Le chef d'équipe a été le dernier à quitter la piste 24R, comme le stipulent les procédures d'ADM. Alors qu'il roulait de la piste 24R à la plateforme d'attente de circulation 24L, il a supervisé le convoi, a communiqué avec l'ATC et a gardé sa position en queue de convoi.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Facteurs humains

1.18.1.1 Mémoire prospective

La mémoire prospective nous permet de nous rappeler de faire une action dans le futur. Il existe 2 types de mémoire prospective :

- **fondée sur un événement** : se rappeler de faire une action prévue quand se produisent des circonstances précises;
- **fondée sur le temps** : se rappeler de faire une action prévue à un moment particulier.

La mémoire prospective fait appel à l'encodage, à la rétention, à l'exécution et à l'évaluation. Lorsqu'une action intentionnelle a été encodée et conservée en mémoire, la personne qui souhaite exécuter cette action doit d'abord pouvoir l'extraire de sa mémoire. La remémoration prospective est possible grâce à des processus cognitifs comme la récupération stratégique (surveillance ou recherche) ou la récupération automatique. Des indices extérieurs associés à l'action prévue stimulent les processus de remémoration^{36,37}. Le succès de la récupération automatique dépend des caractéristiques de la tâche de la mémoire prospective, de la saillance de l'indice d'une cible auditive ou visuelle, de la tâche continue, et des différences individuelles³⁸.

³⁶ M. A. McDaniel et G. O. Einstein, « Psychology of Prospective Memory », *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (2001), p. 12241 à 12244.

³⁷ M. Kliegel, M. A. McDaniel et G. O. Einstein, *Prospective Memory, Cognitive, Neuroscience, Developmental, and Applied Perspectives* (Lawrence Erlbaum Associates, Taylor et Francis Group, 2008), chapitre 1, p. 12 à 16.

³⁸ M. A. McDaniel, G.O. Einstein, « Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: a multiprocess framework », *Applied Cognitive Psychology*, vol. 14, n° 7, Special Issue: New Perspectives in Prospective Memory (2000), p. S1 à S144.

1.18.1.2 Effet des modèles mentaux sur les attentes et l'attention

Les modèles mentaux sont essentiels pour réagir efficacement dans des environnements dynamiques où chaque seconde compte, car ils réduisent le recours à des évaluations chronophages et permettent d'agir rapidement. Par contre, ils peuvent également entraîner des erreurs de perception de l'information.

Dans les situations opérationnelles, on se fie à l'expérience et aux connaissances pour rapidement catégoriser la situation et choisir la marche à suivre appropriée³⁹. Ainsi, dans les situations souvent répétées, l'attention et les attentes sont souvent le fruit du modèle mental que l'on a de la situation, étant donné que l'expérience antérieure détermine quelle information est importante et l'évolution de la situation.

Toutefois, la capacité d'attention et de traitement de l'information de l'humain est limitée. S'il peut transférer rapidement son attention d'une source d'information à une autre, l'humain ne peut toutefois être pleinement attentif qu'à une seule source d'information à la fois. Ces limites de l'attention obligent les conducteurs à s'ajuster en fonction de la situation.

1.18.1.3 Attention, balayage visuel et surveillance

Pour assurer un contrôle sécuritaire et efficace du trafic aérien et des mouvements au sol, les contrôleurs de la circulation aérienne doivent se fier aux procédures de l'aérodrome et de NAV CANADA, utiliser les communications radio appropriées et balayer continuellement et activement du regard les écrans et surveiller les radios, aéronefs et véhicules. Ils doivent aussi veiller à la conformité et faire confiance aux pilotes et conducteurs de véhicules au sol pour qu'ils respectent les procédures et instructions.

La distance, les obstacles ou les conditions météorologiques peuvent réduire la visibilité et obstruer le champ visuel des aires de manœuvre à partir de la tour de contrôle. Les contrôleurs doivent souvent détourner leur attention d'un écran à l'autre. Par exemple, ils pourraient suivre un aéronef en vol à l'écran de radar aérien, puis porter leur attention à un aéronef au sol, à l'écran radar de surveillance au sol. Ce balayage visuel peut aussi se faire sur un seul écran, comme l'écran A-SMGCS. Dans ce cas, les contrôleurs doivent se concentrer sur une seule position de l'aérodrome (à l'écran) et tourner leur attention vers une autre position plus tard. Lorsqu'ils surveillent activement la progression d'aéronefs et de véhicules, les contrôleurs balayent continuellement du regard les divers écrans et portent leur attention d'un aéronef ou véhicule à un autre.

³⁹ G. Klein, « Naturalistic decision making », *Human Factors*, vol. 50, n° 3 (juin 2008), p. 456 à 460.

1.18.2 Incursions sur piste

1.18.2.1 Lignes directrices de l'Organisation de l'aviation civile internationale sur la prévention des incursions sur piste

L'OACI a publié le document 9870 AN/463, *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, afin de traiter tout particulièrement de « la question de la prévention des incursions dans le contexte de la sécurité de l'exploitation aérienne, de la gestion du trafic aérien, des mouvements des véhicules sur les aires de manœuvre et de la gestion des aérodromes⁴⁰ ».

Ce manuel propose une approche systémique pour examiner les facteurs contributifs aux incursions sur piste et offre des recommandations sur leur prévention. Il est important de noter que ce manuel ne met pas l'accent uniquement sur le personnel opérationnel et les limites humaines, mais aussi sur le système opérationnel dans son ensemble.

Les défaillances actives du personnel d'exploitation découlent parfois de défauts du système, parfois de limitations bien connues et documentées de l'être humain, mais elles sont normalement causées par ces deux lacunes. Une véritable approche systémique de la sécurité doit tenir compte à la fois des conditions latentes du système et des défaillances actives du personnel opérationnel de première ligne. C'est dans l'esprit de cette approche systémique que le présent manuel a été rédigé⁴¹.

En examinant les « conditions latentes du système » de même que les « limitations [...] de l'être humain », ce manuel de l'OACI fournit des pratiques exemplaires à utiliser pour la communication, dans le poste de pilotage, par le contrôle de la circulation aérienne, et pour la conduite de véhicules. Il fournit également des outils pour des programmes de formation et de prévention et dresse des listes de facteurs courants liés aux contrôleurs et aux conducteurs qui peuvent contribuer à une incursion.

Les facteurs courants liés aux contrôleurs comprennent la distraction et un mauvais champ de vision à partir de la tour de contrôle⁴². Les facteurs courants liés aux conducteurs comprennent le fait de ne pas obtenir une autorisation de s'engager sur une piste et le non-respect des instructions ATC⁴³.

Ce manuel recommande en outre l'utilisation d'un système de classification de la gravité des incursions sur piste. Ce système figure au tableau 3.

⁴⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, Doc 9870 AN/463, *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, première édition (2007), chapitre 1, section 1.3, p. 1–2.

⁴¹ Ibid., Avant-propos, p. 2.

⁴² Ibid., chapitre 2, section 2.4 : Éléments contrôle de la circulation aérienne, p. 2.3.

⁴³ Ibid., chapitre 2, section 2.5 : Éléments conducteur de véhicule du côté piste, p. 2.4.

Table 3. Système de classification de la gravité des incursions sur piste de l'OACI (Source : Organisation de l'aviation civile internationale, Doc 9870 AN/463, Manuel sur la prévention des incursions sur piste, Première édition [2007], chapitre 6, tableau 6-1)

Degré de gravité	Description*
A	Incident grave dans lequel une collision est évitée de justesse.
B	Incident dans lequel la séparation diminue avec un risque marqué de collision, qui peut exiger une manœuvre immédiate de correction ou d'évitement pour parer à une collision.
C	Incident caractérisé par le fait que le temps et/ou la distance permettent amplement de parer à une collision.
D	Incident qui entre dans la définition d'une incursion sur piste tel que la présence non autorisée d'un véhicule, d'une personne ou d'un aéronef sur l'aire protégée d'une surface réservée à l'atterrissage et au décollage d'aéronefs, mais qui ne porte pas immédiatement atteinte à la sécurité.
E	Renseignements insuffisants ou constatation non concluante ou conflictuelle qui empêchent d'évaluer la gravité.

* Voir les définitions d'« incident » et d'« incident grave », de l'OACI à l'annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale.

En se fondant sur ces critères, NAV CANADA a classé l'événement à l'étude comme une incursion de niveau B.

Le manuel contient un exemple de formulaire que l'on peut utiliser pour cerner les facteurs causals d'une incursion sur piste. Ce formulaire dresse la liste des facteurs causals qui s'appliquent à l'ATC et au personnel au sol, entre autres. Il s'agit notamment des facteurs suivants :

1. **CONTRÔLE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE**
 - 1.1 **Communications**
 - 1.1.1 A donné des instructions longues, complexes, prononcées très rapidement ou non conformes aux spécifications de l'OACI relatives aux communications radio air-sol
 - [...]
 - 1.2 **Conscience de la situation** [...]
 - 1.2.3 Distraction due :
 - aux autres tâches assignées, par exemple conversations téléphoniques concernant le vol, observations et enregistrement des conditions météorologiques, émission d'un NOTAM et d'autres renseignements d'exploitation
 - [...]
 - 1.2.7 Non-observation directe des mouvements au sol
 - 1.2.8 Champ de vision de l'aire de manœuvre obstrué depuis la tour ATC⁴⁴.

⁴⁴ Organisation de l'aviation civile internationale, Doc 9870 AN/463, Manuel sur la prévention des incursions sur piste, première édition (2007), Appendice G, p. App-G1 à App-G4.

La partie du formulaire qui liste les facteurs causals liés aux conducteurs de véhicule comprend les facteurs suivants :

3.	CONDUCTEURS DE VÉHICULES ET PIÉTONS
[...]	
3.2	<i>Conscience de la situation</i>
3.2.1	A oublié les détails/les limites de toute autorisation de manœuvrer sur l'aire de manœuvre
3.2.2	A été distrait :
	• par ses tâches en cours
[...]	
3.5	<i>Autorisations et instructions</i>
3.5.1	N'a pas respecté les autorisations et instructions de l'ATC ⁴⁵

1.18.2.2 Incursions sur piste au Canada

TC, NAV CANADA et des aéroports partout au Canada ont adopté plusieurs des recommandations de l'OACI issues du *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*; pourtant, des incursions sur piste continuent de se produire. Bien qu'il n'y ait eu aucun accident récent découlant d'une incursion sur piste au Canada, les conséquences de ce type de collision pourraient être catastrophiques.

De 2013 à 2017, NAV CANADA a répertorié en moyenne 445 incursions sur piste chaque année au Canada⁴⁶. Si la majorité de ces incursions pose peu ou pas de risque, on a dénombré 21 événements très graves (catégorie B) au cours de chacune des 2 dernières années (figure 5). Ces événements auraient pu entraîner une collision avec un aéronef, des dommages, des blessures et des pertes de vie.

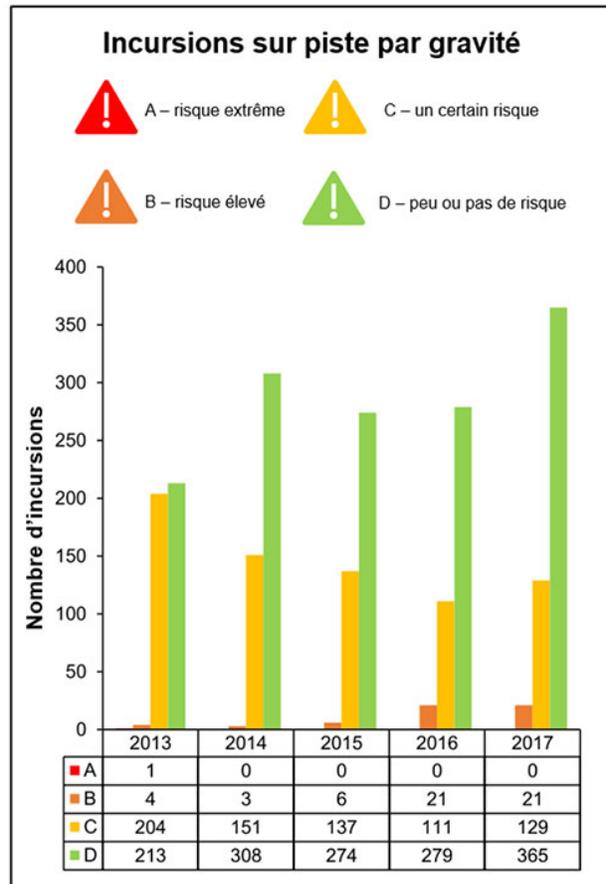
⁴⁵ Organisation de l'aviation civile internationale, Document 9870 AN/463, *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, première édition (2007), Appendice G, p. App-G6 à App-G8.

⁴⁶ Y compris les exercices de décollage, d'atterrissage et de posé-décollé aux aéroports où NAV CANADA fournit des services consultatifs.

Les incursions sur piste constituent un problème d’envergure mondiale. Le Global Runway Safety Action Plan 2017 de l’OACI indique que [traduction] « même si on a signalé très peu d’accidents liés aux incursions sur piste de 2008 à 2016, le nombre d’incursions sur piste demeure élevé [...] »⁴⁷.

Pour atténuer les facteurs qui peuvent entraîner des incursions sur piste, les intervenants de l’industrie ont apporté des améliorations graduelles aux politiques, aux procédures, aux technologies et aux infrastructures. C’est ainsi qu’on trouve de plus en plus souvent au Canada des aides à la conscience situationnelle dans le poste de pilotage, comme les organisateurs électroniques de poste de pilotage avec cartes mobiles. Malgré les mesures prises, on a enregistré une hausse de 18 % de la fréquence globale des incursions sur piste de 2013 à 2017.

Figure 5. Incursions sur piste au Canada de 2013 à 2017 classées par gravité (Source : NAV CANADA)



1.18.2.3 Incursions sur piste à CYUL

Les données sur les incursions sur piste à CYUL de 2000 à 2019 proviennent de NAV CANADA (annexe B). Ces incursions ont été classées comme étant des déviations par les services de la circulation aérienne, des écarts commis par des pilotes, ou des incursions par des véhicules ou des piétons. De 2001 à 2019⁴⁸, on a relevé en moyenne 9,1 incursions annuellement commises par des véhicules ou des piétons (tableau 4).

Tableau 4. Nombre moyen d’incursions sur piste à CYUL, de 2001 à 2019 (Source : NAV CANADA)

Type d’écart	Nombre total d’incursions à CYUL (2001–2019)	Nombre moyen d’incursions par année
Service de la circulation aérienne	33	1,7

⁴⁷ Organisation de l’aviation civile internationale, *Runway Safety Programme – Global Runway Safety Action Plan* (en anglais seulement), 1^{re} édition (novembre 2017), p. 3.

⁴⁸ Ce calcul ne comprend pas les données pour l’année 2000, car les données pour cette année étaient incomplètes. Les données pour l’année 2019 ne comprennent pas les données du mois de décembre.

Pilote	343	18,1
Véhicule ou piéton	172	9,1

Du 1^{er} janvier au 30 novembre 2019, ADM a signalé 8 incursions sur piste par des véhicules ou des piétons à CYUL.

1.18.3 Moyens d'atténuer les incursions sur piste

Les systèmes ci-après sont conçus tout particulièrement pour prévenir les incursions sur piste.

- **Système de surveillance des incursions sur piste et d'alerte de conflit (RIMCAS)** : un sous-système du A-SMGCS. Le logiciel RIMCAS surveille la circulation d'aéronefs et de véhicules sur l'aire de mouvement de l'aérodrome et d'aéronefs dans l'espace aérien environnant pour détecter les conflits potentiels et alerter les contrôleurs de la circulation aérienne⁴⁹. Le logiciel évalue les positions des cibles radar et, selon des paramètres configurables, cerne les incursions sur cette piste. Lorsqu'il détecte un danger, le logiciel envoie un message d'alerte au contrôleur de la circulation aérienne et identifie les cibles, leurs positions et la gravité du danger⁵⁰. Seuls les contrôleurs de la circulation aérienne entendent les alarmes et voient les alertes générées par le logiciel RIMCAS. Ce logiciel n'avertit pas directement les équipages de conduite à bord d'aéronefs ni les conducteurs de véhicules au sol.
- **Feux de barre d'arrêt encastrés et détection des dépassements de barre d'arrêt** :
 - Les feux de barre d'arrêt encastrés sont des feux rouges unidirectionnels espacés également en travers de la voie de circulation et encastrés dans la piste. On peut les installer aux points d'attente avant piste. Des feux de barre d'arrêt supplémentaires, composés de paires de feux rouges hors-sol, peuvent également être installés à chaque extrémité du point d'attente avant piste⁵¹.
 - La détection des dépassements de barre d'arrêt est une autre fonction RIMCAS. Lorsqu'elle est activée, cette fonction évalue les positions **des aéronefs et véhicules**. Elle génère une alerte visuelle et sonore pour les contrôleurs lorsqu'un **aéronef ou un véhicule** traverse une barre d'arrêt illuminée pour

⁴⁹ Indra Navia AS, *Sub-System Description – Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert (RIMCAS)*, révision 1.0 (18 décembre 2012), section 1.1, p. 1.

⁵⁰ Ibid., section 2, p. 3.

⁵¹ Transports Canada, TP 312, *Normes et pratiques recommandées pour les aérodromes*, Cinquième édition (15 septembre 2015).

s'engager sur une piste⁵². Cette alerte est réactive plutôt que prédictive; elle ne se déclenche que lorsqu'une barre d'arrêt est franchie.

- **Les feux d'état de la piste⁵³** : il s'agit d'un système de balisage lumineux entièrement automatique. Les pilotes peuvent s'y fier pour savoir quand ils peuvent s'engager sur une piste, la traverser ou l'utiliser pour le décollage en toute sécurité. Il y a 3 types de feux d'état de la piste : les feux d'entrée de piste, les feux de décollage et d'attente, et les feux d'intersection de pistes. Les feux d'état de la piste sont utilisés à de nombreux aéroports aux États-Unis et à certains aéroports ailleurs dans le monde. Aucun aéroport canadien n'est muni de feux d'état de la piste.

À CYUL, on allume les feux de barre d'arrêt et de détection des dépassements de barre d'arrêt sur la piste 06L durant les opérations à visibilité réduite. Le logiciel RIMCAS est disponible, mais n'est pas activé, car le nombre de tours radar est insuffisant pour la prise en charge des calculs de triangulation radar. Les plans quinquennaux d'aménagement de l'infrastructure d'ADM comprennent des mises à niveau de RIMCAS, des feux de barre d'arrêt et des feux d'état de la piste, entre autres, comme de possibles initiatives de modernisation et de sécurité.

1.18.4 Initiatives relatives à la sécurité des pistes de NAV CANADA

1.18.4.1 Équipe de sécurité des pistes

Comme indiqué sur le site Web de la sécurité des pistes de NAV CANADA, « [e]n 2006, NAV CANADA a joint ses efforts à ceux d'autres intervenants dans le domaine de l'aviation afin de créer le Conseil de sécurité et de prévention des incursions sur piste (CSPIS), un forum national d'échange d'information sur la sécurité des pistes et les incursions sur piste⁵⁴ ». En 2019, afin de mieux s'harmoniser avec les initiatives de la US Federal Aviation Administration, le CSPIS a été renommé Runway Safety Action Team (RSAT) [équipe d'action sur la sécurité des pistes]. L'une des principales initiatives de la RSAT consiste à soutenir les équipes locales de sécurité des pistes aux aéroports canadiens. L'objectif de ces équipes, composées de l'administration aéroportuaire, du fournisseur de services de navigation aérienne, des exploitants aériens et de toute autre partie prenante, est de régler les initiatives et les problèmes locaux en matière de sécurité des pistes. « Ces équipes

⁵² Indra Navia AS, *Sub-System Description – Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert (RIMCAS)*, révision 1.0 (18 décembre 2012), section 1.1, p. 1.

⁵³ Les feux d'état d'utilisation de piste « sont un type de système autonome d'avertissement d'incursion sur piste (ARIWS). » (Source : Organisation de l'aviation civile internationale, Annexe 14 de la Convention relative à l'aviation civile internationale, Volume I – *Conception et exploitation technique des aérodromes*, 7^e édition [juillet 2016], section 5.3.30 : Note liminaire., p. 5-82.)

⁵⁴ NAV CANADA, « Sécurité des pistes », à l'adresse <http://www.navcanada.ca/FR/products-and-services/Pages/on-board-safety-initiatives-runway-safety.aspx> (dernière consultation le 3 octobre 2019).

constituent un élément essentiel d'un programme de sécurité efficace visant à prévenir et à atténuer les sorties de piste, les incursions sur piste et tout autre événement lié à la sécurité des pistes.⁵⁵ »

1.18.4.2 Groupe d'action pour la prévention des incursions sur piste

En 2018, NAV CANADA a mis sur pied un groupe de travail [traduction] « pour analyser les données des 10 aéroports aux taux d'incursion sur piste les plus élevés au Canada [...] en vue de réduire et d'éliminer les incursions sur piste⁵⁶ ».

Pour déterminer ces 10 principaux aéroports, le groupe de travail a recueilli des renseignements dans divers documents, accords et plans ainsi que des données, des rapports et des études sur les incursions qui étaient liés aux incursions sur piste à 77 aéroports partout au Canada. Il a également lancé un processus de consultation et organisé des visites sur place et des entrevues avec le personnel d'exploitation de NAV CANADA, les autorités aéroportuaires et des intervenants au sein de compagnies aériennes. D'après les données de juin 2016 à juin 2017, on a comparé le nombre total d'incursions sur piste à chaque aéroport au nombre total d'arrivées et de départs pour établir un taux par 100 000 arrivées et départs. CYUL était 1^{er} au chapitre des incursions sur piste avec un total de 39. Toutefois, compte tenu de ses 228 045 arrivées et départs au total, CYUL était 17^e avec un taux de 17,1 incursions sur piste par 100 000 arrivées et départs.

Dès que le groupe de travail aura terminé son analyse de la sécurité, il présentera ses [traduction] « recommandations pour mettre en place ou modifier les techniques [de prévention] d'incursions sur piste⁵⁷ ». Le groupe de travail a achevé son rapport le 28 avril 2019. Au moment de rédiger le présent rapport, NAV CANADA devait prendre une décision quant aux recommandations de ce rapport à une date ultérieure.

1.18.5 Liste de surveillance du BST

La Liste de surveillance énumère les principaux enjeux de sécurité qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr. Le risque de collisions dues aux incursions sur piste figure sur la Liste de surveillance 2018 et a figuré dans toutes les éditions de la Liste de surveillance depuis 2010. Depuis l'inscription de cet enjeu sur la Liste de surveillance en 2010, le BST a mené 10 enquêtes sur des incursions sur piste⁵⁸. À la

⁵⁵ Conseil de sécurité et de prévention des incursions sur piste, ALERTE : ÉQUIPES DE SÉCURITÉ DES PISTES, Bulletin d'information n° 2 (juin 2012), à l'adresse <http://www.navcanada.ca/FR/products-and-services/Runway%20Resources/Newsflash-Teams-FR.pdf> (dernière consultation le 3 octobre 2019).

⁵⁶ NAV CANADA, Runway Incursion Prevention Action Group, *Terms of Reference* (janvier 2018).

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Rapports d'enquête aéronautique A10W0040, A11Q0170, A13H0003, A13O0045, A13O0049, A14C0112, A14H0002, A14W0046, A16O0016 et A16W0170 du BST.

fin de 2018 et au début de 2019, le BST a lancé 3 autres enquêtes sur des incursions sur piste⁵⁹.

Le Bureau craint que la fréquence des incursions sur piste au Canada et le risque de collision persistent jusqu'à ce que des mécanismes de défense efficaces soient conçus dans le but d'y remédier et mis en œuvre dans les aéroports, les aéronefs, les véhicules et les installations pour le contrôle aérien partout au Canada.

Cet enjeu demeurera sur la Liste de surveillance du BST tant que l'on n'aura pas constaté une baisse soutenue de la fréquence des incursions sur piste et notamment des cas les plus graves.

Transports Canada et tous les secteurs de l'aviation doivent poursuivre leur collaboration en vue d'élaborer des solutions sur mesure pour remédier aux dangers relevés aux aéroports canadiens. Ces solutions pourraient viser à améliorer les procédures de contrôle aérien, les systèmes de surveillance et d'avertissement, la conception des pistes et des voies de circulation, les aides visuelles relatives aux positions d'attente ainsi que les procédures et la formation à l'intention des équipages de conduite.

Des solutions techniques modernes devraient aussi être adoptées, comme des aides électroniques à la conscience situationnelle dans le poste de pilotage, et des avertissements directs aux pilotes, comme des feux indicateurs de l'état des pistes.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Sans objet.

⁵⁹ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A18P0177, A19O0006 et A19Q0015 (l'événement à l'étude) du BST.

2.0 ANALYSE

L'équipage de conduite a aperçu les balayeurs chasse-neige, a entendu les instructions du contrôleur d'aéroport du contrôle de la circulation aérienne (ATC) et les a exécutées : il a remis les gaz avant d'atterrir sans incident. Rien dans l'événement à l'étude ne laissait croire à des problèmes opérationnels ou techniques relatifs à l'aéronef.

Le personnel en cause de NAV CANADA et d'Aéroports de Montréal (ADM) avait la formation et les qualifications requises. Rien n'indiquait que la fatigue ou des facteurs physiologiques aient pu nuire à leur rendement. Par conséquent, l'analyse portera sur la mémoire et les opérations en convoi à ADM. De plus, on examinera les communications ATC et diverses questions liées à la conscience situationnelle.

2.1 Mémoire prospective

Lors de l'événement à l'étude, le conducteur du véhicule de tête du convoi a franchi le point d'attente avant piste et s'est engagé sur la piste sans avoir obtenu l'autorisation de l'ATC. Il était convenu que le conducteur du véhicule de tête du convoi s'arrête au point d'attente avant piste, à la plateforme d'attente de circulation 24L. L'exécution de cette action dépendait de la mémoire prospective fondée sur un événement, soit se rappeler de faire une action prévue dans des circonstances précises.

Les 4 étapes nécessaires pour exploiter à bon escient la mémoire prospective sont l'encodage, la rétention, l'exécution et l'évaluation. Le conducteur du véhicule de tête du convoi a entendu, compris et relu les instructions de l'ATC de se rendre à la plateforme d'attente de circulation 24L, qui comprenaient l'indication d'attendre à l'écart, ce qui indique qu'il y a eu encodage et rétention en mémoire de l'instruction. Le défaut de se rappeler et d'exécuter au bon moment l'action prévue s'est produit à l'étape de récupération, et 2 facteurs pourraient l'expliquer : la distraction et des indices de cible insuffisamment marquants.

Lorsque le conducteur du véhicule de tête du convoi approchait du balisage lumineux, de la signalisation et des marques à la plateforme d'attente de circulation 24L (les indices cibles de l'action prévue), il était concentré sur la conduite et sur les tâches de déneigement courantes et futures sur la voie de circulation A et la piste 24L. Ainsi, aucune de ses ressources attentionnelles n'était consacrée à la récupération stratégique (surveillance ou recherche) des indices extérieurs de l'action prévue encodée dans sa mémoire. Concentré sur ses tâches de conduite et de déneigement, le conducteur du véhicule de tête du convoi a oublié de s'arrêter au point d'attente avant piste. Le *Manuel sur la prévention des incursions sur piste* publié par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) indique que la distraction découlant des tâches courantes est un facteur causal pour les conducteurs de véhicule.

Le balisage lumineux, la signalisation et les marques du point d'attente avant piste à la plateforme d'attente de circulation 24L (les indices cibles) sont toujours présents, et en tant que conducteur chevronné, le conducteur du véhicule de tête du convoi aurait eu l'habitude

de les voir, peu importe les instructions de l'ATC d'attendre à l'écart ou de les franchir et de s'engager sur la piste. Il se peut que ces indices aient été insuffisamment marquants pour permettre au conducteur de récupérer automatiquement de sa mémoire l'action prévue. En outre, si les feux de protection de piste et les panneaux d'identification de piste étaient visibles, on ne sait pas si le point d'attente avant piste était visible, étant donné les chutes de neige ce jour-là. En supposant qu'ils étaient tous visibles, il se peut que ces indices n'aient pas été suffisamment marquants pour rappeler au conducteur du véhicule de tête du convoi qu'il devait s'arrêter au point d'attente avant piste.

Une incursion sur piste s'est produite lorsque le conducteur du véhicule de tête du convoi, concentré sur ses tâches de conduite, de déneigement et de planification du prochain passage du convoi pour déneiger la piste 24L, a raté le balisage lumineux, la signalisation et les marques du point d'attente avant piste, a oublié l'instruction d'attendre à l'écart, et s'est engagé au-delà du point d'attente avant piste sur la piste 24L.

Lors de l'événement à l'étude, 3 autres conducteurs ont franchi le point d'attente avant piste en suivant le chef de convoi, par habitude, conformément à ce qu'ils ont appris lors de leur formation, car il s'agit de leur responsabilité principale. Aucun d'eux ne s'est arrêté à temps, n'a agi pour prévenir ou réduire la gravité de l'incursion, ou n'a signalé par radio au conducteur du véhicule de tête du convoi son incursion sur piste. Trois autres véhicules du convoi n'ont pas attendu à l'écart et ont suivi par habitude le véhicule de tête au-delà du point d'attente avant piste, ce qui a accru la gravité de l'incursion.

2.2 Opérations de déneigement en convoi par Aéroports de Montréal

2.2.1 Responsabilités du chef d'équipe

Les chefs d'équipe sont responsables du convoi sur l'aérodrome, ce qui comprend les tâches suivantes : superviser les opérations du convoi, communiquer avec l'ATC et s'assurer que le convoi se conforme aux instructions de l'ATC. Quand les chefs d'équipe ne se concentrent pas principalement sur ces tâches, ils se fient aux communications radio précises et au conducteur du véhicule de tête du convoi pour s'assurer que le convoi respecte les instructions de l'ATC. Ils se fient également au conducteur du véhicule de tête du convoi pour coordonner les tâches particulières de déneigement, comme la disposition et la position du convoi sur les pistes, l'orientation de l'équipement et l'endroit où déposer l'excédent de neige.

Le rôle et les responsabilités des chefs d'équipe exigent qu'ils coordonnent et mènent tous les échanges entre le convoi et l'ATC. Durant les opérations normales de convoi, ils se concentrent surtout sur la direction et la surveillance des mouvements du convoi, et non sur les tâches de déneigement comme telles. Par conséquent, même si les chefs d'équipe conduisent eux aussi un véhicule, ils sont moins portés que les autres conducteurs de véhicule à oublier une partie des instructions de mouvement du trafic terrestre transmises par l'ATC. Toutefois ils ne sont pas à l'abri d'un échec de la mémoire prospective.

Lors de l'événement à l'étude, sachant que le conducteur du véhicule de tête du convoi avait entendu, compris et relu l'instruction de l'ATC, le chef d'équipe s'attendait à voir le convoi à la plateforme d'attente de circulation, et le conducteur du véhicule de tête du convoi se conformer à l'ordre d'attendre à l'écart de la piste 24L. Cela montre que le chef d'équipe n'avait pas oublié l'ordre d'attendre à l'écart.

D'après les procédures d'ADM en place au moment de l'événement, lorsque le convoi comprend 2 chefs d'équipe ou superviseurs, l'un doit diriger le convoi pendant que l'autre devrait suivre le convoi et être le dernier véhicule à dégager la piste. L'objet de cette procédure est d'améliorer la supervision et la sécurité des opérations en convoi.

Dans le cas d'un convoi comptant un seul chef d'équipe ou superviseur, les procédures ne précisent ni la position du chef d'équipe ou du superviseur dans le convoi ni si ce membre du convoi devrait être le premier véhicule à s'engager sur une piste. Même si la correction de cette lacune dans les procédures pourrait atténuer le risque d'incursion sur piste par un convoi, elle n'élimine pas nécessairement le risque d'incursion sur piste par le chef d'équipe ou le superviseur lui-même. De plus, les tâches associées aux rôles de chef d'équipe ou de superviseur pourraient rendre difficile la mise en œuvre de cette procédure particulière.

Toutefois, d'après les procédures, peu importe le nombre de chefs d'équipe ou de superviseurs présents, au moins 1 chef d'équipe ou superviseur devrait être le dernier à dégager la piste. Comme l'application SNOWiz était hors service, l'unique chef d'équipe dans le convoi a dû ralentir et communiquer le compte rendu de l'état de la surface pour les mouvements d'aéronefs à l'ATC par téléphone. Cette situation, ainsi que l'exigence de dégager en dernier la piste 24R, a placé le chef d'équipe en queue du convoi. L'enquête n'a pas permis de déterminer pourquoi le chef d'équipe a maintenu cette position.

Les procédures d'ADM relatives au chef d'équipe en place au moment de l'événement n'indiquaient pas si les chefs d'équipe ou les superviseurs devaient mener le convoi au moment de s'engager sur une piste. Ainsi, le chef d'équipe n'a pu faire en sorte que le convoi se conforme à l'instruction de l'ATC et à l'exigence d'attendre à l'écart, et donc n'a pu prévenir l'incursion sur piste.

2.2.2 Formation sur les opérations en convoi

La formation que doivent suivre les conducteurs porte notamment sur les procédures d'aérodrome, d'urgence et radio. Les procédures d'aérodrome soulignent l'importance pour les membres du convoi de suivre le conducteur du véhicule de tête du convoi. Suivre le véhicule de tête devient une habitude en raison de la formation et d'opérations en convoi effectuées durant plusieurs jours. Les procédures radio et les radios dans chaque véhicule permettent à tous les conducteurs d'entendre les communications et de clarifier les instructions de l'ATC, les communications du convoi ou les messages de sécurité importants.

La gestion du risque d'incursion sur piste par des véhicules d'aéroport comprend la réduction de la probabilité qu'une incursion sur piste survienne et l'atténuation des conséquences si une telle incursion devait se produire. Même si la formation donnée aux

conducteurs comprend des mises en situation de procédures et de communication, notamment des situations où ils doivent attendre à l'écart ou quitter la piste en cas d'urgence, elle n'inclut pas de scénario sur la marche à suivre en cas d'incursion sur piste, les communications radio à faire, ou la procédure d'exploitation de véhicule à suivre pour réduire la probabilité ou atténuer les conséquences d'une incursion. Si la formation des conducteurs de véhicule ne comprend aucun scénario d'incursion sur piste, des conducteurs en convoi pourraient être insuffisamment préparés à prendre les mesures de sécurité nécessaires pour réduire les risques que posent les incursions sur piste.

2.3 **Contrôle de la circulation aérienne**

2.3.1 **Communications**

L'instruction de l'ATC au chef d'équipe et au convoi de procéder de la piste 24R à la plateforme d'attente de circulation 24L incluait un long trajet comptant plusieurs voies de circulation, une piste et une plateforme d'attente de circulation. Le contrôleur sol a transmis une seule instruction, étant donné que le trajet, quoique long, était assez simple et que le trafic aérien et terrestre était léger. La transmission d'une longue instruction peut accélérer la communication et la rendre plus efficace, mais elle peut accroître la probabilité qu'une personne oublie une partie de l'instruction.

L'instruction de l'ATC et le trajet à partir de la piste 24R jusqu'à la plateforme d'attente de circulation 24L étaient conformes aux procédures mentionnées dans le *Manuel des services de la circulation aérienne – Tour de contrôle (MATS – Tour-FR)* de NAV CANADA, en fonction du trafic d'aéronefs et de véhicules au sol le jour de l'événement.

2.3.1.1 **Instructions d'attendre à l'écart**

En matière de transmission des instructions de roulage aux aéronefs et de mouvement au trafic terrestre, y compris l'expression « attendez à l'écart », le MATS – Tour-FR donne les précisions suivantes : « [d]onnez l'instruction au pilote ou au conducteur de traverser ou d'attendre à l'écart de toute piste ou voie de circulation sur sa route » et « [d]emandez une relecture des instructions d'attendre ou de rester à l'écart⁶⁰ ». Il n'y a pas de directives précises pour toutes les situations; ainsi, l'utilisation de l'expression « attendez à l'écart » est parfois laissée à la discrétion de chaque contrôleur. Toutefois, si les contrôleurs n'utilisent pas l'expression « attendez à l'écart », il n'est pas obligatoire d'obtenir une relecture. C'est une façon pour les contrôleurs d'alléger leur charge de travail, mais sans relecture, il n'y a pas de confirmation que l'instruction a été bien reçue. De plus, en l'absence de l'instruction explicite « attendez à l'écart » suivie d'un indicatif de piste précis, certains membres du personnel pourraient mal comprendre l'instruction.

⁶⁰ NAV CANADA, *Manuel des services de la circulation aérienne (MATS)*, Tour-FR (26 juin 2018), Gestion de la circulation aérienne, Mouvements de surface, Exploitation des aéronefs circulant au sol ou du trafic terrestre, Instructions de circulation, p. 69.

Lors de l'événement à l'étude, après que le contrôleur sol eut communiqué l'instruction de l'ATC, le chef d'équipe a relu l'instruction, mais en partie seulement. Le chef d'équipe s'est ensuite rendu compte qu'il n'avait peut-être pas relu entièrement l'instruction et a discuté de la situation avec le conducteur du véhicule de tête du convoi. La discussion a également porté sur la question d'établir si les instructions de l'ATC comprenaient l'expression « attendez à l'écart ». Le conducteur du véhicule de tête du convoi a clarifié l'instruction de l'ATC, et le chef d'équipe l'a relue au complet, y compris l'expression « attendez à l'écart ». Si l'instruction initiale du contrôleur sol avait compris l'expression « attendez à l'écart », le chef d'équipe aurait été tenu de relire l'instruction; l'exigence d'attendre à l'écart aurait ainsi été renforcée, ce qui aurait permis d'éviter de la confusion. L'instruction n'était pas une « autorisation [ou instruction] expresse [pour] l'attente en retrait de cette piste⁶¹ », comme dans « attendez à l'écart de la piste deux quatre gauche ». Comme le montre l'événement à l'étude, le chef d'équipe a dû obtenir des précisions relatives à l'instruction et à l'exigence d'attendre à l'écart de la piste 24L. Cela laisse croire que l'ajout à l'instruction de l'expression « attendez à l'écart » fournit des précisions aux conducteurs de véhicules.

Puisque le contrôleur sol n'était pas tenu d'utiliser l'expression « attendez à l'écart » dans son instruction et qu'il ne l'a pas fait, il ne s'attendait pas à une relecture de la part du chef d'équipe, et il n'était pas tenu d'en obtenir une. Il s'attendait toutefois à ce que le convoi se conforme à l'instruction, suive le trajet attribué et s'arrête à la plateforme d'attente de circulation 24L. Plus tard, le convoi a fini par comprendre l'instruction de l'ATC. Cependant, les instructions de l'ATC visant à diriger des véhicules au sol vers des pistes qui n'indiquent pas explicitement d'attendre à l'écart d'une piste en service peuvent accroître les possibilités de malentendus, ce qui pourrait augmenter le risque d'une incursion sur piste.

2.3.2 Conscience situationnelle

Dans son *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, l'OACI indique les distractions causées par l'exécution d'autres tâches assignées, les lacunes dans le balayage visuel des mouvements au sol et le champ de vision de l'aire de manœuvre obstrué comme facteurs causals pouvant contribuer à une incursion sur piste.

Au moment de l'incursion, le trafic aérien et terrestre était léger, et la charge de travail des contrôleurs en fonction était faible. Les conditions météorologiques étaient telles que les contrôleurs dans la tour avaient une vue obstruée de plusieurs secteurs de l'aérodrome, et une vue limitée de l'aire de manœuvre, notamment de la plateforme d'attente de circulation 24L. Ils devaient exercer une surveillance visuelle active et surveiller l'écran du Système avancé de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) pour voir et coordonner les mouvements au sol à l'aérodrome.

Avant l'incursion, le contrôleur sol effectuait simultanément plusieurs tâches : contrôle, lecture d'une directive d'exploitation et conversation téléphonique avec le superviseur de

⁶¹ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), *Manuel sur la prévention des incursions sur piste*, première édition (2007), chapitre 4, section 4.5.6, p. 4-3.

quart. Il ne s'est pas rendu compte de l'incursion et n'a pas relevé le problème avant que le contrôleur d'aéroport ne le lui signale; ce dernier a détecté l'incursion grâce à une surveillance visuelle active et à la surveillance de l'écran A-SMGCS. Si le système RIMCAS ou un autre système de prévention des incursions sur piste avait été en place sur la piste 24L, les 2 contrôleurs auraient pu être avertis en même temps. Le contrôleur d'aéroport a immédiatement indiqué à l'aéronef de remonter et de faire un circuit, ce qui a empêché l'aéronef d'atterrir pendant qu'une partie du convoi occupait la piste. Le contrôleur d'aéroport a ensuite informé le contrôleur sol de l'incursion sur piste. Le contrôleur sol a immédiatement communiqué avec le chef d'équipe. Le conducteur du véhicule de tête du convoi, qui a aussi entendu la communication radio du contrôleur sol, a tourné pour quitter la piste. Pendant ce temps, 3 autres véhicules ont franchi le point d'attente avant piste.

Ni la surveillance visuelle active, ni la surveillance de l'écran A-SMGCS, ni même une vue non obstruée du convoi à l'approche de la plateforme d'attente de circulation n'auraient empêché cette incursion sur piste; toutefois, une surveillance visuelle active aurait accru la rapidité de l'intervention et réduit la gravité de l'incursion. Lors de l'événement à l'étude, le contrôleur sol effectuait simultanément plusieurs tâches et faisait un appel téléphonique aux fins d'exploitation, ce qui a interrompu son balayage visuel et sa surveillance, retardé son intervention liée à l'incursion sur piste, et accru la gravité de cette incursion. Si l'appel au chef d'équipe avait été effectué plus tôt, il aurait pu empêcher le véhicule CHA142 d'atteindre la surface de piste et aurait peut-être permis d'éviter que les 2^e, 3^e ou 4^e chasse-neige franchissent le point d'attente avant piste.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

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

1. Une incursion sur piste s'est produite lorsque le conducteur du véhicule de tête du convoi, concentré sur ses tâches de conduite, de déneigement et de planification du prochain passage du convoi pour déneiger la piste 24L, a raté le balisage lumineux, la signalisation et les marques du point d'attente avant piste, a oublié l'instruction d'attendre à l'écart, et s'est engagé au-delà du point d'attente avant piste sur la piste 24L.
2. Trois autres véhicules du convoi n'ont pas attendu à l'écart et ont suivi par habitude le véhicule de tête au-delà du point d'attente avant piste, ce qui a accru la gravité de l'incursion.
3. Les procédures d'Aéroports de Montréal relatives au chef d'équipe en place au moment de l'événement n'indiquaient pas si les chefs d'équipe ou les superviseurs devaient mener le convoi au moment de s'engager sur une piste. Ainsi, le chef d'équipe n'a pu faire en sorte que le convoi se conforme à l'instruction du contrôle de la circulation aérienne et à l'exigence d'attendre à l'écart, et donc n'a pu prévenir l'incursion sur piste.
4. Le contrôleur sol effectuait simultanément plusieurs tâches et faisait un appel téléphonique aux fins d'exploitation, ce qui a interrompu son balayage visuel et sa surveillance, retardé son intervention liée à l'incursion sur piste, et accru la gravité de cette incursion.

3.2 Faits établis quant aux risques

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

1. Si la formation des conducteurs de véhicule ne comprend aucun scénario d'incursion sur piste, des conducteurs en convoi pourraient être insuffisamment préparés à prendre les mesures de sécurité nécessaires pour réduire les risques que posent les incursions sur piste.
2. Les instructions du contrôle de la circulation aérienne visant à diriger des véhicules au sol vers des pistes qui n'indiquent pas explicitement d'attendre à l'écart d'une piste en service peuvent accroître les possibilités de malentendus, ce qui pourrait augmenter le risque d'une incursion sur piste.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Aéroports de Montréal

Après l'événement à l'étude, Aéroports de Montréal (ADM) a mis un superviseur additionnel en service pour le reste de la journée et a tenu une réunion de compte rendu avec le chef d'équipe et le conducteur du véhicule de tête du convoi.

Des réunions ont eu lieu pour sensibiliser les employés à propos de l'événement et pour obtenir leurs commentaires sur l'événement.

On a lancé une enquête interne dans le cadre du système de gestion de la sécurité d'ADM qui comprenait une séance de remue-méninges et de schématisation, ainsi qu'une analyse des risques.

On a examiné la procédure PR-3-7-804 Précautions pour prévenir les incursions de pistes lors des opérations d'ADM. Les tâches 5, 6 et 7 des pratiques de travail sécuritaire ont été modifiées comme suit :

- La tâche 5 a été modifiée pour préciser qu'une fois que la tour de contrôle a donné l'autorisation, le superviseur ou le chef d'équipe doit autoriser les conducteurs à s'engager sur la piste. Les notes relatives à cette tâche précisent que les instructions doivent utiliser la phraséologie appropriée et indiquer le numéro de piste (par ex., 24L).
- La tâche 6 a été modifiée pour indiquer qu'une fois que le superviseur ou le chef d'équipe a transmis l'autorisation, le conducteur doit relire l'autorisation en utilisant la phraséologie appropriée.
- La tâche 7 a été modifiée pour indiquer que lorsque le conducteur en tête du convoi atteint le point d'attente avant piste, il doit confirmer auprès du superviseur ou du chef d'équipe qu'il est en position et prêt à se mettre en route, avant que le convoi ne s'engage sur la piste. Le conducteur doit utiliser la phraséologie appropriée et relire le numéro de piste (par ex., 24L).

ADM a modifié la formation pour les employés en y ajoutant un volet spécifique sur les incursions sur piste.

ADM a par ailleurs ajouté le sujet des incursions sur piste à l'ordre du jour de la prochaine réunion du comité conjoint d'ADM et NAV CANADA sur la sécurité des pistes qui aura lieu en janvier 2020.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 8 janvier 2020. Le rapport a été officiellement publié le 21 janvier 2020.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y

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

ANNEXES

Annexe A – Extraits du manuel de *Phraséologie du trafic terrestre de NAV CANADA*

Attendez à l'écart

Lorsque l'unité ATS vous donne l'instruction d'attendre à l'écart, vous ne pouvez pas entrer sur la piste; vous devez rester derrière la ligne d'attente à l'écart jusqu'à nouvel ordre. Il est aussi fréquent de recevoir l'instruction d'attendre à l'écart d'une voie de circulation ou d'un autre emplacement en particulier sur le terrain d'aviation. De plus, il est à noter que vous n'avez pas la permission d'entrer sur une piste à moins que vous n'en ayez reçu la permission. Les conducteurs de véhicule devraient mettre en doute toute instruction qui ne comporte pas d'attente à l'écart ou de permission d'entrer sur une piste si le trajet les amène vers une piste.

ATS : (indicatif du véhicule) ATTENDEZ À L'ÉCART (piste, voie de circulation, emplacement).

 CONDUCTEUR	Thompson Radio, Balai un-cinq-un, sur l'aire de trafic Sud, demande de procéder vers l'aire de trafic Nord via Alfa Charlie.
 FSS	Balai un-cinq-un, négatif, procédez via Alfa, attendez à l'écart piste zéro-six.
 CONDUCTEUR	Thompson Radio, Balai un-cinq-un, procède via Alfa, à l'écart piste zéro-six.

Attente à l'écart et relecture

Lorsque l'unité ATS vous indique d'attendre à l'écart, vous devez relire l'instruction. Lorsque cela se produit, relisez l'instruction donnée au complet.

FSS : (indicatif du véhicule) ATTENDEZ À L'ÉCART (indicatif de piste/voie de circulation).

Conducteur : (indicatif de véhicule) ROGER, ATTENDS À L'ÉCART (indicatif de piste/de voie de circulation).

 FSS	Camion deux-deux, procédez sur Alfa, attendez à l'écart piste deux-quatre.
 CONDUCTEUR	Camion deux-deux, procède sur Alfa, à l'écart piste deux-quatre.

Circulation sur une piste

L'unité ATS ne peut donner d'instructions autorisant le mouvement sans restriction du trafic terrestre dans l'aire de manœuvre. Par conséquent, l'unité ATS ne peut vous donner l'autorisation de procéder sur le terrain, de procéder sans restriction ou de procéder dans toutes les aires de manœuvre. Les autorisations à circuler sur une piste doivent comprendre le numéro de la piste en question.

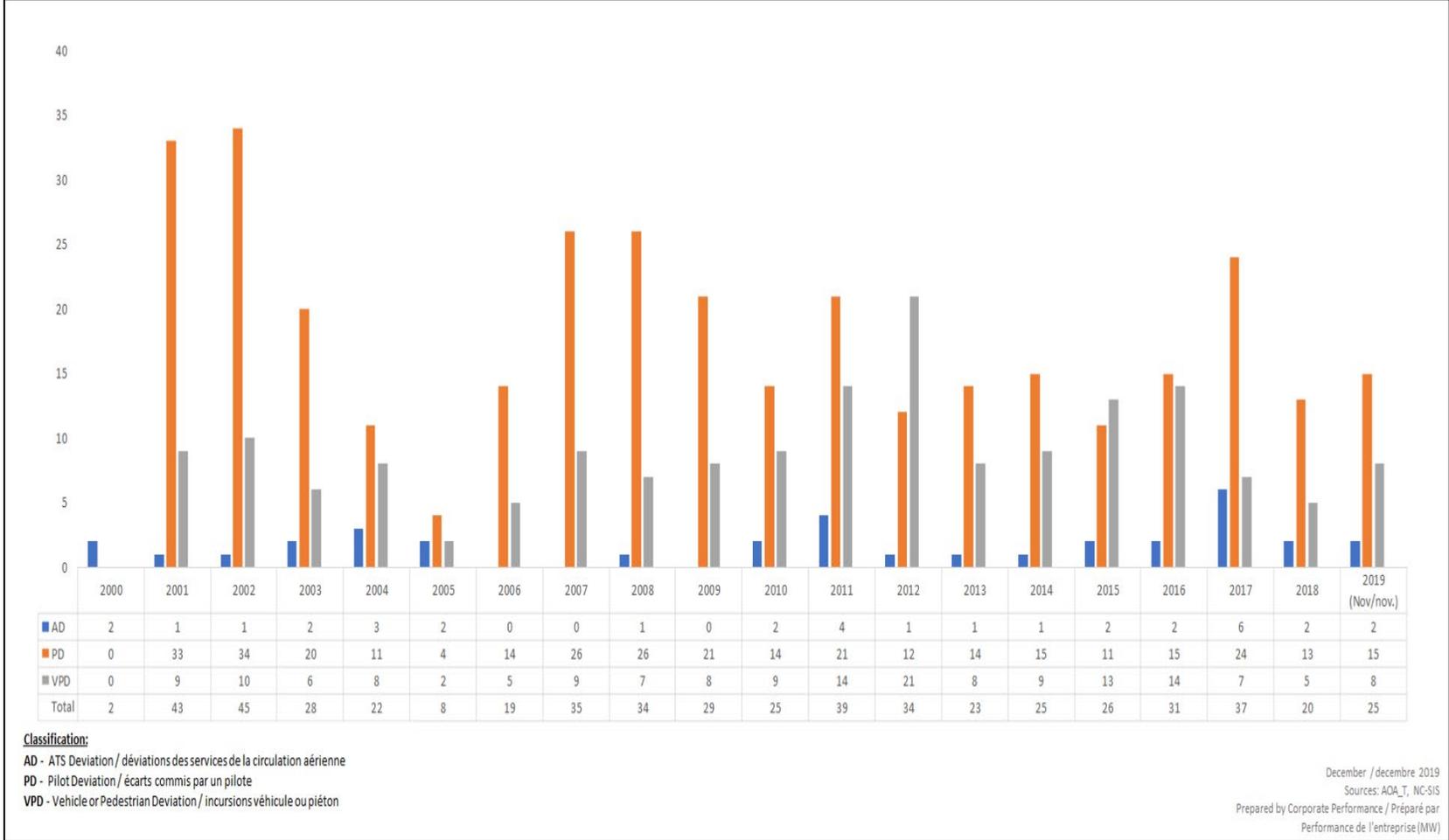
 CONDUCTEUR	Saskatoon Radio, Personnel deux-trois sur Charlie, demande de procéder sur la piste zéro-neuf.
 FSS	Personnel deux-trois, procédez sur piste zéro-neuf, traversez la piste un-cinq jusqu'à nouvel ordre.



Lorsque vous circulez sur une piste, gardez les yeux et les oreilles grand ouverts : personne n'est à l'abri des erreurs.

Note : bien que les exemples ci-dessus illustrent des échanges fictifs entre un pilote et un spécialiste de l'information de vol en poste dans une station d'information de vol (FSS), cette phraséologie est également utilisée par les contrôleurs de la circulation aérienne en poste dans une tour de contrôle. (Source : NAV CANADA, *Phraséologie du trafic terrestre*, version 1 [avril 2018])

Annexe B – Données sur les incursions sur piste à CYUL, 2000 à 2019



Source : NAV CANADA