



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada

# RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A14Q0155



## Sortie de piste

Air Canada

Airbus A330-343, C-GFAF

Aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de  
Montréal

Montréal (Québec)

7 octobre 2014

Canada 

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
Place du Centre  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741  
1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst-tsb.gc.ca](mailto:communications@bst-tsb.gc.ca)

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

Rapport d'enquête mode A14Q0155

No de cat. TU3-5/14-0155F-PDF  
ISBN 978-0-660-07822-9

Le présent rapport se trouve sur le site Web  
du Bureau de la sécurité des transports du Canada  
à l'adresse [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

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

## Rapport d'enquête aéronautique A14Q0155

### **Sortie de piste**

Air Canada

Airbus A330-343, C-GFAF

Aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de

Montréal

Montréal (Québec)

7 octobre 2014

### *Résumé*

Le 7 octobre 2014, l'Airbus 330-343 d'Air Canada (immatriculé C-GFAF, numéro de série 0277), exploité sous l'indicatif de vol ACA875, a quitté l'aéroport international de Francfort-Rhein/Main, en Allemagne, à destination de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec). Pendant l'approche de jour de la piste 24R en présence d'un orage tout juste au nord de l'aéroport, l'équipage a été avisé du fait que le balisage lumineux de la piste 24R était hors service. La piste 24R était la seule piste opérationnelle. Pendant l'approche finale, les conditions météorologiques sont passées de celles de vol à vue à celles de vol aux instruments. En courte finale, lors de l'approche au moyen du système d'atterrissage aux instruments de la piste 24R, l'avion a pénétré une forte averse de pluie et a rencontré un vent traversier de plus de 20 nœuds en provenance de la droite. L'avion a dévié de sa trajectoire avant de se poser à gauche de l'axe de piste à 12 h 34, heure avancée de l'Est. À la suite de l'atterrissage, le pneu arrière gauche du train principal gauche est sorti de la surface dure de la piste et a parcouru environ 600 pieds avant de revenir sur la piste. L'appareil a regagné l'axe de piste avant de circuler jusqu'à la passerelle de débarquement, où les passagers sont descendus. Trois feux de bord de piste ont été endommagés. L'appareil n'a pas été endommagé, et personne n'a été blessé.

*This report is also available in English.*



## Table des matières

1.0 Renseignements de base .....	1
1.1 Déroulement du vol.....	1
1.2 Victimes .....	3
1.3 Dommages à l'aéronef.....	3
1.4 Autres dommages.....	3
1.5 Renseignements sur les pilotes.....	4
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	5
1.6.1 Généralités.....	5
1.6.2 Train d'atterrissage et les pneus .....	6
1.6.3 Masse et centrage.....	7
1.6.4 Système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu.....	7
1.6.5 Systèmes d'élimination de la pluie.....	7
1.6.6 Systèmes d'avertissement de cisaillement du vent.....	9
1.6.7 Circuit de commandes de vol électriques.....	9
1.6.8 Autopilote et atterrissage automatique.....	10
1.6.9 Performances à l'atterrissage sur piste contaminée.....	10
1.6.10 Remise des gaz.....	10
1.7 Renseignements météorologiques .....	11
1.7.1 Vol dans les environs de conditions orageuses.....	12
1.7.2 Rafales descendantes.....	14
1.7.3 Cisaillement du vent dans les basses couches.....	15
1.7.4 Prévisions d'aérodrome.....	15
1.7.5 Messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation.....	15
1.7.6 Renseignements météorologiques significatifs.....	16
1.7.7 Messages du service automatique d'information de région terminale.....	16
1.7.8 Conditions météorologiques au sol.....	16
1.7.9 Renseignements météorologiques fournis par la tour de contrôle.....	18
1.8 Trajectoire de vol et la mise à jour des conditions météorologiques.....	18
1.9 Aides à la navigation .....	19
1.10 Communications .....	19
1.11 Renseignements sur l'aérodrome.....	20
1.11.1 Balisage lumineux et marquage de la piste 24R.....	21
1.11.2 Normes sur le fonctionnement et le contrôle des systèmes de balisage lumineux d'aérodrome.....	22
1.11.3 Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne.....	22
1.11.4 Accord d'exploitation entre Aéroports de Montréal et NAV CANADA.....	23
1.12 Enregistreurs de bord .....	27
1.12.1 Pompage piloté.....	28

1.13	Renseignements sur les dommages et sur l'impact.....	28
1.13.1	Traces de pneu sur la piste et dans le gazon.....	28
1.14	Renseignements médicaux et pathologiques.....	30
1.15	Incendie.....	30
1.16	Questions relatives à la survie des occupants.....	30
1.17	Essais et recherche.....	30
1.17.1	Faits saillants.....	30
1.17.2	Séances sur simulateur.....	31
1.17.3	Rapports de laboratoire du BST.....	31
1.18	Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	32
1.18.1	Air Canada - politiques et procédures.....	32
1.18.2	Air Canada - formation.....	38
1.19	Renseignements supplémentaires.....	39
1.19.1	Accidents à l'approche et à l'atterrissage.....	39
1.19.2	Recommandations antérieures du BST.....	40
1.19.3	La gestion des menaces et des erreurs.....	45
1.19.4	Prise de décision dans un environnement dynamique.....	46
1.20	Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	47
<b>2.0</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>48</b>
2.1	Protection des lieux d'événements et conservation des éléments de preuve.....	48
2.2	Facteurs opérationnels.....	49
2.2.1	Conditions orageuses.....	49
2.2.2	Condition de la piste et performances à l'atterrissage.....	51
2.2.3	Réduction de visibilité.....	52
2.2.4	Fermeture de piste.....	54
2.3	Options lors de l'atterrissage.....	54
2.3.1	Préparation à la remise des gaz.....	54
2.3.2	Poursuivre l'approche.....	54
	Choix et décision.....	55
2.3.3	de poursuivre l'atterrissage.....	55
2.3.4	Remise des gaz à bas régime.....	56
2.3.5	Reprise des commandes par le commandant.....	56
2.4	Gestion des menaces et des erreurs.....	57
2.5	Atterrissage en présence d'orages.....	59
2.5.1	Recommandation A07-01 du BST.....	59
2.5.2	Poursuivre l'approche en présence d'orages.....	61
<b>3.0</b>	<b>Faits établis.....</b>	<b>63</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	63
3.2	Faits établis quant aux risques.....	63
3.3	Autres faits établis.....	64

4.0	Mesures de sécurité .....	65
4.1	Mesures de sécurité prises.....	65
4.1.1	Aéroports de Montréal.....	65
4.1.2	Air Canada.....	65
	<b>Annexes.....</b>	<b>67</b>
	Annexe A - Image radar et taux de précipitation.....	67
	Annexe B - Conditions météorologiques.....	68
	Annexe C - Tracé de l'enregistreur de données de vol.....	71
	Annexe D - Examen des lieux.....	72
	Annexe E - Faits saillants de l'événement .....	73



## 1.0 Renseignements de base

### 1.1 Déroutement du vol

L'Airbus 330-343 (immatriculé C-GFAF, numéro de série 0277) exploité par Air Canada sous l'indicatif de vol ACA875 a quitté l'aéroport international de Francfort-Rhein/Main (EDDF), en Allemagne, à destination de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec) (CYUL). Le commandant de bord, qui occupait le siège de gauche, était le pilote surveillant (PM). Le copilote, qui occupait le siège de droite, était le pilote aux commandes (PF). Le vol s'était déroulé sans incident et selon l'échéancier prévu dans le plan de vol.

À 11 h 43<sup>1</sup>, la préparation avant la descente et l'exposé d'approche ont été faits selon les politiques et les procédures de la compagnie.

À 12 h 7, à environ 33 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) en descente, l'équipage a contacté le centre de contrôle régional de Montréal et l'a avisé qu'il avait reçu les renseignements Uniform du service automatique d'information de région terminale (ATIS). L'ATIS rapportait des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) à l'aéroport et ne contenait aucune indication de temps convectif.

À 12 h 20, à environ 11 000 pieds asl et à quelque 30 milles marins (nm) de CYUL, ACA875 a avisé le terminal de Montréal qu'il avait reçu les renseignements Victor. C'était le premier compte rendu météorologique reçu par le vol indiquant la présence de cumulonimbus dans la région de CYUL. L'appareil évoluait alors dans des VMC. La piste 24R était la seule piste exploitée. On ne rapportait aucune précipitation; le vent soufflait du 200° magnétique (M) à 7 nœuds, donnant un vent traversier prévu à l'atterrissage de la gauche de 40°; il y avait quelques nuages à 2000 pieds au-dessus du sol (agl), des nuages épars à 4500 pieds agl et fragmentés à 9000 pieds agl ainsi qu'à 15 000 pieds agl, avec des cumulonimbus noyés dans d'autres couches nuageuses.

À 12 h 27, alors que l'appareil se trouvait à environ 5000 pieds asl et à 18 nm de la piste, l'équipage a constaté qu'il y avait des conditions plutôt sombres au nord de l'aéroport, qui coïncidaient avec la présence de précipitations fortes sur le radar météo de l'appareil. Toutefois, l'équipage voyait clairement la piste et l'aéroport. L'équipage a effectué une approche à l'aide du système d'atterrissage aux instruments (ILS) sur la piste 24R et anticipait un atterrissage en VMC avec un léger vent traversier de la gauche. Durant l'approche, les pilotes ont surveillé les mauvaises conditions météorologiques au nord de la piste et ont discuté de la possibilité de précipitations et d'un cisaillement du vent, mais pas de la possibilité d'une remise des gaz. L'équipage a augmenté la vitesse d'approche et confirmé la configuration des volets « FLAPS 3<sup>2</sup> » pour l'atterrissage.

---

<sup>1</sup> Toutes les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

<sup>2</sup> Braquage des volets et des becs de bord d'attaque à la position appropriée pour l'atterrissage dans les conditions existantes.

À 12 h 32, alors que l'appareil se trouvait à environ 1900 pieds asl et à 5,5 nm de la piste, le contrôleur de l'aéroport a avisé l'équipage que le vent soufflait du 280 °M à 13 nœuds avec des rafales à 18 nœuds. Il a ensuite autorisé l'appareil à atterrir. Quelques secondes plus tard, il a avisé l'équipage que le balisage lumineux de la piste était hors service. Vers 12 h 33, au moment où il franchissait 1000 pieds agl, l'appareil était en configuration pour l'atterrissage; les volets étaient à la position « FLAPS 3 », le train était sorti, et les déporteurs sol étaient armés. À environ 900 pieds agl, le pilote automatique a été débrayé.

À 12 h 33 min 57 s, alors que l'appareil franchissait 600 pieds agl en approche stabilisée<sup>3</sup>, un de Havilland DHC-8 qui venait d'atterrir a signalé la présence d'un léger cisaillement du vent sous 400 pieds agl. À 12 h 34 min 12 s, à la demande du PM, le contrôleur a rapporté que le vent soufflait maintenant du 300 °M à 18 nœuds avec des rafales à 24 nœuds; il a également souligné la présence d'un cisaillement du vent sous 400 pieds agl. L'équipage a observé une averse approchant la mi-piste, mais voyait clairement la piste sur toute sa longueur; l'équipage a augmenté de 4 nœuds la vitesse d'approche.

À 0,4 nm du seuil de la piste et à environ 130 pieds agl, l'avion a pénétré dans la pluie, et le PF a demandé la mise en marche à haute vitesse des essuie-glaces. Par la suite, l'appareil a été sujet à quelques oscillations en roulis alors qu'il passait le seuil de piste à 50 pieds agl, sur l'axe de piste et à 2 nœuds au-dessus de la vitesse d'approche désirée.

À environ 30 pieds agl, les manettes de poussée ont été mises à la position de ralenti et l'avion est entré dans le régime d'atterrissage bas. L'avion, qui se trouvait à gauche de l'axe de piste, a accusé une inclinaison à gauche et a dérivé rapidement vers le bord gauche de la piste.

À ce moment, la pluie a atteint son niveau d'intensité maximale, la visibilité a diminué, et les repères visuels se sont détériorés. Le PF a cabré l'appareil pour l'arrondi et a amorcé un roulis vers la droite pour atteindre une assiette légèrement inclinée à droite au moment du premier toucher des roues, à 12 h 34 min 51 s.

Les pneus arrière<sup>4</sup> du train d'atterrissage principal droit<sup>5</sup> ont touché la piste à quelque 1332 pieds du seuil et à environ 57 pieds à gauche du centre de celle-ci, alors que le pneu gauche du train d'atterrissage gauche se trouvait à 97 pieds du centre de la piste. L'appareil avait un angle de crabe de 8° à droite avec une dérive de 2° à gauche.

Une seconde plus tard, le pneu arrière intérieur du train principal gauche<sup>6</sup> a percuté en vol le feu de bord de piste situé à 1538 pieds du seuil. À moins de 200 pieds plus loin, le pneu

---

<sup>3</sup> Selon les critères d'approche stabilisée de la compagnie (voir la rubrique 1.18.1.7 Références visuelles requises et la remontée / remise des gaz).

<sup>4</sup> Pneus n°7 et n°8.

<sup>5</sup> [traduction] Chaque train d'atterrissage principal est de type à bogie à double diabolos en tandem, comptant au total 4 roues (Airbus).

<sup>6</sup> Pneu n°6.

extérieur gauche du train gauche<sup>7</sup> s'est posé dans le gazon alors que le pneu intérieur du train gauche est demeuré sur la surface de la piste. Dans les instants qui ont suivi, l'appareil a percuté 2 autres feux de bord de piste avant de regagner la piste.

Les déporteurs sol sont sortis normalement, le freinage automatique s'est enclenché, les inverseurs de poussée ont été déployés, puis rentrés, puis complètement déployés après que l'appareil est revenu vers le centre de la piste. À 12 h 35 min 2 s, la roue avant a touché le sol, puis l'appareil a regagné le centre de la piste, 3 secondes plus tard.

Par la suite, le roulement au sol s'est poursuivi sans autre problème, et l'appareil a circulé jusqu'à sa porte de débarquement. L'équipage s'est rendu compte que l'appareil était sorti de piste seulement après en avoir été avisé par l'équipe d'entretien.

Les pneus extérieurs du bogie gauche ont roulé sur le gazon pendant 2,3 secondes, sur une distance de 507 pieds.

## 1.2 Victimes

Aucune (tableau 1).

Tableau 1. Victimes

	Équipage	Passagers	Enfants	Bébés	Total
Tués	-	-	-	-	-
Blessés graves	-	-	-	-	-
Légèrement blessés	-	-	-	-	-
Indemnes	9	205	2	1	217
Total	9	205	2	1	217

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'appareil n'a pas été endommagé. Le train principal gauche a projeté de la boue sur le côté gauche du fuselage pendant la sortie de piste. Les pneus arrière du train principal gauche (pneus n° 5 et n° 6) ont été remplacés en raison de lacérations subies après avoir percuté les feux de bord de piste.

## 1.4 Autres dommages

L'appareil a endommagé 3 feux de bord de piste de la piste 24R, situés du côté gauche entre 1500 et 2300 pieds du seuil.

---

<sup>7</sup> Pneu n°5.

## 1.5 Renseignements sur les pilotes

Les dossiers indiquent que les pilotes possédaient les qualifications et les compétences nécessaires aux termes de la réglementation en vigueur pour effectuer le vol (tableau 2).

Tableau 2. Renseignements sur l'équipage de conduite

	Commandant de bord	Copilote
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)	Licence de pilote de ligne (ATPL)
Date d'expiration du certificat médical	1 <sup>er</sup> décembre 2014	19 mars 2015
Heures de vol totales	17 259	8262
Heures de vol sur A330	427*	628**
Heures de vol sur type Airbus	8524	s.o.
Heures de vol sur A330 au cours des 30 jours précédents	65	37
Heures de vol sur A330 au cours des 90 jours précédents	216	121
Heures de service avant l'événement	9,5	9,5
Heures hors service avant la période de travail	21,5	21,5

\* À titre de commandant de bord

\*\* À titre de copilote

Les 2 pilotes, basés à Toronto (Ontario), sont arrivés à Montréal le 5 octobre vers 17 h pour effectuer un vol aller-retour CYUL-EDDF. Lors du vol de l'événement, les 2 pilotes ont pris un repos aux commandes au poste de pilotage. Le commandant de bord a pris 2 périodes de repos, soit de 25 et de 30 minutes, 5 heures et 2 heures avant l'arrivée. Le copilote a pris une période de repos de 45 minutes, 4 heures avant l'arrivée.

On a fait l'analyse de l'historique du cycle veille-sommeil des pilotes afin d'établir si la fatigue aurait diminué le rendement des pilotes et joué un rôle dans l'incident. Les 6 facteurs suivants ont été examinés :

- perturbation du sommeil aiguë;
- perturbation du sommeil chronique;
- éveil continu;
- effets du rythme circadien;
- troubles du sommeil et conditions médicales ou psychologiques;
- maladies ou médication.

L'analyse de ces facteurs a permis d'établir que les pilotes n'étaient pas dans un état de fatigue au moment de l'événement.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

### 1.6.1 Généralités

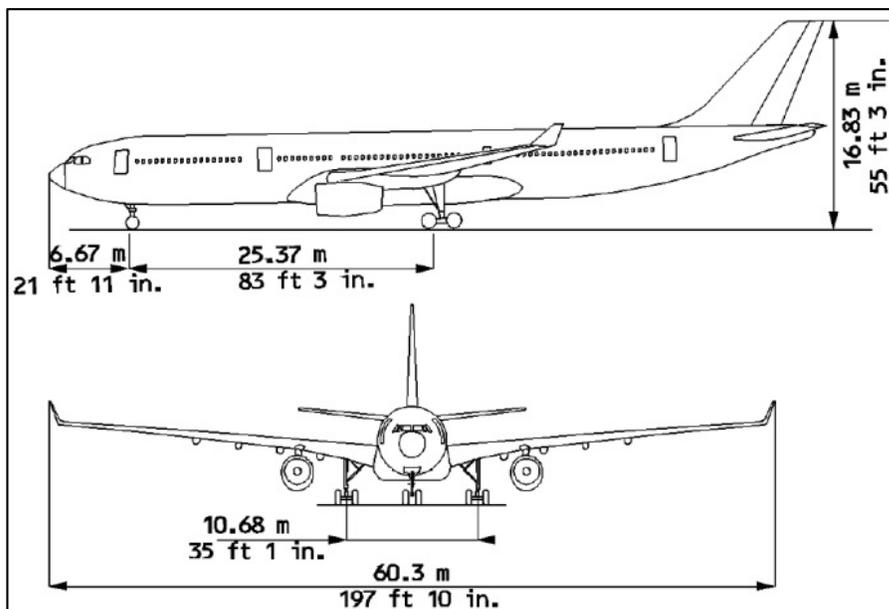
Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Airbus Industries
Type et modèle*	A330-343
Année de construction	1999
Numéro de série	0277
Date d'émission du certificat de navigabilité	13 janvier 2000
Total d'heures de vol / cycles cellule	66 423 heures / 10 482 cycles
Type de moteur (nombre)	Rolls Royce-UK, RB211 Trent 772B-60 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	230 000 kg
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B, JP 4, JP 5, JP 8, No. 3 Jet et TS-1.
Type de carburant utilisé	Jet A-1

\* La spécification de type est la principale référence concernant le type et le modèle; le document 8643/22 de l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) peut servir de référence secondaire.

Les dossiers de l'appareil (tableau 3; figure 1) indiquent qu'il était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Aucun message lié à un système qui aurait pu contribuer à l'événement n'a été enregistré par le calculateur central de maintenance de l'avion.

Figure 1. Dimensions de l'A330 (Source : Air Canada, en anglais seulement)



### 1.6.2 Train d'atterrissage et les pneus

Figure 2. Numérotation des pneus du train d'atterrissage principal de l'A330 (Source : Ryser Urs, avec annotations du BST)



Le train d'atterrissage de l'A330 est composé d'un train avant à 2 roues et de 2 trains principaux, chacun muni de 4 roues en configuration double tandem. En vol, les bogies sont inclinés de sorte que les pneus arrière touchent la piste en premier. Les roues sont numérotées de 1 à 8, de gauche à droite à partir de l'avant (figure 2).

Les pneus ont été examinés et la pression a été mesurée peu de temps après l'incident. L'état des pneus et des semelles ainsi que les pressions de gonflage des pneus étaient conformes aux directives du fabricant.

Le pneu avant droit du train droit (pneu n° 4) présentait une petite zone de dévulcanisation du caoutchouc. Le pneu n° 6 présentait des entailles de surface, et du verre y était incrusté.

#### 1.6.2.1 Message d'alerte lié aux freins

Alors que le C-GFAF circulait au sol à EDDF, le moniteur électronique centralisé de bord (ECAM) a généré un message « BRAKES SYS 1 FAULT ». L'équipage a effectué les procédures appropriées, et le vol s'est poursuivi sans que soit généré d'autre message lié aux freins.

### 1.6.3 *Masse et centrage*

Le C-GFAF s'est posé avec 5700 kg de carburant<sup>8</sup> à un poids d'atterrissage de 166 800 kg. Le poids et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites. L'avion transportait suffisamment de carburant pour se rendre à l'aéroport de décollage et effectuer un circuit d'attente de 30 minutes, et disposait d'une réserve supplémentaire de 1800 kg, soit environ 19 minutes de vol.

### 1.6.4 *Système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu*

Les avions d'Air Canada sont équipés d'un système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) qui permet de transmettre et de recevoir des messages par liaison de données qui sont envoyés par radio très haute fréquence (VHF) ou par satellite, selon l'endroit où se trouve l'avion et en fonction de l'équipement dont il dispose. Il est possible de demander les renseignements ATIS à partir des pages « PRE-FLIGHT », « ENROUTE » ou « REQUEST » de l'ACARS. Différents types de messages ATIS peuvent être demandés, comme ceux concernant le départ, la croisière ou l'arrivée. En cas de demande d'un ATIS d'arrivée, il est possible de sélectionner une option supplémentaire permettant d'obtenir une mise à jour automatique chaque fois qu'un nouvel ATIS est diffusé. Toutefois, selon la position de l'aéronef, il peut y avoir un décalage avant la réception de ce renseignement. L'information ATIS transmise aux équipages de conduite d'Air Canada par le système ACARS provient d'un fournisseur tiers. Durant les étapes critiques de vol (p. ex., lorsque l'aéronef est en approche finale), il est possible que l'équipage de conduite ne reçoive pas ces messages.

### 1.6.5 *Systèmes d'élimination de la pluie*

#### 1.6.5.1 *Essuie-glaces*

L'A330 est équipé de 2 systèmes permettant d'aider à éliminer la pluie sur le pare-brise, à savoir des essuie-glaces et un circuit chasse-pluie. Les essuie-glaces ont 2 réglages : basse vitesse et haute vitesse.

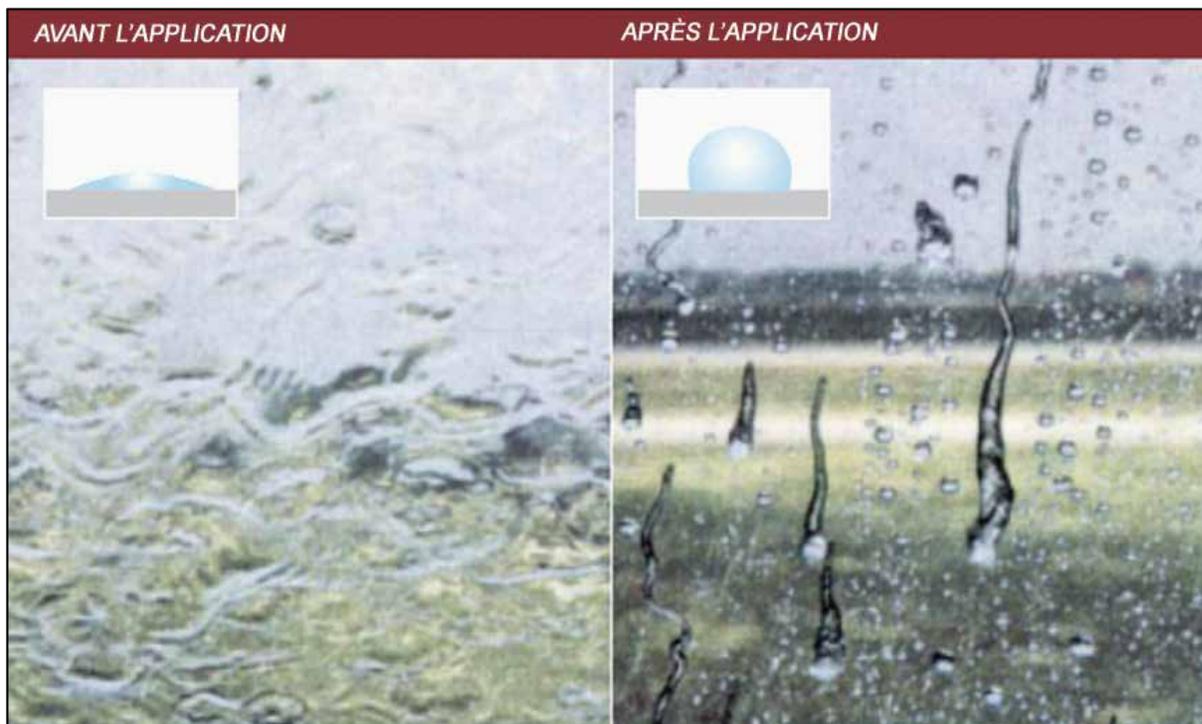
#### 1.6.5.2 *Circuit chasse-pluie*

Le circuit chasse-pluie est conçu pour une utilisation dans de la pluie d'intensité moyenne à forte. Lorsque le bouton chasse-pluie du commandant de bord ou du copilote est enfoncé, une quantité précise de chasse-pluie est envoyée sur le côté correspondant du pare-brise. Le circuit distribue une quantité déterminée de chasse-pluie, qui est répartie de manière égale sur la surface externe du pare-brise.

---

<sup>8</sup> Quantité de carburant suffisante pour effectuer environ 1 h 4 min de vol à bas régime.

Figure 3. Illustration des effets généraux du chasse-pluie au point de contact entre les gouttes d'eau et le pare-brise (Source : Airbus Industries Inc.)



Le chasse-pluie agit rapidement et longtemps sans laisser de résidu et sans créer de distorsion, et il rétablit la visibilité en l'espace de quelques secondes. La tension superficielle du pare-brise, qui est modifiée temporairement, jumelée à l'écoulement de l'air, empêche l'adhérence des gouttes d'eau au pare-brise (figure 3).

En janvier 1996, il était interdit de produire, d'importer et d'exporter le chasse-pluie d'origine pour des raisons de protection de l'environnement. En 1998, un liquide de substitution qui respectait la réglementation environnementale en vigueur a été mis à la disposition de l'industrie aéronautique. Seule une légère modification des circuits chasse-pluie courants était nécessaire pour permettre l'utilisation du nouveau liquide.

Chez Air Canada, on avait décidé de ne pas activer les circuits chasse-pluie de la flotte d'Airbus.

#### 1.6.5.3 Revêtements hydrophobes

Pour les exploitants qui souhaitent laisser le circuit chasse-pluie désactivé, Airbus a formellement approuvé l'utilisation d'un revêtement hydrophobe développé par un fournisseur tiers sur tous ses types d'avions. Le revêtement offre des caractéristiques de protection similaires à celle du liquide chasse-pluie. Le document *Airbus Service Information Letter 30 024*, publié en juillet 1997, fournit les renseignements qui ont trait à l'approvisionnement et au revêtement, ainsi que les recommandations relatives à son application et à son entretien. Comme bien d'autres transporteurs, Air Canada n'a pas muni ses appareils d'un revêtement hydrophobe.

### 1.6.6 *Systèmes d'avertissement de cisaillement du vent*

Une des fonctions exécutées par la partie « domaine de vol » (FE) du système de calculateur de guidage et de gestion de vol (FMGS), est la détection de cisaillement du vent (système réactif). Des alertes visuelles et sonores de détection de cisaillement du vent sont générées lorsque l'appareil rencontre une condition de cisaillement du vent, et lorsqu'il est prévu que le niveau d'énergie de l'appareil diminue sous un seuil minimum sécuritaire prédéterminé en fonction de l'angle d'attaque<sup>9</sup>. Le système est actif lorsque le levier des volets est sélectionné à la position 1 ou plus et :

- au décollage, 3 secondes après le décollage jusqu'à 1300 pieds agl;
- à l'atterrissage, de 1300 pieds agl jusqu'à 50 pieds agl.

La fonction « doppler » du radar météo a la capacité de détecter des zones où il existe un potentiel de cisaillement du vent (système de prédiction). Ce système de prédiction de cisaillement du vent donne un préavis d'environ 1 minute et génère des alertes visuelles et sonores différentes des alertes réactives.

Aucune alerte de cisaillement n'a été générée lors de l'événement à l'étude.

### 1.6.7 *Circuit de commandes de vol électriques*

Les pilotes utilisent un mini-manche latéral pour contrôler l'appareil dans les axes longitudinal et latéral. Les déflexions du mini-manche latéral sont interprétées par le calculateur de commandes de vol (FCC). Normalement, le FCC fonctionne selon la loi de commandes de vol normale. En fonction du déplacement du mini-manche latéral, le FCC commande les déflexions des surfaces de vol nécessaires pour obtenir le taux de changement d'assiette ou d'inclinaison.

La loi de commande de vol normale procure une stabilisation en roulis, de sorte que lorsque les ailes sont à l'horizontale, si une rafale induit une inclinaison, le FCC transmettra un signal aux surfaces de vol pour ramener les ailes à l'horizontale. Le temps de correction du FCC peut être plus long que des corrections manuelles effectuées par le pilote au mini-manche latéral pour obtenir le même résultat<sup>10</sup>.

Lorsque l'appareil est en approche finale près du sol, il est normal que le pilote effectue des corrections immédiates au mini-manche latéral<sup>11</sup> sans attendre la correction du FCC.

Il peut arriver que les corrections du pilote se combinent momentanément à celle du FCC, causant un taux d'inclinaison plus rapide que prévu. Si le pilote effectue une forte commande au mini-manche latéral en sens inverse, il est possible que le phénomène de

<sup>9</sup> Angle formé entre l'aile et le vent relatif.

<sup>10</sup> Gouvernement du Royaume-Uni, Air Accidents Investigation Branch (AAIB), Bulletin No. 3/2003, Ref: EW/C2001/2/3, page 5.

<sup>11</sup> Les mouvements du mini-manche latéral ne sont pas visibles pour le pilote surveillant.

pompage piloté (PIO) se produise. De plus, la conception ergonomique du mini-manche latéral est telle que la déflexion maximale peut être atteinte facilement et rapidement.

#### 1.6.8 *Autopilote et atterrissage automatique*

L'A330 est équipé d'un système de guidage en vol qui comprend entre autres un mode d'atterrissage automatique. Toutefois, les conditions météorologiques qui prévalaient ne rencontraient pas les critères établis par Air Canada pour effectuer ce type d'atterrissage en exploitation de catégorie I<sup>12</sup>.

#### 1.6.9 *Performances à l'atterrissage sur piste contaminée*

Les forces totales de freinage sur une piste mouillée sont d'environ 70 % du total du freinage sur une piste sèche<sup>13</sup>. Toutefois, en hydroplanage, les pneus perdent leur adhérence par rapport à la surface de la piste. Par conséquent, la distance requise pour arrêter l'appareil ne peut être calculée avec précision. On estime toutefois une augmentation de la distance d'arrêt pouvant atteindre 70 %. De plus, dans ces conditions, un vent traversier de 10 nœuds peut causer une sortie de piste latérale en 7 secondes environ<sup>14</sup>.

#### 1.6.10 *Remise des gaz*

Le mode de remise des gaz est activé lorsque les manettes de poussée sont déplacées complètement vers l'avant, à la détente de décollage et remise des gaz (TOGA)<sup>15</sup>. Par la suite, les réacteurs prennent un certain temps pour accélérer au régime de remise des gaz. Par conséquent, le pilote doit être conscient qu'en approche finale, l'appareil subira une perte d'altitude pendant la remise des gaz. La perte d'altitude sera plus grande si la poussée initiale des moteurs est au ralenti<sup>16</sup>.

La perte d'altitude est d'environ 10 pieds lorsque la poussée est stabilisée alors qu'elle peut atteindre 40 pieds lorsque la poussée est au ralenti (figure 4). Selon Airbus, il peut s'écouler jusqu'à 6 secondes avant l'obtention d'un taux de montée positif. Les données Airbus correspondent aux données recueillies lors des essais sur simulateur effectués par le BST (voir la rubrique 1.17.2 Séance de simulateur).

---

<sup>12</sup> « Approche et atterrissage de précision aux instruments avec une hauteur de décision non inférieure à 200 pieds (60 m) et par une visibilité non inférieure à ½ mille terrestre (800 m) ou avec une portée visuelle de piste non inférieure à 2 600 pieds (800 m). » Transports Canada, TP1490 – *Manuel d'exploitation tous temps (CATÉGORIES II ET III)*.

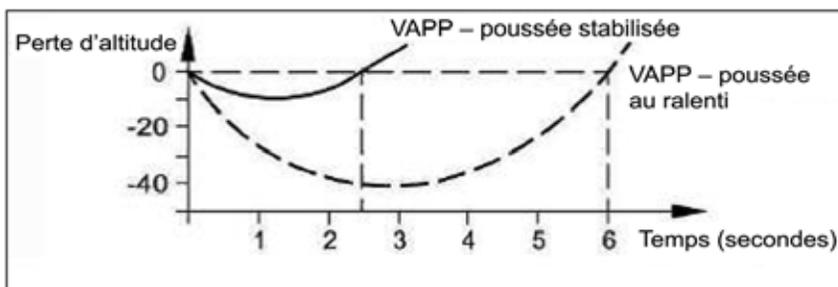
<sup>13</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual, Contribution of stopping forces to stopping performance, rubrique 1.06.60, p. 2.

<sup>14</sup> *Ibid.*, p. 1.

<sup>15</sup> À condition que le levier des volets soit sélectionné à la position 1 ou plus.

<sup>16</sup> Airbus Flight Crew Training Manual, No-180, AP/FD Go-Around Phase Activation, p. 2/4.

Figure 4. Perte d'altitude à la suite d'une remise des gaz (Source : Airbus Flight Crew Training Manual No.180 avec traduction du BST)



Selon Airbus, une remise des gaz peut être exécutée en toute sécurité avant le déploiement des inverseurs de poussée. Si l'appareil est en régime d'atterrissage bas au moment de la remise des gaz, la configuration de l'appareil devrait être maintenue, et la procédure d'arrondi doit être poursuivie jusqu'à ce que l'accélération des moteurs soit suffisante pour entraîner l'accélération de l'avion, avant que l'équipage cabre l'appareil en fonction des indications des barres directrices du directeur de vol. Un contact des roues avec la surface de la piste est probable, et toute tentative d'amorcer une montée avant que les réacteurs aient atteint la poussée de remise des gaz risque de provoquer un décrochage.

## 1.7 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques dans la région de CYUL le jour de l'incident ont fait l'objet d'une analyse approfondie par le Service météorologique du Canada<sup>17</sup>.

Un large système dépressionnaire centré sur le nord-ouest de l'Ontario demeure quasi stationnaire. Un creux s'étend de la dépression en traversant le sud de l'Ontario à [2 h] le 7 octobre. À [8 h], ce creux dépressionnaire s'est déjà déplacé bien au nord de Montréal. Derrière le creux, une masse d'air légèrement instable arrive du sud-ouest.

La première observation qui fait mention de cumulonimbus noyés dans d'autres couches nuageuses a été émise à 12 h. À 12 h 23, on a entendu le tonnerre associé à l'orage. À 12 h 30, l'orage accompagné de pluie a réduit à 2 milles terrestres (sm) la visibilité prédominante alors que dans les secteurs est et sud, la visibilité était toujours d'environ 8 sm. À 12 h 36, des rafales avec des pointes à 27 nœuds du secteur ouest étaient accompagnées de visibilités réduites à 3 sm dans l'orage accompagné de pluie; la température a soudainement baissé d'environ 4°C.

<sup>17</sup> Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Direction des prévisions et services météorologiques et environnementaux, Analyse météorologique : 7 octobre 2014, Montréal, QC (29 octobre 2014).

### 1.7.1 *Vol dans les environs de conditions orageuses*

Les manifestations dangereuses d'un orage sont bien connues dans l'industrie aéronautique. Les équipages qui volent près d'un orage peuvent s'attendre de rencontrer les conditions suivantes : vent irrégulier et en rafales, grain (coups de vent violent), turbulence, pluie extrêmement violente, faible visibilité, grêle et foudre. Par ailleurs, il n'existe aucune corrélation entre l'apparence d'un orage et l'intensité de ses manifestations.

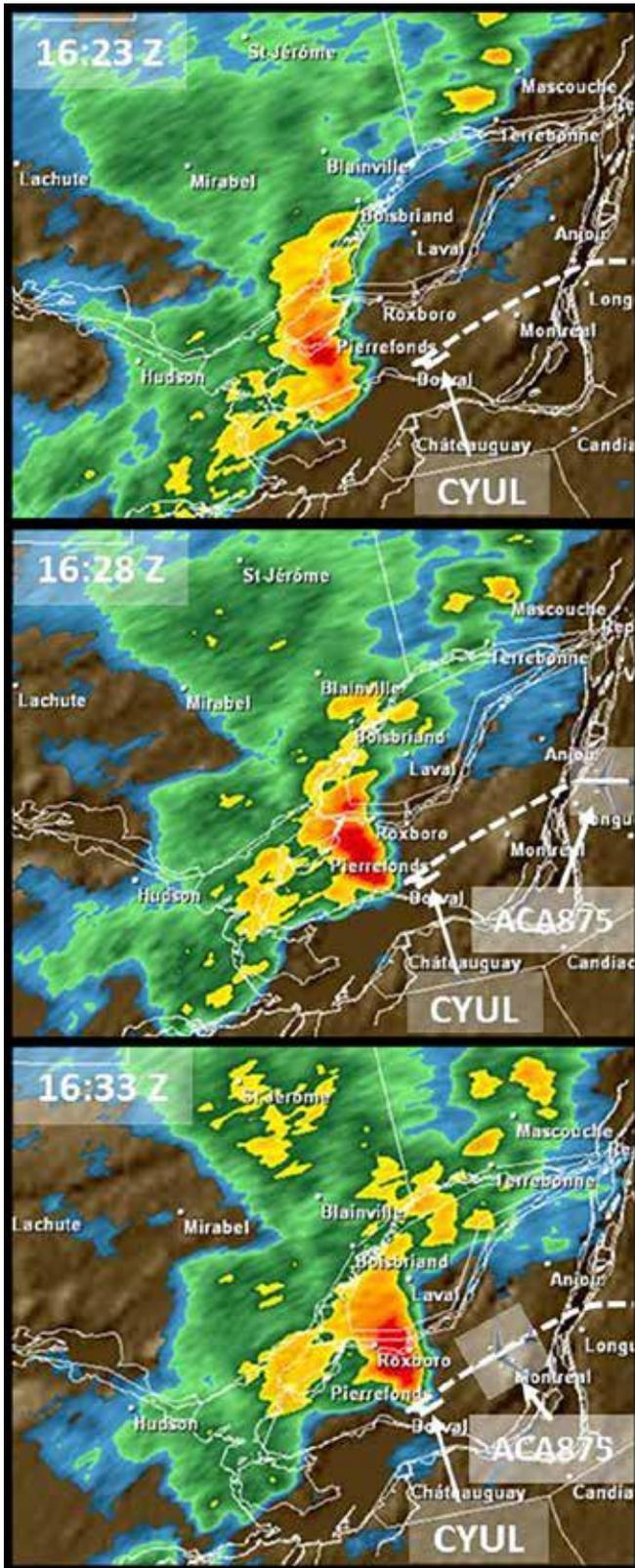
Aucun des équipages des vols qui précédaient n'avaient refusé de se poser sur la piste 24R à cause de la proximité de l'orage. Toutefois, 2 aéronefs qui ont suivi l'ACA875 ont exécuté une procédure d'approche interrompue en raison de la détérioration des conditions météorologiques sur l'aéroport.

L'analyse des images radar et les données fournies par le pluviomètre de l'aéroport pendant les quelques minutes qu'a duré le passage de l'orage laissent croire que le taux de précipitation au moment de l'événement avoisinait les 10 mm à l'heure vers l'extrémité nord de la piste 24R et réduisait la visibilité.

Bien que le pluviomètre situé près du centre de l'aéroport ait accumulé seulement 0,6 mm de pluie entre 12 h et 13 h, les images radar de McGill montrent qu'au seuil de la piste 24R, l'intensité des précipitations était d'environ 10 mm à l'heure. De plus, l'image radar de 12 h 34 min 41 s montre qu'à environ 1 nm au nord de la piste, l'intensité des précipitations a atteint jusqu'à 75 mm à l'heure (annexe A). Pendant l'orage, la visibilité a été réduite en raison de l'intensité plus forte des précipitations au nord de l'aéroport.

Les fortes précipitations au nord de la piste, la baisse momentanée de la température au sol, et le changement de direction et de la force du vent tendent tous à confirmer la présence d'une rafale descendante au nord de la piste au moment de l'atterrissage de l'ACA875 (figure 5).

Figure 5. Déplacement de l'orage apparaissant sur le radar de Burlington (Source : Environnement Canada avec annotations du BST)



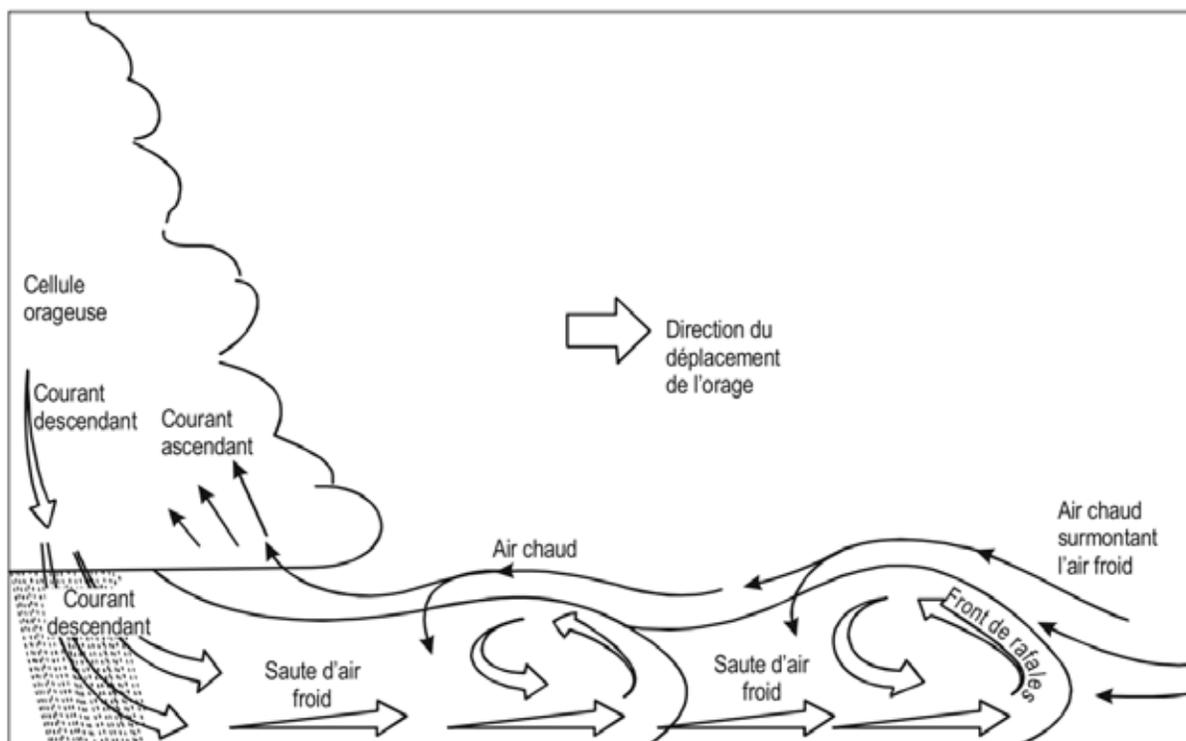
En se basant sur les observations météorologiques de surface aux aéroports, les sondages aérologiques, les images satellitaires et les images radar, on peut conclure ce qui suit :

- Un orage en provenance du sud-ouest de l'île de Montréal s'est déplacé tout juste au nord de CYUL tout en s'intensifiant entre 12 h et 13 h.
- De fortes précipitations associées avec l'orage ont entraîné des rafales descendantes de vents qui ont atteint la surface, donnant ainsi les fortes rafales du secteur ouest observées.
- À 12 h 34, l'orage était situé à environ 1 nm au nord de la piste 24R.

### 1.7.2 Rafales descendantes

Une rafale descendante (figure 6) est « un courant descendant concentré et fort qui accompagne les précipitations tombant sous [une] cellule [orageuse]<sup>18</sup> ». Une microrafale est une forme de rafale descendante. D'un diamètre inférieur à 4 km, elle est de moindre durée, mais souvent de plus forte intensité qu'une rafale descendante. « Une baisse rapide de température et une brusque hausse de la pression caractérisent cet écoulement horizontal de vents en rafales à la surface<sup>19</sup>. »

Figure 6. Rafale descendante de vent (Source : Organisation de l'aviation civile internationale; illustration avec trajectoire décalée)



<sup>18</sup> NAVCANADA, Chapitre 2 : Dangers météorologiques pour l'aviation, p. 42-43, <http://www.navcanada.ca/FR/media/Publications/Local%20Area%20Weather%20Manuals/LAWM-Prairies-2-FR.pdf> (dernière consultation le 20 mars 2017).

<sup>19</sup> *Ibid.* p. 39.

### 1.7.3 *Cisaillement du vent dans les basses couches*

« Lorsque le courant descendant touche le sol, il s'évase dans toutes les directions<sup>20</sup> ». Une rafale descendante qui est décalée par rapport à la trajectoire de vol peut produire un cisaillement latéral du vent suffisamment important pour déplacer des avions de toutes tailles.

### 1.7.4 *Prévisions d'aérodrome*

La prévision d'aérodrome (TAF) de CYUL reçue par l'équipage de conduite avant le départ d'EDDF faisait état de VMC à l'arrivée à Montréal (annexe B).

Par la suite, l'équipage a obtenu des mises à jour des TAF de CYUL pendant le vol à 5 h 50 (TAF de 4 h 38), à 7 h 34 (TAF de 4 h 38), 8 h 2 (TAF de 7 h 38) et 11 h 22 (TAF de 11 h 19).

Le TAF modifié de 11 h 19 était la première prévision d'aérodrome faisant état de la présence d'orages à CYUL. Dans le TAF, on prévoyait, entre 13 h et 14 h, soit environ 30 minutes après l'heure d'atterrissage prévue, la présence temporaire des conditions suivantes : visibilité dominante de 2 sm en présence d'orages, pluie et brume et couche de cumulonimbus couverte à 4000 pieds agl. Selon le journal de bord des transmissions ACARS, le TAF a été reçu à 11 h 22, et cela a été la dernière prévision d'aérodrome reçue par l'équipage.

Le TAF de l'aéroport international de Montréal (Mirabel) (CYMX), leur aéroport de dégagement, a également été transmis à 11 h 22 et prévoyait des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) et des orages entre 12 h et 13 h.

L'équipage n'a pas reçu le TAF de CYUL publié à 12 h 26, juste avant l'atterrissage de l'avion.

### 1.7.5 *Messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation*

Dans son dossier météo avant le vol, l'équipage de conduite de l'ACA875 avait reçu les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) de CYUL. Aucune activité orageuse n'y était mentionnée; des VMC prévalaient à CYUL lors de l'approche.

Les conditions météorologiques réelles à Montréal le 7 octobre correspondaient à des conditions changeantes, de nombreux messages d'observation météorologie spéciale d'aérodrome (SPECI) étant publiés en plus des bulletins horaires (METAR). Entre autres, on y retrouve la liste des observations météorologiques publiées dans les heures qui ont précédé l'événement à l'étude (annexe B).

---

<sup>20</sup> *Ibid.* p. 39.

### 1.7.6 *Renseignements météorologiques significatifs*

Un message de renseignements météorologiques significatifs (SIGMET) visant à avertir les pilotes de la présence d'orages dans la région d'information de vol (FIR) de Montréal a été émis quelque 3 heures et 30 minutes avant l'arrivée du vol ACA875. Le SIGMET J1 valide de 8 h 55 à 12 h 55 signalait des orages fréquents situés à environ 90 nm à l'ouest de Montréal se déplaçant à une vitesse de 30 nœuds en direction nord-est en s'affaiblissant. Le SIGMET J2 valide entre 10 h 15 et 12 h 55 a annulé le SIGMET J1.

### 1.7.7 *Messages du service automatique d'information de région terminale*

À 12 h 7, à environ 33 000 pieds asl en descente, l'équipage a contacté le centre de contrôle régional de Montréal et l'a avisé qu'il avait reçu les renseignements Uniform de l'ATIS. À 12 h 20, à environ 11 000 pieds asl et à quelque 30 nm de sa destination, l'ACA875 a avisé le terminal de Montréal qu'il avait reçu les renseignements Victor. Deux autres messages ATIS ont été diffusés après le message Victor et avant que l'appareil atterrisse. L'enquête n'a pu déterminer si ces messages ont été reçus dans l'avion. Toutefois, alors que l'avion était en approche finale, l'équipage de conduite pouvait voir les conditions météorologiques par le pare-brise avant. (L'annexe B fait état de l'évolution des conditions météorologiques présentées dans les messages ATIS).

### 1.7.8 *Conditions météorologiques au sol*

Des caméras de surveillance à l'aéroport ont permis d'observer les conditions météorologiques au-dessus de la piste 24R. Une caméra située à la barrière 61 a saisi en partie l'atterrissage de l'ACA875. Toutefois, la faible qualité des images de l'enregistrement vidéo ne permet pas d'examiner l'appareil en détail ni de suivre le vol au moment du toucher des roues. On note une forte averse de pluie accompagnée d'un vent soufflant par rafales qui se déplaçait rapidement du nord-ouest de la piste vers le sud-est.

La figure 7 montre les conditions météorologiques à 12 h 32 min 23 s, soit 2,5 minutes avant l'atterrissage; la figure 8 montre les conditions météorologiques à 12 h 33 min 56 s, soit 1 minute avant l'atterrissage. On peut constater que l'averse de pluie s'est déplacée vers le seuil de la piste. La figure 9 montre les conditions météorologiques au moment de l'atterrissage. On peut observer que l'appareil soulève une plume d'eau pendant le roulage à l'atterrissage.

Figure 7. Conditions météorologiques au-dessus de la piste 24R à 12 h 32 min 23 s (Source : Aéroports de Montréal)



Figure 8. Conditions météorologiques au-dessus de la piste 24R à 12 h 33 min 56 s (Source : Aéroports de Montréal)



On constate qu'au moment de l'atterrissage, l'averse balayait le seuil de la piste 24R. On remarque également une plume d'eau importante projetée à l'arrière de l'appareil par les pneus de l'avion ou possiblement par l'inversion de poussée, ce qui permet de conclure à la présence d'eau sur la piste.

Figure 9. Conditions météorologiques au-dessus de la piste 24R au moment de l'atterrissage (Source : Aéroports de Montréal avec annotations du BST)



### 1.7.9 Renseignements météorologiques fournis par la tour de contrôle

La tour de contrôle a fourni les renseignements météorologiques suivants :

Tableau 4. Mise à jour des conditions météorologiques par la tour de contrôle

Heure	Vent	Distance	Altitude	Description
12 h 32	280 / 13 G 18	6 nm	1900 pieds agl	Autorisé à atterrir*
12 h 34	300 / 18 G 24	1,5 nm	500 pieds agl	Avis cisaillement du vent

\* Première donnée d'un vent provenant de la droite de l'axe de piste.

La tour de contrôle obtient l'information relative aux vents du système d'affichage de l'information opérationnelle. Seule la moyenne du vent au cours des 2 dernières minutes est affichée. Ainsi, l'information relative au vent transmise par la tour de contrôle de la circulation aérienne (ATC) est la moyenne du vent au cours des 2 minutes précédentes<sup>21</sup>. Le contrôleur ne dispose pas de données sur le vent en temps réel. De plus, l'indicateur de direction du vent de la piste 24R n'est pas visible de la tour de contrôle.

## 1.8 Trajectoire de vol et la mise à jour des conditions météorologiques

À 12 h 23 et 12 h 30 respectivement, les messages ATIS Whiskey et ATIS X-ray ont signalé un orage (ces messages n'ont pas été reçus) (figure 10).

À cinq reprises entre 12 h 23 et 12 h 32, l'équipage a commenté les mauvaises conditions météorologiques observées tout juste au nord-ouest de l'aéroport.

L'ATC a autorisé l'ACA875 à atterrir à 12 h 32 min 30 s puis, 27 secondes plus tard, a informé l'équipage que le balisage lumineux de la piste 24R ne fonctionnait pas.

<sup>21</sup> Transports Canada, TP14371, *Manuel d'information aéronautique (AIM)*, MET – MÉTÉOROLOGIE, rubrique 1.1.5 Systèmes d'observations météorologiques et procédures aux principaux aéroports, p. 132.

À 12 h 33 min 26 s, l'équipage a aperçu un autre avion atterrir sur la piste. À 12 h 33 min 57 s, un de Havilland DHC-8 qui venait d'atterrir a signalé la présence d'un léger cisaillement du vent.

À 12 h 34 min 12 s, le contrôleur a rapporté que le vent soufflait maintenant du 300 °M à 18 nœuds avec des rafales à 24 nœuds.

À 12 h 34 min 29 s, l'avion a effectué l'appel « Runway in Sight » (piste en vue), ce qui est un appel obligatoire conformément aux instructions permanentes d'opérations (SOP).

À 12 h 34 min 38 s, les essuie-glaces se sont mis en marche.

Figure 10. Trajectoire de l'appareil en rapprochement de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal en fonction des renseignements météorologiques disponibles (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



## 1.9 Aides à la navigation

L'ACA875 effectuait une approche ILS 24R à CYUL, et le système ILS fonctionnait normalement au moment de l'approche et de l'atterrissage. Toutefois, puisque le balisage lumineux de piste et d'approche était inopérant, la hauteur de décision (DH) était augmentée de 50 pieds et la visibilité minimale était majorée de  $\frac{1}{4}$  sm aux minimums d'approche publiés.

## 1.10 Communications

À plusieurs moments pendant le vol, l'équipage a communiqué avec le centre de répartition de la compagnie au moyen de l'ACARS, et ces communications n'indiquaient rien d'anormal. Toutefois, l'équipage n'a pas reçu les messages offrant la possibilité de changer

l'aéroport de dégagement pour l'aéroport international Macdonald-Cartier d'Ottawa (Ontario) (CYOW).

Pendant le vol, les prévisions météorologiques de la région de Montréal se sont détériorées et annonçaient le passage d'orages. À 11 h 19, les TAF de CYUL et CYMX ont été amendés pour inclure la présence d'orage à l'aéroport de dégagement (CYMX) entre 12 h et 13 h, soit à l'heure prévue d'atterrissage du vol à destination.

Selon le journal du système ACARS, d'adressage et de compte rendu, les nouveaux TAF amendés ont été envoyés et reçus par ACA875 à 11 h 21. Six minutes plus tard, l'agent de régulation des vols a transmis un message ACARS qui contenait le TAF de CYOW, la route préférentielle, le temps de vol (25 minutes) et le carburant requis (2300 kg) à titre informatif dans l'éventualité où CYMX n'était pas accessible en raison des orages prévus<sup>22</sup>. Toutefois, ce message n'a pas été reçu par l'équipage en raison d'échecs à la liaison sol-air du système ACARS. La liaison de données n'a probablement pas fonctionné parce que l'appareil transitait dans une région où la liaison de données VHF est peu fiable. Après le premier échec, la demande a été mise en file d'attente pour envoi automatique. Après 3 échecs, le système a généré un message d'alerte qui n'a pas été remarqué par l'agent. La conception du système requiert tout d'abord que l'agent observe le message d'alerte. Par la suite, il doit afficher manuellement le message qui indique « FAILED DELIVER-EXPIRY OF MESSAGE ASSURANCE TIMER » ainsi que le numéro de l'aéronef. Le système ne génère aucune information sur le message en défaut de livraison. L'agent doit alors utiliser un logiciel différent pour déterminer quel est le message manquant.

Les services ATC lors de l'approche et de l'atterrissage étaient fournis par NAV CANADA, selon les politiques et directives du *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC). Le contrôleur de CYUL a fourni les renseignements sur le vent. Il a également informé l'équipage de la présence de cisaillement du vent, rapportée par le vol qui le précédait, et a rappelé que le balisage lumineux de la piste 24R était hors service. Les communications enregistrées entre l'équipage et les unités ATC n'indiquent rien d'exceptionnel.

### 1.11 Renseignements sur l'aérodrome

La société Aéroports de Montréal (ADM), société sans but lucratif, exploite CYUL selon les normes stipulées dans le document TP312<sup>23</sup> de Transports Canada (TC).

CYUL comporte 2 pistes parallèles (les pistes 06L/24R et 06R/24L), une piste sécante (la piste 10/28), de nombreuses voies de circulation et plusieurs aires de trafic. Au moment de l'événement à l'étude, la piste 24R était la seule piste en service; les 2 autres pistes, soit la

---

<sup>22</sup> ACA875 emportait près de 1000 kg de carburant de plus que requis pour dérouter vers Ottawa.

<sup>23</sup> Transports Canada, TP312, *Aérodromes – Normes et pratiques recommandées*, quatrième édition (mars 1993).

piste 06R/24L et la piste 10/28, étaient fermées. La piste 24R mesure 11 000 pieds de longueur sur 200 pieds de largeur.

La piste 24L était fermée en raison de la présence d'une grue près du seuil de la piste. À la suite de l'événement à l'étude, la piste 24R a été fermée temporairement, et la piste 24L a été remise en service après que le mât de la grue a été descendu.

#### 1.11.1 *Balisage lumineux et marquage de la piste 24R*

Les systèmes de balisage lumineux de piste permettent aux pilotes de repérer la piste dans la phase d'atterrissage, de poser les roues au bon endroit, de garder l'appareil dans l'axe et d'évaluer la distance jusqu'au bout de la piste.

Le système de balisage lumineux de la piste 24R comprend un balisage lumineux d'approche à haute intensité, des feux de seuil de piste, des feux de bord de piste, des feux d'extrémité de piste et des feux d'axe de piste :

- Les feux d'approche sont des feux blancs disposés en ligne qui clignotent successivement de manière à indiquer aux appareils en approche la direction ainsi que la proximité de la piste.
- Les feux de seuil de piste sont des feux verts encastrés et disposés en ligne perpendiculaire à l'axe de piste; ils indiquent le seuil de la piste.
- Les feux d'axe de piste sont des feux encastrés disposés en ligne; ils indiquent l'axe de piste.
- Les feux de bord de piste sont des feux blancs hors-sol, disposés sur toute la longueur de la piste; ils indiquent les bords de la piste.

Au moment de l'événement, 2 avis aux navigants (NOTAM) visant le balisage lumineux de la piste 24R avaient été diffusés par l'autorité aéroportuaire. Le premier NOTAM, qui visait les feux de bord de piste et les feux de toutes les voies de circulation qui y menaient, indiquait qu'ils étaient hors service depuis le 23 septembre 2014. Le deuxième NOTAM indiquait que le balisage d'approche, les feux de seuil de piste, les feux d'extrémité de piste et les feux d'axe de piste étaient hors service entre 7 h 30 et 17 h 30. En raison de ces NOTAM, un troisième NOTAM indiquait que les minimums d'approche avaient été augmentés (DH augmentée de 50 pieds et visibilité minimale augmentée de ¼ de mille). L'équipage a reçu ces NOTAM lors de la planification du vol. En approche finale, le contrôleur de l'aéroport a également informé l'ACA875 que le balisage lumineux de la piste n'était pas disponible.

La piste 24R présente des marques de piste blanche, qui sont celles d'une piste permettant les approches aux instruments. La piste 24R présente les marques de piste suivantes :

- des marques de seuil – une série de barres verticales marquant le seuil;
- des marques d'identification de piste, sous la forme du numéro de la piste;
- des marques de zone de poser des roues, sous la forme d'un ensemble de barres verticales récurrentes situées, de part et d'autre de l'axe de piste, tous les 500 pieds sur les 3000 premiers pieds de la piste;

- des marques de point cible à 1500 pieds du seuil de piste;
- des marques d'axe de piste – une ligne tiretée indiquant l'axe de piste.

### 1.11.2 Normes sur le fonctionnement et le contrôle des systèmes de balisage lumineux d'aérodrome

Le TP312 sert de référence pour les spécifications d'aérodrome, y compris le balisage lumineux. Y sont publiées les normes dont l'application uniforme est considérée nécessaire à la sécurité ou à la régularité de la navigation aérienne et à laquelle tous les exploitants d'aéroports doivent se conformer.

Selon l'article 8.5 du TP312<sup>24</sup>, le balisage lumineux d'aérodrome doit, entre autres, être utilisé conformément aux normes suivantes :

**8.5.1.6 Norme.** – Le balisage lumineux d'approche doit être allumé la nuit ou le jour en des conditions IMC pour l'arrivée des aéronefs :

- a) au moins cinq minutes avant l'heure prévue d'arrivée (ETA); et
- b) jusqu'à l'atterrissage de l'aéronef.

**8.5.1.7 Norme.** – Les feux d'identification de piste doivent être allumés pour l'arrivée d'un aéronef quand :

- a) la visibilité est de cinq milles ou moins; ou
- b) le plafond est de 1000 pieds ou moins.

**8.5.1.8 Norme.** – Les feux de bord de piste, d'axe de piste et de la zone de poser doivent être allumés la nuit ou le jour en conditions IMC pour l'arrivée des aéronefs :

- a) au moins cinq minutes avant l'heure prévue d'arrivée (ETA); et
- b) jusqu'à ce que l'aéronef soit dégagé de la piste.

### 1.11.3 Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne

Les directives publiées à la sous-partie 370 du MANOPS ATC<sup>25</sup> sont conformes aux normes publiées dans le TP312.

Selon le MANOPS ATC<sup>26</sup> de NAV CANADA, les aéroports dotés d'un balisage lumineux d'approche à intensité variable doivent allumer le balisage lumineux d'approche au réglage d'intensité 4 à la lumière du jour lorsque la visibilité est inférieure à 3 sm.

---

<sup>24</sup> *Ibid.*, Fonctionnement et contrôle des systèmes de balisage lumineux d'aérodrome.

<sup>25</sup> NAV CANADA, *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC), sous-partie 370 – Balisage lumineux d'aéroport (3 avril 2014).

<sup>26</sup> *Ibid.*, article 379.1.

En conformité avec les directives publiées à l'article 322.1 du MANOPS ATC, le contrôleur de l'aéroport a informé l'ACA875 environ 3 minutes avant l'atterrissage que le système de balisage de la piste 24R était en panne.

L'article 316.3 du MANOPS ATC enjoint aux contrôleurs de ne pas autoriser l'utilisation entière ou partielle d'un aéroport qui a été fermé par l'exploitant d'aéroport. La note à l'article 316.3 du MANOPS ATC rappelle que : « L'exploitant de l'aéroport est responsable de fermer l'aéroport ou une partie de son infrastructure ou de l'aire de manœuvre<sup>27</sup>. »

#### 1.11.4 *Accord d'exploitation entre Aéroports de Montréal et NAV CANADA*

ADM et NAV CANADA ont signé un accord ayant pour objectif de « définir les procédures et la coordination concernant les opérations entre la Tour de contrôle de Montréal (NAV CANADA) et les Aéroports de Montréal (ADM). »<sup>28</sup> On retrouve notamment, à l'annexe B de cet accord (tableau 5), les mesures de mitigation à prendre lorsque l'équipement requis lors d'opérations en faible visibilité ou en visibilité réduite ne sont pas disponibles.

---

<sup>27</sup> *Ibid.*, article 316.3.

<sup>28</sup> Accord entre NAV CANADA et Aéroports de Montréal, en vigueur le 26 février 2014.

Tableau 5. Mesures de mitigation d'Aéroports de Montréal en cas de panne d'équipement lors d'opérations en conditions de visibilité réduite et de faible visibilité<sup>29</sup>

Élément manquant	Toutes les pistes	Piste 06L
	Visibilité réduite (1200 ≤ RVR* < 2600)	Faible visibilité (600 ≤ RVR < 1200)
Feux de bord de piste haute intensité	Suspension des opérations de nuit	Suspension des opérations
Feux d'axe de piste	Sans impact	Suspension des opérations
Conception des circuits	Suspension des opérations de nuit	Suspension des opérations
Groupe électrogène de secours	Sans impact	Suspension des opérations
Feux de protection de piste	1 seul aéronef à la fois permis sur l'aire de manœuvre pour toutes les pistes sauf 06L si barres d'arrêt fonctionnelles	Sans impact
Barres d'arrêt	Sans impact	1 seul aéronef à la fois permis sur l'aire de manœuvre
Feux axiaux de voies de circulation	Sans impact	1 seul aéronef à la fois permis sur l'aire de manœuvre
Éclairage des panneaux de signalisation	Suspension des opérations de nuit	Suspension des opérations
Contrôle automatique des barres d'arrêt	Sans impact	1 seul aéronef à la fois permis sur l'aire de manœuvre

\* Portée visuelle de piste en pieds

On constate que dans des conditions IMC<sup>30</sup>, ADM ne suspend pas l'exploitation de jour de la piste 24R lorsque le balisage lumineux est hors service.

Les conditions météorologiques ne permettraient pas l'utilisation de la piste étant donné que la norme 8.5.1.8 du TP312 stipule, en partie, que :

Les feux de bord de piste, d'axe de piste et de la zone de poser doivent être allumés la nuit ou le jour en conditions IMC pour l'arrivée des aéronefs [...]

#### 1.11.4.1 Alerte rouge

ADM dispose d'une procédure servant à protéger le personnel au sol des dangers de la foudre. Lorsque les détecteurs de foudre enregistrent un nombre prédéterminé de

<sup>29</sup> *Ibid.*, Annexe B

<sup>30</sup> Lorsque le plafond est inférieur à 1000 pieds au-dessus du sol, et que la visibilité est inférieure à 3 milles terrestres à CYUL.

foudroiements dans un rayon précis de l'aéroport, ADM déclenche une alerte rouge. Les exploitants peuvent, sur une base individuelle et à leur discrétion, réagir à une alerte rouge en cessant leurs activités au sol. ADM avait déclenché une alerte rouge à 12 h 29, environ 6 minutes avant l'arrivée d'ACA875. L'alerte rouge, qui n'est pas une fermeture de l'aéroport, a été levée à 12 h 54.

#### 1.11.4.2 Fermeture de l'aéroport

La décision de fermer un aéroport ou une partie de son infrastructure ou de son aire de manœuvre relève de l'exploitant de l'aéroport. ADM dispose de procédures bien établies traitant de la fermeture d'une piste dans des conditions bien précises, notamment à cause du verglas, de la neige ou d'un freinage nul. De plus, ADM ferme des pistes obstruées par des obstacles dont la présence est connue. ADM ne ferme pas de pistes ni l'aéroport dans les circonstances propres aux conditions météorologiques estivales, comme le vent, la pluie ou les éclairs.

Il peut y avoir, chez les pilotes, une perception voulant qu'il soit possible de fermer les aéroports en cas de conditions météorologiques trop mauvaises pour permettre d'effectuer des approches et des atterrissages en toute sécurité. À cet égard, il incombe à l'ATC uniquement de s'assurer que la piste devant servir à un avion au départ ou à l'arrivée est ou sera libre de tout obstacle connu, qu'il s'agisse de véhicules, d'équipement et de membres du personnel, avant que l'avion au départ commence le décollage ou avant que l'avion à l'atterrissage franchisse le seuil de piste. L'ATC peut limiter l'écoulement du trafic aérien vers un aéroport donné en raison des conditions météorologiques, mais la décision ultime de faire une approche ou un atterrissage revient au pilote.

#### 1.11.4.3 Système avertisseur de cisaillement du vent dans les basses couches

Le système avertisseur de cisaillement du vent dans les basses couches (LLWAS) mesure la vitesse moyenne du vent de surface et la direction en utilisant un réseau de stations de détection à distance, situé près des pistes et le long de l'approche ou du corridor de départ. Le système LLWAS est reconnu comme un facteur susceptible d'influencer la conscience de la situation à l'égard du cisaillement du vent et à la capacité de l'éviter<sup>31</sup>.

Le radar météorologique Doppler terminal est un système amélioré qui utilise un faisceau étroit tridimensionnel pour détecter les conditions de cisaillement du vent.

L'aéroport CYUL ne dispose d'aucun système LLWAS, et la réglementation ne l'exige pas.

---

<sup>31</sup> Airbus, *Flight Operations Briefing Notes (FOBN): Adverse Weather Operations, "Windshear Awareness, Factors Affecting Windshear Awareness"*, p. 11. (Référence FOBN : FLT OPS - ADV\_WX - SEQ02 - REV03 - OCT. 2007)

#### 1.11.4.4 Intervention d'Aéroports de Montréal après l'incident

ADM est responsable des mesures prises à la suite d'un accident ou d'un incident à CYUL. ADM utilise le plan des mesures d'urgence (PMU) comme outil de gestion des mesures d'urgence pour établir les lignes directrices, les directives et les procédures, et pour définir les rôles et les responsabilités des principaux organismes qui interviennent.

Un employé d'ADM a observé l'atterrissage de l'ACA875. Dans les minutes qui ont suivi, un représentant d'ADM a informé NAV CANADA que la piste 24R était fermée en raison de la sortie de piste. Le service d'incendie d'ADM et des équipes d'entretien des pistes ont été dépêchés sur les lieux. Comme l'événement se réduisait à quelques feux de bord de piste endommagés et de la boue sur la surface de manœuvre, ADM a jugé que le centre de coordination d'urgence (CCU) n'avait pas à être ouvert. ADM a documenté en partie les indices sur les lieux. Par la suite, le personnel d'ADM a réparé les feux et nettoyé la piste au jet d'eau et à l'aide de balais mécaniques. À 13 h 30, la piste a été remise en fonction.

À 13 h 45, ADM a demandé à NAV CANADA d'aviser le BST de la sortie de piste. Ce n'est qu'environ 1 heure et 30 minutes après l'incident que le BST en a été avisé. Lorsque les enquêteurs du BST sont arrivés sur les lieux, vers 14 h 19, les débris avaient été déplacés et certains éléments de preuve avaient disparu. Les parties concernées ont indiqué qu'elles n'étaient pas certaines de la nécessité de protéger les lieux de l'incident et de la nécessité de conserver les éléments de preuve à la suite d'un tel incident.

Selon le manuel PMU en usage au moment de l'événement à l'étude, un « accident ou incident d'aéronef implique tout événement de nature à causer des décès ou des blessures graves à des personnes et/ou des dommages à un aéronef. Ceci inclut un écrasement, un incendie à bord et une collision au sol<sup>32</sup> ». Outre cette définition, le PMU ne mentionne aucun des incidents aéronautiques devant être signalés, tel qu'énumérés dans le *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* et en particulier les incidents susceptibles de se produire à un aéroport, comme les situations où un aéronef dévie de l'aire d'atterrissage prévue.

ADM a publié des directives concernant la protection des lieux après un accident ou un incident. Ces directives s'adressent aux différents corps d'intervenants. À cet égard, le PMU stipule que personne « ne doit déplacer ou manipuler les débris ou autres éléments de preuve de l'appareil impliqué dans un accident ou son épave ou son contenu, ou interférer avec, ou déplacer quoi que ce soit sur les lieux sans la présence ou l'autorisation d'un enquêteur du Bureau de la sécurité des transports du Canada<sup>33</sup> ». Des directives au directeur du CCU spécifient « donner l'autorisation de déplacer les débris, l'épave ou autres éléments de preuve de l'appareil une fois l'inspection du BST complétée<sup>34</sup> ».

<sup>32</sup> Aéroports de Montréal, Plan des mesures d'urgence, Accident/incident d'aéronef sur l'aéroport – Aéroport Montréal-Trudeau, ch. 2, rubrique 1.1.

<sup>33</sup> *Ibid.*, rubrique 3.1.

<sup>34</sup> *Ibid.*, p. 3.

Selon le paragraphe 8(1) du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* (Règlement sur le BST), « [t]oute personne qui exerce un contrôle sur un élément de preuve relatif à un accident de transport ou qui en a la possession le conserve jusqu'à ce que le Bureau l'en avise autrement<sup>35</sup>. »

## 1.12 Enregistreurs de bord

L'avion était muni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) à semi-conducteurs Honeywell (modèle n° 980-6022-001, n° de série 0591) et d'un enregistreur numérique de données de vol (DFDR) Honeywell (modèle n° 980-4700-042, n° de série SSFDR-09590). Les 2 enregistreurs ont été retirés de l'appareil et expédiés au laboratoire du BST, où les données qu'ils contenaient ont été récupérées et analysées.

Le CVR contenait 2 heures et 5 minutes d'enregistrements.

Le DFDR contenait 53 heures de données de vol, soit celles du vol en cause et celles des 6 vols précédents. Les données DFDR ont été validées et augmentées avec l'aide des données des radars de surveillance des mouvements de surface (ASDE) et de celles du système auxiliaire d'affichage radar de NAV CANADA (NARDS). Par la suite, les données DFDR ont été synchronisées avec les enregistrements CVR, les enregistrements des communications de l'ATC et les mesures des traces sur la piste des données de l'étude de site, pour créer une animation de l'approche et de l'atterrissage.

L'analyse de ces données a permis d'établir la trajectoire précise de l'appareil, le point exact du toucher des roues arrière du bogie de chaque train principal, le moment où le poids de l'appareil reposait sur l'ensemble des roues de chaque bogie, l'utilisation des commandes de vol par le PM ainsi que la mise en marche des divers systèmes manuels et automatiques.

Des tracés des paramètres de vol ont été produits aux fins d'analyse de l'approche et de l'atterrissage. Ces tracés ont permis de comparer les caractéristiques de l'atterrissage en cause aux atterrissages précédents et ont aussi permis d'établir que :

- l'automanette était engagée jusqu'au moment de l'arrondi;
- l'autopilote a été déconnecté à environ 980 pieds agl;
- la présence d'un vent dextrogyre en descente, qui en moyenne, en dessous des 100 pieds agl, provenait du 291 °M à 18 nœuds (moyenne de vent traversier de la droite de 15 nœuds);
- les fluctuations de vitesse combinées à l'augmentation des accélérations verticales indiquaient une augmentation de la turbulence en descente lors de l'approche;
- l'approche satisfaisait à tous les critères d'approche stabilisée de la compagnie;
- l'appareil a franchi le seuil de la piste à 50 pieds agl sur l'alignement, sur l'axe et à la vitesse ( $V_{APP}$ ) choisie;

---

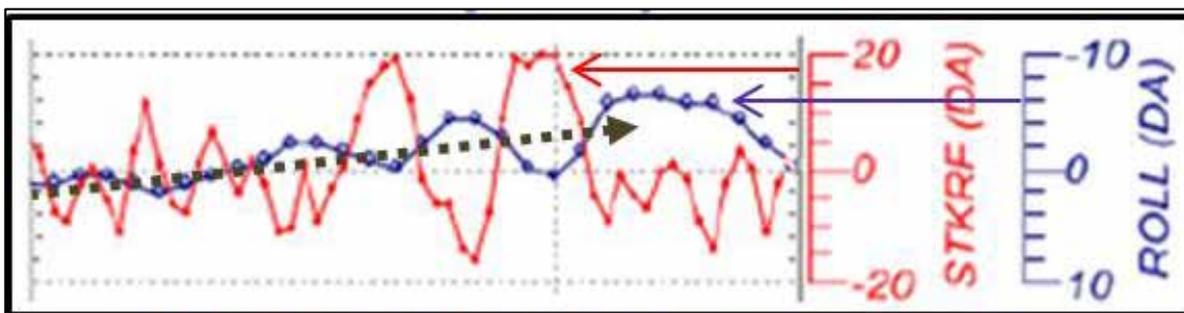
<sup>35</sup> *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, DORS 2014-37, para. 8(1).

- plusieurs déflexions du mini-manche latéral, dont 2 déflexions maximales, sont survenues sous 100 pieds agl;
- la puissance a été diminuée au ralenti à environ 30 pieds agl alors que l'appareil était incliné  $6,3^\circ$  à gauche;
- l'augmentation du « G » latéral négatif (vers la gauche) après la compression du train principal tendait à confirmer que l'appareil n'avait pas subi d'hydroplanage après l'atterrissage.

### 1.12.1 *Pompage piloté*

L'analyse des tracés DFDR montre qu'à environ 120 pieds agl, l'appareil a connu 3 oscillations en roulis, dont les amplitudes passaient progressivement de  $2^\circ$  à  $6^\circ$  (figure 11). En même temps, on a observé des déplacements latéraux prononcés du mini-manche latéral du copilote atteignant 2 fois une déflexion maximale et déphasée de  $90^\circ$  par rapport au mouvement en roulis de l'avion. Ces oscillations accompagnées de déflexions opposées du copilote indiquent la présence du phénomène de pompage piloté.

Figure 11. Données de l'enregistreur numérique de données de vol indiquant la présence du phénomène de pompage piloté



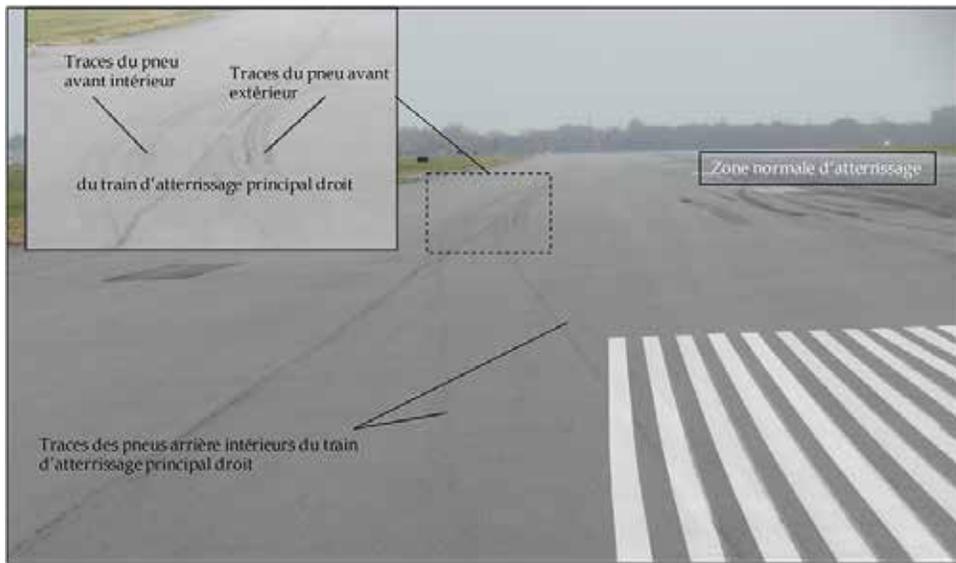
Par définition, le phénomène du pompage piloté survient uniquement lorsque le pilote exerce sur le mini-manche latéral des actions qui ont pour effet de maintenir ces oscillations. Puisque les actions du pilote sont à la source de ces oscillations, il suffit généralement de cesser tout mouvement ou de lâcher le mini-manche latéral pour faire cesser le pompage piloté.

## 1.13 *Renseignements sur les dommages et sur l'impact*

### 1.13.1 *Traces de pneu sur la piste et dans le gazon*

Des traces des pneus du train d'atterrissage principal étaient visibles sur la piste (figure 12). Avant la compression du train principal, les roues arrière du train droit (pneu n° 7 et pneu n° 8) ont laissé des traces qui commençaient à 1332 pieds du seuil de piste et à 57 pieds à gauche du centre de la piste. À ce moment, le pneu arrière gauche (pneu n° 5) du bogie gauche était à 97 pieds du centre de la piste et à environ 4 pouces du sol. La trajectoire de ces traces était décalée de  $2^\circ$  vers la gauche par rapport à l'axe de piste.

Figure 12. Traces de pneu sur la piste



Avant de toucher le sol, le pneu arrière droit du train principal gauche (pneu n° 6) a percuté un premier feu de bord de piste à 1538 pieds du seuil. Les premières traces du pneu n° 5 apparaissaient sur le gazon à 1708 pieds du seuil et à 107 pieds à gauche du centre de la piste. Par la suite, le pneu n° 6 a percuté un autre feu de bord de piste et est passé à côté du feu suivant, situé 200 pieds plus loin.

La compression du train principal droit (pneus n° 3, n° 4, n° 7 et n° 8) est survenue à 1734 pieds du seuil et à 68 pieds à gauche du centre de la piste. Des traces de pneu plus prononcées indiquaient une trajectoire qui bifurquait nettement vers la droite de l'axe de piste. Ces traces laissent supposer une bonne adhérence des pneus avec la surface de la piste. Aucun indice d'hydroplanage sur la piste n'a été observé. À ce moment, l'appareil était incliné d'environ 0,5° à droite.

À 2130 pieds du seuil et à environ 107 pieds à gauche du centre de la piste, on a observé sur le gazon un élargissement des traces correspondant à la compression du train principal gauche (figure 13). Au même moment, le pneu avant droit du bogie gauche (pneu n° 2) a percuté le feu de bord de piste.

Figure 13. Traces de pneus sur le gazon



Les dernières traces sur le gazon étaient à 2215 pieds du seuil et à 105 pieds du centre de la piste. La longueur totale des traces sur le gazon était de 507 pieds. La sortie de piste latérale couvrait une distance de 677 pieds (annexe D).

### *1.14 Renseignements médicaux et pathologiques*

Rien n'indique qu'une incapacité ou des facteurs physiologiques aient pu nuire au rendement de l'équipage.

### *1.15 Incendie*

Sans objet.

### *1.16 Questions relatives à la survie des occupants*

Sans objet.

### *1.17 Essais et recherche*

#### *1.17.1 Faits saillants*

Les données du CVR ont été synchronisées avec les données du DFDR et les données recueillies sur la piste. Le tableau à l'annexe E relate les faits saillants.

### 1.17.2 *Séance sur simulateur*

Une séance d'essais sur simulateur a été réalisée dans le cadre de l'enquête sur l'incident. Le simulateur utilisé pour les essais est le simulateur d'entraînement pour les équipages d'A330/340 d'Air Canada<sup>36</sup>, et non un simulateur technique. Le simulateur est un simulateur complet de vol CAE certifié par TC<sup>37</sup> à un niveau de certification D, le niveau le plus perfectionné. Toutes les commandes en vol sont autorisées dans ce simulateur.

La séance d'essais avait pour objet de déterminer le montant de temps qui s'écoule entre le moment où un appel « Go Around » est fait et le moment où l'appareil obtient un taux de montée positif. Les essais ont également permis d'obtenir une idée générale du comportement de l'avion et de la technique de pilotage utilisée en fonction des procédures d'utilisation normalisées d'Air Canada. Un instructeur de vol/pilote vérificateur d'Air Canada sur A330 occupait le siège de gauche et un pilote d'A330 occupait le siège de droite. Dix-neuf approches ont été effectuées à CYUL à partir d'un point situé à 5 nm en finale de la piste 24R jusqu'à l'atterrissage. Les conditions météorologiques et les conditions de piste au moment de l'incident ont été reproduites dans les limites de modélisation du simulateur. Le niveau de fidélité du simulateur ne permettait pas de représenter avec exactitude les effets de la pluie et des conditions de luminosité sur la perception visuelle au moment de l'événement.

Les essais comportaient des remises des gaz sous 50 pieds agl, dont certaines sous 30 pieds agl, après la sélection « Idle » des manettes de poussée. La séance sur simulateur a permis de constater ce qui suit :

- Une réduction significative de la perception visuelle des limites de la piste par rapport à son environnement lorsque les conditions sont passées de conditions VMC à des conditions IMC.
- L'importance des feux de piste pour délimiter clairement les bords de la piste.
- L'écoulement d'un délai de 6 à 7 secondes entre un appel « Go Around » et l'obtention d'un taux de montée positif.
- Le fait que les remises des gaz en régime d'atterrissage bas résultent en un toucher des roues environ 4 secondes avant l'obtention d'un taux de montée positif.

Les délais requis pour l'obtention d'un taux de montée positif qui ont été observés dans le cadre de la séance sur simulateur correspondent aux données Airbus de la figure 4 de la rubrique 1.6.10 Remise des gaz.

### 1.17.3 *Rapports de laboratoire du BST*

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

---

<sup>36</sup> Air Canada 330/340 FFS, année 2002, n° de série 2RJ8-404.

<sup>37</sup> Identification Transports Canada No. 472/473.

- LP205/2014 – DFDR [Digital Flight Data Recorder] Download & Analysis [Téléchargement et analyse des données de l'enregistreur numérique de données de vol]
- LP228/2014 – Site Survey [Examen des lieux]

## 1.18 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

### 1.18.1 Air Canada - politiques et procédures

Air Canada est titulaire d'un certificat d'exploitation délivré par TC. La compagnie comprend entre autres une division de l'exploitation aérienne et un département de la sécurité aérienne. Le manuel d'exploitation d'Air Canada énonce les politiques et les procédures de la compagnie.

#### 1.18.1.1 Système de surveillance des vols

Le système de surveillance des vols est une partie intégrale du processus de contrôle opérationnel. Il comprend les communications, la surveillance, l'analyse, la consultation et la prise de décisions nécessaires pour valider, exécuter et modifier le plan de vol exploitation. La surveillance des vols commence avec l'approbation du plan de vol exploitation par l'agent de régulation des vols, et se poursuit jusqu'à la fin du vol<sup>38</sup>.

Les activités de surveillance des vols comprennent entre autres : la surveillance continue de l'état de l'avion et de toutes les variables relatives au plan de vol exploitation, en insistant particulièrement sur les conditions météorologiques, les conditions d'aérodrome, des défauts énumérés dans la liste d'équipement minimal, les normes en carburant, le carburant restant à bord, la masse et le centrage, les performances de l'avion et les NOTAM.

#### 1.18.1.2 Contrôle opérationnel

Le contrôle opérationnel est exercé conjointement par l'agent de régulation des vols et le pilote commandant de bord jusqu'à ce que ce dernier accepte le plan de vol exploitation. Par la suite, la surveillance du vol se fait en coresponsabilité entre le commandant de bord et l'agent de régulation des vols<sup>39</sup>.

#### 1.18.1.3 Choix de l'aéroport de dégagement

Le choix d'un aéroport de dégagement doit se faire en conformité avec la réglementation en vigueur, d'une part, et, d'autre part, selon les 3 principes fondamentaux d'évaluation et de gestion des risques établis par la compagnie<sup>40</sup>. En fonction de ces directives et des conditions

---

<sup>38</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Flight Watch, rubrique 8.1.3, p. 2.

<sup>39</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Operational Control, rubrique 8.1.3.3, p. 3.

<sup>40</sup> *Ibid.*, Alternate Selection Process, rubrique 8.1.8.4, p. 18.

météorologiques prévues, CYMX, qui est situé à environ 17 nm au nord de l'aéroport de destination, a été choisi comme aéroport de dégagement pour le vol ACA875.

#### 1.18.1.4 Préparation à l'arrivée et exposé d'approche

La préparation à l'arrivée publiée dans le manuel d'exploitation d'Air Canada comprend tous les éléments liés à la descente, à l'approche et à l'atterrissage : les considérations relatives à la météo, le type d'approche, la piste, l'appareil ainsi que les considérations d'ordre commercial (passagers)<sup>41</sup>. De plus, les instructions spécifiques au type d'appareil sont élaborées dans le manuel d'utilisation aéronef (AOM) de l'A330<sup>42</sup>.

En conformité avec les politiques et procédures de la compagnie, à la suite de la préparation à l'arrivée, l'équipage a effectué un exposé d'arrivée et d'approche afin d'améliorer la conscience de la situation et de clarifier les attentes. C'est à ce moment que l'équipage a évalué les menaces au vol et a établi un plan d'action visant à atténuer les risques qui y étaient associés.

#### 1.18.1.5 Critères d'approche stabilisée

La politique d'approche stabilisée d'Air Canada repose sur le principe de portes d'arrivée, où l'approche peut être continuée à la condition que les critères requis pour chaque porte soient remplis. Toutes les approches comportent 2 portes d'arrivée : la première est le repère d'approche final (FAF) (ou son équivalent), la deuxième est à 500 pieds agl (ou à 100 pieds au-dessus des minimums, selon le plus élevé). Ainsi, une remise des gaz est obligatoire si les critères de chacune des portes d'arrivée ne sont pas remplis<sup>43</sup>.

#### 1.18.1.6 Approches en conditions de faible visibilité et balisage lumineux d'approche et de piste

La politique d'approches en conditions de faible visibilité d'Air Canada (autres que Catégorie II et Catégorie III)<sup>44,45</sup> s'applique essentiellement lorsque la visibilité est inférieure à la visibilité publiée pour l'approche ou est inférieure à  $\frac{3}{4}$  sm (portée visuelle de piste [RVR] de 4000 pieds). La compagnie a défini un certain nombre de critères environnementaux essentiels à la poursuite de l'approche après le FAF. Air Canada a notamment établi des normes concernant le balisage lumineux d'approche et de piste requis pour les approches

<sup>41</sup> *Ibid.*, Arrival Preparation and Approach Briefings, rubrique 8.9.10, p. 69.

<sup>42</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual [manuel d'utilisation aéronef] vol. 1, Descent Preparation, rubrique 1.04.09, p. 7.

<sup>43</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Stabilized Approach Criteria, rubrique 8.11.6, p. 78 au moment de l'événement.

<sup>44</sup> Les systèmes d'atterrissage aux instruments de Catégorie II et de Catégorie III permettent aux pilotes d'exécuter des approches aux instruments jusqu'à des minima météorologiques inférieurs aux minima habituels en utilisant des procédures particulières et de l'équipement spécialisé, à la fois à bord de l'aéronef et à l'aéroport.

<sup>45</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Air Canada's Low Visibility Approach Policy, rubrique 8.11.13.1, p. 85.

dans de telles conditions. Par ailleurs, la compagnie n'a fixé aucune exigence à l'égard du balisage lumineux d'approche ou de piste lorsque la visibilité de jour est supérieure à  $\frac{3}{4}$  sm (RVR de 4000 pieds).

#### 1.18.1.7 Références visuelles requises et remontée ou remise des gaz

Selon la politique de la compagnie<sup>46</sup>

[traduction]

La référence visuelle requise pour poursuivre l'approche et l'atterrissage doit inclure au moins une des références distinctement visible et identifiable pour la piste utilisée :

- a) la piste ou les marques de piste;
- b) le seuil de piste ou les marques de seuil;
- c) la zone de toucher des roues ou les marques de la zone de toucher des roues;
- d) les feux d'approche;
- e) l'indicateur de pente d'approche (VASI [indicateur visuel de pente d'approche] ou PAPI [indicateur de trajectoire d'approche de précision]);
- f) les feux d'identification de piste;
- g) les feux de seuil et de fin de piste;
- h) les feux de zone de toucher des roues;
- i) les feux de bord de piste de chaque côté de la piste ou
- j) les feux d'axe de piste.

De plus, selon le manuel d'exploitation, une remise des gaz doit être initiée dans les cas suivants :

[traduction]

1. L'aéronef a atteint la hauteur de décision (DH), l'altitude de décision (DA) ou l'altitude minimale de descente (MDA) et les références visuelles requises ne sont pas établies ou sont perdues après la descente sous la DH/DA, ou la MDA ou
2. Si un atterrissage en toute sécurité ne peut pas être réalisé à l'intérieur de la zone de toucher des roues et l'avion immobilisé sur la piste<sup>47</sup>.

[traduction]

Rendu aux minimums de l'approche, le pilote surveillant (PM) doit surveiller les appels automatiques ou appeler « Minimum » et, pour les approches

<sup>46</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Approach – Definitions, rubrique 8.11.1, p. 77.

<sup>47</sup> *Ibid.*, Go-Around, rubrique 8.11.9.2, p. 81-82.

autres que de Catégorie II ou III, il doit appeler « Runway in Sight » (piste en vue), « Lights only » (feux seulement) [...] Le pilote aux commandes (PF) doit répondre soit « Landing »(atterrissage), soit « Go-around Flap » (remise des gaz, volets)<sup>48</sup>.

#### 1.18.1.8 Risque lié aux approches en conditions de faible visibilité

Air Canada reconnaît que le risque de perdre les références visuelles est plus élevé pendant une approche dans des conditions de faible visibilité<sup>49</sup> et en l'absence d'un balisage lumineux de zone de toucher des roues et de feux d'axe de piste. La compagnie rappelle à ses pilotes qu'une remise des gaz doit être amorcée immédiatement si des références visuelles adéquates sont perdues une fois que l'avion est descendu au-dessous de la hauteur de décision (DH), de l'altitude de décision (DA) ou de la MDA<sup>50</sup>.

#### 1.18.1.9 Approche en présence d'orages

À la base, la politique d'exploitation en présence d'activité convective préconise l'évitement comme méthode pour contrer les dangers liés aux orages<sup>51</sup>. La compagnie rappelle aux équipages que le radar météorologique doit servir à éviter des zones d'orages et d'éviter d'y pénétrer.

Le FOM recommande d'éviter les zones rouges représentant de fortes précipitations sur le radar météorologique d'une distance de 10 nm lorsque la température est sous le point de congélation (0 °C) et de 20 nm lorsque la température est au-dessus de 0 °C. L'AOM suggère quant à lui d'éviter les zones rouges ou magenta, zones de turbulence, par au moins 20 nm au-dessus du niveau de vol (FL) 230 et par 5 à 10 nm sous FL230<sup>52</sup>.

Par ailleurs, hormis l'interdiction de décollage et d'atterrissage lorsque des microrafales ou des rafales descendantes de vents sont détectées ou rapportées, Air Canada n'a pas établi de politique formelle concernant les opérations en présence d'orages lors de l'approche et de l'atterrissage. Comme bien d'autres compagnies aériennes, Air Canada se fie sur la

<sup>48</sup> *Ibid.*, Approach Minimum, rubrique 8.11.8, p. 81.

<sup>49</sup> La définition de la visibilité réduite de la politique d'Air Canada diffère des définitions utilisées par Transports Canada (TC). Dans le contexte des opérations par visibilité faible ou réduite de TC, on dit que la visibilité est réduite lorsqu'elle est inférieure à ½ sm (RVR de 2600 pieds) mais supérieure ou égale à ¼ sm (RVR de 1200 pieds), alors que visibilité faible s'entend d'une visibilité inférieure à ¼ sm (RVR de 1200 pieds). Source : Transports Canada, Foire aux questions (FAQ) Opérations par visibilité faible ou réduite, en ligne [https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/opssvs/servicesdegestion-centredereference-ci-300-faq\\_302-006-473.htm#q1](https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/opssvs/servicesdegestion-centredereference-ci-300-faq_302-006-473.htm#q1) (dernière consultation le 20 mars 2017).

<sup>50</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Risk Associated with Low Visibility Approaches, rubrique 8.11.13.4, p. 87.

<sup>51</sup> *Ibid.*, Flight Procedures, rubrique 8.18.3.2, p. 106.

<sup>52</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual [manuel d'utilisation aéronef], vol. 1, Red and magenta areas: thunderstorm, tornado, hail, rubrique 1.03.34, p. 44.

compétence aéronautique, l'expérience et le jugement des équipages pour assurer la sécurité des décollages et des atterrissages en présence d'orages.

#### 1.18.1.10 *Cisaillement du vent dans les basses couches*

Le cisaillement du vent dans les basses couches (LLWS) peut atteindre une intensité qui dépasse les performances de l'appareil. Ainsi, en présence d'orages, il faut anticiper la possibilité de cisaillement du vent dans les basses couches et considérer que ce phénomène peut causer des pertes importantes de vitesse et ainsi entraîner des pertes de performance. La présence de cisaillement du vent dans les basses couches à moins de 500 pieds agl, hauteur à laquelle le contact au sol par inadvertance est une possibilité, doit être considérée comme une situation d'urgence nécessitant la prise immédiate de procédures d'urgence<sup>53</sup>.

Certains phénomènes peuvent créer un cisaillement latéral du vent ou un cisaillement avec une composante latérale qui aura tendance à déplacer l'avion latéralement de l'axe de piste, et qui pourrait être déstabilisant en conditions de visibilité limitée<sup>54</sup>.

#### 1.18.1.11 *Opérations au sol en présence d'activité convective*

[traduction]

Chaque fois qu'un orage actif est à une distance de 3 à 5 sm d'un aéroport, les opérations seront mises sur « Standby Alert » (Amber Alert) [alerte jaune]. Si un orage actif approche à moins de 3 sm l'aéroport, une décision sera prise pour déclarer une « Operations Shutdown » (Red Alert) [alerte rouge]. Une alerte rouge signifie qu'il est probable que la foudre s'abatte dans la région. Le cas échéant, tous les membres du personnel et les tierces parties doivent quitter la rampe pour des raisons de sécurité<sup>55</sup>.

#### 1.18.1.12 *Distance d'atterrissage et limites de vents traversiers*

Selon l'AOM :

[traduction]

La distance d'atterrissage devrait être calculée chaque fois que :

- l'appareil atterrit au-dessus de la masse maximale d'atterrissage;
- l'atterrissage se fait en conditions de vents de dos;
- la piste a une longueur de moins de 8000 pieds;
- la piste est contaminée;

---

<sup>53</sup> Air Canada, Flight Operations Manual [manuel d'exploitation], Low Level Windshear (LLWS) - General, rubrique 8.18.4., p. 108.

<sup>54</sup> *Ibid.*, LLWS During Landing, rubrique 8.18.4.2, para. 4c), p. 110.

<sup>55</sup> *Ibid.*, Ground Operations during Convective Activity - Ground Procedures, rubrique 8.18.3.1, p. 106.

- une anomalie influence les performances à l'atterrissage de l'aéronef<sup>56</sup>.

Les distances d'atterrissage se trouvent dans la section « Performance » du Manuel de référence rapide (QRH)<sup>57</sup>, et les limites de vents traversiers sont dans la section « Limitations » de l'AOM<sup>58</sup>.

#### 1.18.1.13 Technique d'atterrissage en conditions de vents traversiers

Selon les procédures d'utilisation normalisées de l'A330 d'Air Canada :

[traduction]

On peut utiliser la glissade dans l'axe ou la technique de réduction de l'angle de crabe, ou une combinaison des deux. La technique préconisée est l'utilisation du gouvernail de direction pour aligner l'aéronef avec le cap de la piste pendant l'arrondi tout en utilisant le contrôle latéral pour maintenir l'avion sur l'axe de piste<sup>59</sup>.

Les recommandations d'Airbus pour les atterrissages en conditions de vents traversiers font la distinction entre un vent traversier faible (typiquement, jusqu'à 15 à 20 nœuds) et un vent plus fort.

Recommandations d'Airbus en conditions de vent traversier faible :

[traduction]

Lors de l'arrondi, le gouvernail de direction doit être appliqué pour aligner l'aéronef sur le cap de piste. Toute tendance de roulis sous le vent devrait être contrecarrée par une déflexion appropriée sur le mini-manche latéral<sup>60</sup>.

Toutefois, en condition de vent traversier fort (plus de 15 à 20 nœuds), Airbus avise qu'un atterrissage sécuritaire requiert

- une approche avec un angle de crabe;
- une réduction de l'angle de crabe partiel avant le toucher des roues en utilisant une combinaison d'angle d'inclinaison et d'angle de crabe (soit avoir les commandes de vol croisées).

Sur la plupart des modèles Airbus, un angle de crabe maximal de 5° et une inclinaison maximale de 5° sont requis<sup>61</sup> au moment du toucher des roues.

<sup>56</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual [manuel d'utilisation aéronef], vol. 1, Procédures d'opérations normalisées, Descent Preparation, rubrique 1.04.09, p. 8.

<sup>57</sup> Air Canada QRH, In-Flight Performance, rubriques 4.02 à 4.04.

<sup>58</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual [manuel d'utilisation aéronef], vol. 1, Limitations, rubrique 1.01.90, p. 2.

<sup>59</sup> *Ibid.*, Standard Operating Procedures, Crosswind Landings, rubrique 1.04.13, p. 1.

<sup>60</sup> Airbus Industries, *Safety First: The Airbus Safety Magazine*, Lateral runway excursions upon landing, juillet 2015, n° 20, p. 24.

Dans un article sur la prévention de sortie de piste latérale, Airbus informe les exploitants que si une dérive survient près du sol, la pratique sécuritaire est de procéder à une remise des gaz tant que les inverseurs de poussée ne sont pas déployés<sup>62</sup>.

#### 1.18.1.14 Régime d'atterrissage bas

Le régime d'atterrissage bas est défini ainsi :

[traduction]

- l'avion est en descente;
- la poussée est au ralenti ou presque;
- la vitesse est en baisse;
- la hauteur de l'appareil est de 50 pieds agl ou moins au-dessus de l'élévation de la piste<sup>63</sup>.

[traduction] « La décision de placer l'appareil dans le régime d'atterrissage bas est une décision d'atterrir<sup>64</sup>. » La remise des gaz dans le régime d'atterrissage bas est un atterrissage interrompu et peut engendrer un contact avec le sol. Toutefois, selon Airbus, une remise des gaz est toujours possible tant que les inverseurs de poussée n'ont pas été déployés.

#### 1.18.2 Air Canada - formation

##### 1.18.2.1 Généralités

Air Canada dispose de sa propre structure de formation agréée pour la délivrance des qualifications de type. Le programme d'entraînement est approuvé par TC, dont les représentants participent à certaines séances sur simulateur.

L'entraînement sur simulateur donne aux pilotes l'occasion de pratiquer des manœuvres qui, normalement, ne sont pas mises en pratique dans le cadre de véritables opérations en vol. Le fait de donner aux pilotes l'occasion de pratiquer ces manœuvres dans un environnement contrôlé leur permet d'acquérir de la confiance en leurs capacités de gérer une situation semblable si elle survenait dans le cadre de véritables opérations en vol.

---

<sup>61</sup> Airbus Industries, *Airbus Flight Operations Briefing Notes*, Landing Techniques, Crosswind Landings, SEQ05-REV 03, p.7 (mars 2008).

<sup>62</sup> Airbus Industries, *Safety First: The Airbus Safety Magazine*, Lateral runway excursions upon landing, juillet 2015, n° 20, p. 24.

<sup>63</sup> Air Canada, A330 Aircraft Operating Manual [manuel d'utilisation aéronef], vol 1., Procédures anormales, Low Energy Go-Around, rubrique 1.02.10, p. 15.

<sup>64</sup> *Ibid.*, Abnormals [procédures anormales], Low Energy Go-Around, rubrique 1.02.10, p. 15.

### 1.18.2.2 *Formation sur l'A330*

Lorsque les pilotes sont affectés à l'A330, le programme de qualification d'appareil (AQP) requiert qu'ils complètent un curriculum de qualification comprenant la formation au sol et l'entraînement sur simulateur, une vérification de compétence sur simulateur, de l'entraînement en ligne (vol), la qualification sur les routes et les aérodromes et une vérification de compétence en ligne (vol).

Par la suite, les pilotes doivent continuellement suivre la formation pour le maintien des qualifications, qui comprend : des entraînements et évaluations sur simulateur aux 6 ou aux 8 mois, une vérification de compétence en ligne (vol) aux 12 mois, ainsi que l'entraînement périodique annuel (ART).

### 1.18.2.3 *Formation sur la gestion des menaces et des erreurs*

Le modèle de gestion des menaces et des erreurs (TEM) est un élément structurel du programme de formation des pilotes d'Air Canada. Les pilotes sont formés selon la prémisse que tout vol présente des dangers auxquels ils devront faire face. Ces dangers augmentent les risques en vol et sont désignés « menaces ». Les menaces comprennent entre autres les conditions météorologiques, le trafic, l'état de service des avions, et les aéroports moins connus.

Si l'équipage est en mesure de gérer efficacement la menace, la situation trouve une issue favorable, sans conséquences fâcheuses. Par contre, une mauvaise gestion de la menace peut mener à une erreur de l'équipage, que cet équipage doit aussi gérer. La mauvaise gestion d'une erreur de l'équipage peut donner lieu à une situation indésirable et mener à un accident. Dans tous les cas, la gestion efficace de la situation par l'équipage permet de réduire les risques, et la situation demeure alors sans conséquence.

De plus, Air Canada forme et évalue ses pilotes selon le respect des principes de gestion des ressources de l'équipage (CRM), qui peut se définir comme l'utilisation efficace des ressources par l'équipage pour assurer la sécurité du vol. En résumé, les constituants du programme de formation d'Air Canada ont pour objectif de former les pilotes à gérer les risques dans le poste de pilotage à l'aide d'une gestion efficace des ressources de l'équipage.

## 1.19 *Renseignements supplémentaires*

### 1.19.1 *Accidents à l'approche et à l'atterrissage*

Afin d'éviter les accidents à l'approche et à l'atterrissage, les pilotes doivent calculer la distance d'atterrissage nécessaire. Pour assurer l'exactitude de leurs calculs, ils ont besoin de données exactes et à jour sur l'état de la surface des pistes, comme la présence de neige, de pluie ou de glace qui peut avoir une incidence sur la distance d'atterrissage.

### 1.19.2 *Recommandations antérieures du BST*

Le 2 août 2005, l'Airbus A340-313 d'Air France immatriculé F-GLZQ quitte Paris (France) à 11 h 53, temps universel coordonné (UTC), pour effectuer le vol 358 d'Air France, une liaison à horaire fixe à destination de Toronto (Ontario). À bord se trouvent 297 passagers et 12 membres d'équipage. Avant de partir, l'équipage obtient les prévisions météo à l'arrivée, qui font état d'un risque d'orages. En approche finale, l'équipage est avisé que l'équipage d'un avion qui vient de se poser a signalé que le freinage était mauvais. Le radar météorologique du vol 358 d'Air France montre de fortes précipitations qui atteignent la piste par le nord-ouest. À quelque 200 pieds au-dessus du seuil de piste, lors de l'approche ILS de la piste 24L, avec le pilote automatique et la poussée automatique débrayés, l'avion dévie de sa trajectoire pour se retrouver au-dessus de la trajectoire de descente, et la vitesse sol se met à augmenter. L'avion franchit le seuil de piste à quelque 40 pieds au-dessus de la trajectoire de descente.

Lors de l'arrondi, l'avion traverse une zone de forte pluie, et le contact visuel avec la piste est fortement réduit. L'avion touche des roues à quelque 3800 pieds au-delà du seuil de la piste de 9000 pieds. L'avion ne peut s'arrêter sur la piste et sort en bout de piste à une vitesse sol d'environ 80 nœuds. L'avion finit sa course dans un ravin à 20 h 2 UTC (16 h 2, heure avancée de l'Est) et prend feu. Tous les passagers et membres d'équipage réussissent à évacuer l'appareil avant que le feu n'atteigne les voies d'évacuation. Deux membres d'équipage et 10 passagers sont grièvement blessés lors de l'accident et de l'évacuation.

Le Bureau a terminé son enquête; le rapport d'enquête aéronautique A05H0002 a été publié le 12 décembre 2007.

#### **Recommandation A07-01 (décembre 2007)**

La pénétration dans des orages par des aéronefs en approche est une pratique répandue dans l'industrie et qui a contribué à un certain nombre d'accidents partout dans le monde. De nombreux exploitants ne mettent pas à la disposition de leurs équipages des critères, comme des lignes directrices fondées sur la distance, qui permettraient d'éviter le temps convectif en approche finale et à l'atterrissage. En outre, Environnement Canada a fait savoir que les orages peuvent présenter des risques importants à l'exploitation d'un aéronef en toute sécurité.

Il est donc nécessaire de disposer de normes claires traitant de l'évitement du temps convectif en approche et à l'atterrissage. Ces normes permettront de réduire l'ambiguïté de la prise de décision face à un phénomène météorologique changeant rapidement ainsi que la probabilité que des facteurs comme les pressions opérationnelles, le stress ou la fatigue ne jouent un rôle dans la décision d'un équipage de faire une approche. En conséquence, le Bureau a recommandé que

le ministère des Transports établisse des normes claires limitant les approches et les atterrissages dans du temps convectif pour tous les exploitants du transport aérien utilisant les aéroports canadiens.

**Recommandation A07-01 du BST**

### Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-01 (février 2008)

Dans sa réponse, Transports Canada indique qu'il tiendra compte de cette recommandation en collaboration avec d'autres autorités de l'aviation internationale en vue de l'harmonisation de toute initiative réglementaire pouvant découler de cette recommandation. En outre, Transports Canada prépare un document de fond sur ce sujet qui sera présenté à la prochaine réunion du groupe de travail sur les normes et les procédures recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui devrait avoir lieu à Montréal durant l'été 2008.

À court terme, Transports Canada considérera de publier une Circulaire d'information (CI) qui examinera les dangers associés aux opérations aériennes dans du temps convectif ou à proximité. Cette CI pourrait recommander que les exploitants aériens canadiens ajoutent dans leurs manuels d'exploitation des procédures spécifiques qui aideraient les membres d'équipage de conduite en les avertissant des conditions météorologiques en cours et des dangers connexes, ainsi que des directives sur la prise de décisions lorsque les membres d'équipage doivent voler ou atterrir dans de telles conditions météorologiques.

### Évaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-01 (juillet 2008)

Même si Transports Canada ne dit pas spécifiquement qu'il appuie entièrement cette recommandation, il a l'intention de mener des consultations auprès des autorités internationales en vue de l'harmonisation d'un plan d'action. En outre, il prépare un document de fond qui sera présenté à la prochaine réunion du groupe de travail sur les normes et les procédures recommandées de l'OACI. Transports Canada entend également publier une Circulaire d'information (CI) qui examinera les dangers associés aux opérations aériennes dans du temps convectif ou à proximité.

Cette réponse est une indication positive que Transports Canada croit que d'autres mesures s'imposent, au niveau international et national, afin de réduire les risques relevés dans cette recommandation. Toutefois, le Bureau croit qu'à court terme et jusqu'à ce que des normes plus rigoureuses soient établies, les risques persisteront.

Par conséquent, le Bureau a estimé que la réponse de TC dénotait une intention satisfaisante.

### Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-01 (février 2010)

Dans sa réponse, Transports Canada indique avoir publié le 5 mars 2009 la Circulaire d'information 705-005 intitulée Approche et atterrissage pendant des activités convectives, tout en précisant que ce document s'adressait avant tout aux exploitants aériens régis par la sous-partie 705.

De plus, Transports Canada a publié dans le numéro 3/2009 de Sécurité aérienne - Nouvelles un article intitulé Vol à proximité d'un système convectif. Dans sa réponse, le Ministère précise qu'il s'agissait là d'un article

d'information générale destiné aussi bien à l'ensemble du milieu aéronautique qu'à l'aviation générale.

### **Réévaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-01 (juillet 2010)**

La question des accidents à l'atterrissage et des sorties en bout de piste se trouve sur la Liste de surveillance du Bureau. De par sa réponse, Transports Canada indique avoir pris des mesures positives pour mieux sensibiliser les exploitants et les pilotes canadiens au problème des approches et des atterrissages dans du temps convectif. Toutefois, la réponse actuelle du Ministère ne renferme aucune preuve de consultations avec d'autres autorités réglementaires ni aucun suivi quant à l'engagement de soulever cette question au moment de la réunion de 2009 du groupe de travail sur les normes et les pratiques recommandées de l'OACI. Le Bureau constate avec inquiétude que, tant que des normes claires n'auront pas été instaurées afin d'atténuer les risques signalés dans la recommandation A07-01, le risque va subsister.

Les mesures prises jusqu'à maintenant par Transports Canada ne vont ni réduire grandement ni éliminer la lacune en matière de sécurité.

Par conséquent, le Bureau a estimé que la réponse de TC dénotait une intention en partie satisfaisante.

### **Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-01 (janvier 2011)**

Dans sa réponse, TC mentionne qu'il a présenté un document de fond au groupe de travail lors de la réunion du groupe d'experts sur l'exploitation de l'OACI, à Montréal, le 3 novembre 2010.

Les membres de ce groupe d'experts ont insisté sur le fait que même si la question du temps convectif était importante, le passage à une « limite » pour toutes les opérations d'aéronefs aurait des implications importantes sur la sécurité au-delà des frontières du Canada. On s'est entendu sur le fait qu'il valait la peine que l'OACI se penche sur la question, mais que le Canada ne devrait pas agir seul dans l'élaboration d'une stratégie de gestion de cette question.

On s'est entendu pour que le secrétariat de l'OACI inscrive cette question à son plan de travail, afin de la traiter à une date ultérieure. Cependant, étant donné le volume de travail actuellement entrepris par ce groupe d'experts, il se peut que cette question ne soit réétudiée que dans deux ans ou plus.

### **Réévaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-01 (mars 2011)**

Les mesures antérieures qu'a prises TC pour mieux sensibiliser les exploitants canadiens au vol dans du temps convectif ont partiellement éliminé la lacune de sécurité mise en évidence par la recommandation A07-01. TC a lancé une discussion internationale sur la question, mais l'échéancier de traitement de cette question par le groupe d'experts sur l'exploitation de l'OACI retardera l'atténuation de cette lacune de sécurité.

Par conséquent, le Bureau a estimé que la réponse de TC dénotait une intention en partie satisfaisante.

#### **Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-01 (décembre 2012)**

La recommandation A07-01 du BST ne sera pas prise en considération par l'élaboration d'une norme de formation contemporaine en matière de gestion des ressources d'équipages (CRM).

Afin de donner suite à la recommandation A07-01, TCAC a présenté un document de travail à l'OACI en novembre 2010. 1) Il a été convenu que le Canada ne devrait pas agir seul en ce qui concerne l'élaboration d'une stratégie pour résoudre le problème, 2) le secrétariat de l'OACI a accepté d'inclure la question dans le plan de travail afin de l'aborder à une date ultérieure. TCAC appuiera l'OACI dans le cadre de cette initiative à long terme; toutefois, nous ne prévoyons aucune activité à cet égard au cours des deux prochaines années.

TC a approché ses homologues internationaux afin d'explorer les possibilités d'harmonisation et de contribuer, à l'échelle internationale, à l'avancement de ces normes.

Entre-temps, la Direction des normes évaluera l'efficacité d'une circulaire d'information qui a été publiée il y a quelques années et qui fournit des directives concernant les dangers associés aux opérations aériennes menées dans des zones de turbulence de convection ou à proximité de telles zones.

#### **Évaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-01 (mars 2013)**

Le Bureau souligne à nouveau la lenteur des progrès dans l'adoption de normes visant à atténuer les risques soulevés dans la recommandation A07-01. Le 21 janvier 2011, TC a indiqué que, compte tenu du volume de travail actuel du groupe d'experts sur l'exploitation de l'OACI, cette question pourrait ne pas être abordée avant deux ans ou plus. Le 4 décembre 2012, soit 22 mois plus tard, TC réitère qu'il compte appuyer l'OACI dans le cadre de cette initiative, à long terme, mais qu'il ne s'attend pas à ce que cette activité commence au cours des deux prochaines années. Bien que TC ait présenté un document de travail au groupe d'experts sur l'exploitation de l'OACI en novembre 2010, et qu'il ait manifesté son intention d'appuyer l'OACI durant l'élaboration d'une stratégie visant à résoudre la question, à ce jour, il semble qu'aucun calendrier précis n'a été établi pour ce projet. Les risques existeront jusqu'à ce que les normes soient améliorées.

Le Bureau a estimé que la réponse était en partie satisfaisante.

#### **Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-01 (novembre 2013)**

En 2009, Transports Canada a publié la Circulaire d'information 705-005 : Approche et atterrissage pendant des activités convectives, qui fournit des renseignements sur les limites d'approches et d'atterrissages dans des conditions météorologiques difficiles. Le Ministère va continuer d'évaluer le

contenu de la Circulaire d'information 705-005 au fur et à mesure que de nouveaux renseignements seront disponibles.

Aucune autre documentation réglementaire ou consultative n'est prévue à l'heure actuelle.

### **Réévaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-01 (avril 2014)**

La publication antérieure de la Circulaire d'information 705-005 par Transports Canada n'aborde que partiellement la recommandation A07-01 du BST. Le BST est déçu que TC n'envisage de prendre aucune autre mesure, car sans normes améliorées, les risques cernés dans la recommandation A07-01 persistent.

Le Bureau a estimé que la réponse était en partie satisfaisante<sup>65</sup>.

### **Recommandation A07-03 (décembre 2007)**

D'après les indices perçus ou compris, on peut dire que les décisions prises dans le poste de pilotage ont 2 composantes : l'évaluation de la situation et le choix du plan d'action. Les indices, ou les renseignements sur la situation, peuvent varier de clairs à ambigus. Des indices clairs permettent de prendre des décisions avec facilité. Les indices ambigus sont beaucoup plus difficiles à saisir, à comprendre et à assimiler. Par conséquent, plus un indice est ambigu ou complexe, plus il y a de risques que la décision soit loin d'être idéale.

On a déjà beaucoup écrit sur le processus de prise de décision des pilotes en général au moment de l'atterrissage. Quoi qu'il en soit, l'accident du 2 août 2005<sup>66</sup> et d'autres accidents indiquent clairement qu'il existe encore des risques associés à la prise de décision. Le Bureau croit que la capacité à saisir et à interpréter des indices essentiels dans le processus entourant la décision d'atterrir est insuffisante, notamment quand ces indices sont ambigus ou ne sont pas immédiatement dissuasifs. En conséquence, des pilotes vont continuer à atterrir dans des conditions météo qui se dégradent, une fois que la décision d'atterrir aura été prise, même si des indices révèlent qu'une remise des gaz ou une approche interrompue devrait être exécutée. En conséquence, le Bureau a recommandé que

le ministère des Transports oblige tous les pilotes de transport aérien au Canada à suivre une formation leur permettant d'être mieux préparés à prendre la décision d'atterrir dans des conditions météo qui se dégradent.

### **Recommandation A07-03 du BST**

---

<sup>65</sup> L'évaluation montre qu'il existe un risque résiduel. Par contre, l'on ne prévoit pas prendre d'autres mesures, pas plus que l'on envisage d'autres résultats de réévaluations de suivi. Les recommandations en veilleuse ne seront pas réévaluées de façon régulière. Toutefois, des examens occasionnels auront lieu pour déterminer s'il y aurait lieu de relancer ou de réévaluer certaines de ces recommandations. Le Bureau peut également réévaluer une recommandation mise en veilleuse, et ce, à tout moment, dans le cas où des mesures prises ont contribué à réduire considérablement le risque résiduel.

<sup>66</sup> Rapport d'enquête aéronautique A05H0002 du BST.

## Réponse de Transports Canada à la recommandation A07-03 (janvier 2015)

Transports Canada est d'accord avec le but de la recommandation.

Les travaux d'élaboration des normes et des documents d'orientation en matière de gestion des ressources de l'équipage (CRM) et de prise de décisions des pilotes se poursuivent afin de les incorporer aux modules de formation en CRM. Une consultation publique sur les modifications aux normes proposées est en cours, et les normes devraient entrer en vigueur à la fin de 2015.

## Évaluation par le Bureau de la réponse à la recommandation A07-03 (mars 2015)

Le Bureau juge préoccupante la lenteur des activités de TC en vue de remédier à la lacune soulevée dans la recommandation A07-03. D'ici l'adoption de toutes les modifications que TC propose d'apporter aux règlements, les lacunes soulevées dans la recommandation A07-03 continueront d'exister. Toutefois, si elles sont entièrement mises en œuvre, les modifications proposées aux règlements réduiront considérablement ou élimineront les risques associés à la lacune de sécurité décrite dans la recommandation A07-03.

Le Bureau a estimé que la réponse dénotait une intention satisfaisante.

### 1.19.3 La gestion des menaces et des erreurs

La TEM est un cadre conceptuel qui focalise sur l'interrelation entre la sécurité aérienne et la performance humaine d'un point de vue opérationnel. [traduction] « Il y a trois éléments de base dans le modèle de TEM, du point de vue des équipages de conduite : les menaces, les erreurs et les états indésirables de l'aéronef<sup>67</sup>. »

Les menaces sont définies comme étant [traduction] « des événements ou des erreurs qui surviennent indépendamment de la volonté de l'équipage de conduite, qui augmentent la complexité opérationnelle et qui doivent être gérés pour assurer les marges de sécurité<sup>68</sup>. ».

Quant aux erreurs, on les définit ainsi :

[traduction]

[...] des actions ou des inactions de l'équipage de conduite qui donnent lieu à des écarts par rapport aux intentions ou aux attentes de l'organisation ou de l'équipage de conduite. Les erreurs non gérées ou mal gérées sont souvent à l'origine des états indésirables des aéronefs. Les erreurs sur le plan opérationnel tendent donc à réduire les marges de sécurité et à accroître la probabilité d'événements indésirables<sup>69</sup>.

<sup>67</sup> Dan Maurino, *Threat and Error Management (TEM)*, Séminaire sur la sécurité aérienne au Canada (SSAC), 18-20 avril 2005, p. 2.

<sup>68</sup> *Ibid.*

<sup>69</sup> *Ibid.*, p. 3.

Il est question d'état indésirable de l'aéronef lorsqu'un aéronef se trouve dans un état qui augmente le risque pour la sécurité. La notion d'état indésirable de l'aéronef comprend entre autres des écarts de trajectoire ou d'altitude, un bas niveau de carburant, les approches instables et les atterrissages incorrects.

La TEM recommande d'analyser soigneusement les dangers potentiels et de prendre les mesures qui s'imposent pour éviter, piéger ou atténuer les menaces et les erreurs avant qu'elles n'aboutissent à un état indésirable de l'aéronef. Autrement dit, la TEM fait de l'anticipation, la reconnaissance et la correction ses principes clés<sup>70</sup>.

Les équipages de conduite doivent, dans le cadre de leurs fonctions opérationnelles, avoir recours à des contre-mesures pour que les menaces, les erreurs et les états indésirables des aéronefs ne réduisent pas les marges de sécurité relatives aux opérations aériennes. Les listes de vérification, les exposés, les références et les procédures d'utilisation normalisées, ainsi que les stratégies et tactiques personnelles, sont des exemples de contre-mesures. Les équipages de conduite consacrent beaucoup de temps et d'énergie à l'application de contre-mesures afin de conserver les marges de sécurité applicables aux opérations aériennes. Les observations empiriques obtenues durant la formation et la vérification laissent croire que jusqu'à 70% des activités des équipages de conduite peuvent être des activités liées à l'utilisation de contre-mesures<sup>71</sup>.

#### 1.19.4 *Prise de décision dans un environnement dynamique*

Les pilotes prennent des décisions dans des conditions changeantes où l'information disponible est le reflet de l'environnement dynamique dans lequel évolue l'appareil. Des études ont établi que le processus décisionnel est une boucle composée de 3 étapes séquentielles : conscience situationnelle, prise de décision et observation de la performance résultant de cette décision. L'équipage doit être conscient de la situation réelle pour prendre une décision appropriée. Dans un poste de pilotage, les contre-vérifications et la communication efficace entre les membres de l'équipage de conduite atténuent les erreurs de perception.

La conscience situationnelle passe par la perception des éléments de la situation réelle, la compréhension de cette situation et la projection dans le temps de cette situation. Entre autres, la formation, les connaissances, l'expérience et les préconceptions du pilote sont des facteurs individuels qui influencent sa compréhension de la situation<sup>72</sup>.

---

<sup>70</sup> Ashleigh Merritt et James Klinect, *Defensive Flying for Pilots: An Introduction to Threat and Error Management*, The University of Texas Human Factors Research Project: The LOSA Collaborative, Austin (Texas), 12 décembre 2006, p. 16.

<sup>71</sup> D. Maurino, « Threat and Error Management », document présenté au Canadian Aviation Safety Summit (CASS), Vancouver (Colombie-Britannique), 18-20 avril 2005.

<sup>72</sup> Rapport d'enquête aéronautique A08Q0051 du BST.

La charge de travail mental est un élément qui agit sur le processus de prises de décision. Elle peut se définir comme étant la quantité d'information devant être analysée à un moment donné. La charge de travail mental augmente en fonction de la quantité et de la complexité de l'information reçue. Lors de situations anormales ou urgentes, les pilotes doivent analyser de l'information complexe et possiblement conflictuelle afin d'avoir une compréhension exacte de la situation, essentielle à la mise en œuvre d'un plan approprié. Une surcharge d'information peut contribuer à une conscience situationnelle erronée.

Lorsqu'ils subissent une surcharge d'information, les pilotes se concentrent fréquemment sur une partie de l'information au détriment de l'ensemble de la situation. Cette canalisation de l'information est bénéfique seulement si le pilote a choisi l'information pertinente.

Une prise de décision efficace suppose que l'on comprenne correctement la situation dans laquelle on se trouve, que l'on évalue les implications de cette situation, que l'on élabore un ou des plans d'action, ainsi que des solutions de rechange, et que l'on mette en œuvre une ligne de conduite optimale. Il est tout aussi important que l'équipage de conduite soit capable de déterminer les changements dans la situation, et de renouveler le processus de prise de décision pour s'assurer que les changements en question ont été pris en compte et que les plans sont modifiés en conséquence. Le fait de ne pas tenir compte adéquatement des implications possibles d'une situation augmente les risques qu'une décision entraîne des conséquences défavorables aboutissant à un état d'aéronef indésirable<sup>73,74</sup>.

## 1.20 *Techniques d'enquête utiles ou efficaces*

Sans objet.

---

<sup>73</sup> Rapport d'enquête aéronautique A09A0016 du BST.

<sup>74</sup> Rapport d'enquête aéronautique A11H0002 du BST.

## 2.0 Analyse

L'appareil fonctionnait normalement pendant le vol et lors de l'incident. L'équipage était qualifié pour effectuer le vol conformément à la réglementation en vigueur, et chacun des membres de l'équipage avait reçu la formation exigée par Transports Canada (TC). Selon l'enquête, les pilotes n'étaient pas dans un état de fatigue, et rien n'indique qu'une incapacité ou des facteurs physiologiques aient pu nuire à leur performance.

L'analyse portera sur la protection des lieux de l'événement et sur la préservation des éléments de preuve, sur les facteurs opérationnels qui ont joué un rôle dans l'événement, sur les options qui s'offraient à l'équipage lors de l'atterrissage, sur la gestion des menaces auxquelles l'équipage a été confronté et sur l'atterrissage en présence d'orages.

### 2.1 Protection des lieux d'événements et conservation des éléments de preuve

Les marques laissées par l'avion sur la piste et dans l'herbe constituaient des indices évanescents pouvant s'effacer ou être altérés par l'environnement et l'activité humaine. En dépit du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* (*Règlement sur le BST*)<sup>75</sup> et de ses propres directives, le personnel d'ADM a nettoyé la piste et réparé les feux endommagés sans consultation préalable avec les enquêteurs du BST. L'objet du règlement est d'assurer la préservation et la documentation de tous les indices et éléments de preuve afin de pouvoir déterminer ce qui s'est passé. Le nettoyage de la piste à l'aide de jets d'eau et de balais mécaniques a effacé des marques sur la piste, ce qui a privé les enquêteurs d'indices sur la sortie de piste. En outre, comme on n'a pu établir la qualité et la quantité de ces indices perdus ou altérés, il a été impossible d'estimer l'importance de ces renseignements. Néanmoins, la collecte des indices et leur consignation sont des étapes essentielles d'une enquête, puisque la détermination des facteurs contributifs s'articule autour de la précision et de la qualité de l'analyse de toutes les données recueillies. Pour se conformer au *Règlement sur le BST*, ADM a publié dans son plan des mesures d'urgence (PMU) des directives spécifiques applicables à la manipulation des éléments de preuve. À cette fin, le PMU soulignait que toute intervention à la suite d'un accident ou d'un incident doit être autorisée par le BST. Cependant, dans ses directives, ADM a défini un incident comme un événement de nature à causer des décès ou des blessures graves à des personnes et (ou) des dommages à un aéronef, sans toutefois énumérer les incidents devant être déclarés selon le *Règlement sur le BST*, comme les sorties de piste.

Comme l'événement n'a causé aucun dommage à l'appareil ni aucune blessure, le personnel opérationnel d'ADM n'a pas jugé bon d'informer le BST avant de remettre la piste en service. Il est probable que le personnel ait agi par souci d'efficacité en raison de la fermeture des 2 autres pistes. Les intervenants d'ADM ignoraient peut-être l'importance de conserver les éléments de preuve, vu que l'incident n'avait engendré aucune conséquence grave. Soit ils ne

---

<sup>75</sup> *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, DORS 2014-37, para. 8(1).

connaissaient pas bien les directives du PMU en cas d'incident, soit ils ont mal interprété le champ d'application de la directive.

Comme le PMU n'énumère pas les incidents à déclarer, il se peut qu'il y ait une ambiguïté quant à l'exigence de préserver le lieu de l'événement jusqu'à ce que le BST ait rouvert l'accès au site. Ainsi, en raison de l'intervention d'ADM, des éléments de preuve ont été perdus ou altérés. Si les lieux des événements ne sont pas préservés, il y a un risque que des éléments de preuve essentiels à la détermination des facteurs contributifs à un événement soient perdus.

## 2.2 *Facteurs opérationnels*

### 2.2.1 *Conditions orageuses*

La prise de décision de l'équipage passait entre autres par la conscience de la situation et la gestion des menaces. À cette fin, les pilotes devaient établir un plan pour l'atterrissage et le mettre en œuvre avant l'arrivée. La conscience situationnelle s'établit par la perception, la compréhension et la projection dans le temps de la situation. L'information disponible sous de fortes contraintes de temps influence la compréhension de la situation. De plus, la charge de travail agit sur l'analyse de cette information et, par conséquent, sur le processus de prise de décision.

Les renseignements météorologiques disponibles au moment du départ de Francfort-Rhein/Main (EDDF), en Allemagne, étaient à jour, et ne laissaient présager aucune difficulté à l'atterrissage. Les renseignements météo ont été réactualisés pendant le vol par l'entremise du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS).

À 11 h 43, l'équipage a effectué la préparation avant la descente selon les consignes de la compagnie en se basant sur la prévision d'aérodrome (TAF) publiée à 11 h 19 et le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 11 h. Puisque la TAF s'accordait avec le METAR en vigueur, l'équipage pouvait raisonnablement présumer que le TAF était fiable. En conséquence, les orages prévus quelque 30 minutes après l'heure d'atterrissage à l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec) (CYUL) ne constituaient pas une menace aux yeux des pilotes. Dans ces conditions, il était raisonnable pour l'équipage de s'attendre à atterrir à CYUL sans difficulté particulière dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) avec une visibilité de plus de 6 milles terrestres (sm) et un plafond à 7000 pieds au-dessus du sol (agl).

En rapprochement de CYUL, l'équipage a consulté l'information du service automatique d'information de région terminale (ATIS) imprimée par l'ACARS. Lorsqu'il a contacté les arrivées, l'équipage a confirmé avoir les renseignements Victor. Deux autres messages ATIS ont été émis après le message Victor et avant l'atterrissage de l'avion. L'enquête n'a pas permis de déterminer si l'équipage a reçu ces messages. Cependant, puisque l'avion était en approche finale, l'équipage a pu observer les conditions météo directement au travers du

pare-brise avant. Par ailleurs, grâce au radar météorologique à bord de l'avion, les pilotes bénéficiaient d'une représentation graphique des conditions météo à l'aéroport.

Ainsi, lorsque l'équipage a été confronté à la présence d'un orage au nord de l'aéroport au moment où l'équipage interceptait la trajectoire d'approche finale, la charge de travail liée à l'approche et le temps disponible ne permettaient pas une évaluation approfondie des effets possibles de l'orage sur l'atterrissage. Par ailleurs, l'appareil précédent semblait œuvrer normalement en approche alors que la piste était toujours entièrement visible.

Par la suite, le contrôle de la circulation aérienne (ATC) a fourni des renseignements concernant le vent et le cisaillement du vent signalés par le vol qui précédait ACA875. Lorsque l'ATC a avisé l'ACA875 de la présence d'un cisaillement du vent, les pilotes ont atténué cette menace en augmentant la vitesse d'approche de 4 nœuds. Par ailleurs, étant donné que le rapport de cisaillement du vent n'avait pas été quantifié, l'équipage ignorait s'il s'agissait d'une perte ou d'un gain de vitesse. À défaut de ces informations, l'équipage s'est prémuni contre le risque d'une perte de vitesse à l'atterrissage.

L'équipage a été en mesure d'observer l'évolution des conditions météo à CYUL. Cependant, ces renseignements fournis par l'ATC concernant le vent et le cisaillement du vent n'étaient pas en temps réel. Bien que les renseignements sur le vent à CYUL aient été transmis au vol en temps opportun, les renseignements fournis n'ont pas permis à l'équipage d'être pleinement au fait des conditions changeant rapidement aux abords de la piste. En conséquence, on peut conclure que l'équipage ne possédait pas les renseignements nécessaires pour prendre une décision éclairée pour la poursuite de l'approche et de l'atterrissage.

Les METAR de 12 h 23 et 12 h 36 indiquent une diminution de la température de 4°C et le vent du sud-ouest à 9 nœuds virant au nord-ouest à 18 nœuds avec des rafales à 27 nœuds. De ce fait, on peut conclure que la diminution de la température ainsi que le changement de direction et l'augmentation de la vitesse du vent confirment la présence d'une rafale descendante liée à l'orage située juste au nord de la piste.

Les orages sont la cause de plusieurs phénomènes dangereux et constituent une menace significative envers les appareils qui évoluent dans leur voisinage. De fortes précipitations associées avec l'orage ont entraîné une rafale descendante de vents qui ont atteint la surface, donnant ainsi de violentes rafales du secteur ouest. Comme l'orage passait juste au nord de la piste sur une trajectoire plus ou moins parallèle à la piste, le vent puissant et instable a passé de l'ouest au nord, provoquant un cisaillement latéral.

Les données de l'enregistreur des données de vol indiquent qu'une augmentation soudaine de la dérive de l'avion d'environ 2° vers la gauche s'est produite au moment de l'arrondi. Ce changement de dérive coïncide avec une augmentation remarquée des averses de pluies. De ce fait, on peut conclure que l'appareil a subi l'effet d'une rafale descendante associée à l'averse générée par l'orage. Un cisaillement latéral du vent généré par une rafale descendante au nord de la piste a subitement fait augmenter la dérive de l'avion vers la gauche au moment de l'arrondi.

Les aéroports canadiens ne disposent pas d'un système de détection des microrafales (LLWAS) et ne sont pas tenus d'en avoir un. Pourtant, le système LLWAS est reconnu comme une source d'information qui fournit une conscience de la situation à l'égard du cisaillement du vent, ainsi qu'une assistance afin d'éviter cette situation<sup>76</sup>. Ainsi, si les aéroports ne sont pas équipés d'un LLWAS, les équipages qui s'y posent pourraient ne pas être conscients de la présence de rafales descendantes ou de microrafales et être ainsi exposés au risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage.

### 2.2.2 *Condition de la piste et performances à l'atterrissage*

Pour réduire les risques d'accidents à l'approche et à l'atterrissage, il faut calculer la distance d'atterrissage sur les pistes contaminées. À cette fin, les pilotes doivent avoir des données exactes et à jour sur l'état de la surface de la piste. Lors de la préparation avant la descente, aucune précipitation n'était prévue à l'heure estimée d'atterrissage. Ce n'est qu'une fois en approche que les pilotes ont observé une averse de pluie à l'aéroport. Puisque l'équipage voyait la piste entière, il s'attendait à une averse de faible intensité et pouvait présumer que la piste n'était pas contaminée. Toutefois, à environ 130 pieds agl, la pluie s'est intensifiée de façon à ce que les essuie-glaces fonctionnant à vitesse maximale n'ont pas suffi à enlever toute la pluie sur le pare-brise. En raison de cette augmentation des précipitations, il est probable que la piste était recouverte d'eau. L'analyse météorologique subséquente indique que le taux de précipitation au nord du seuil de la piste 24R a pu atteindre 75 mm/heure.

Les traces sur la piste (traces survenues après que tout le poids de l'avion reposait sur son train) indiquent une bonne adhérence des pneus avec la surface de la piste au moment de la compression du train droit et un changement rapide de trajectoire. Puisque le toucher du pneu n° 4 (pneu avant droit du train principal droit) est survenu à ce moment précis, il est raisonnable de penser que sa légère dévulcanisation a été causée par le changement rapide de trajectoire. Par conséquent, on peut conclure que l'hydroplanage n'a pas contribué à l'incident.

Le changement rapide des conditions météorologiques au moment où l'appareil se trouvait en courte finale n'a pas permis à l'équipage de déterminer si la forte pluie modifiait les limites de vent traversier et d'évaluer les performances à l'atterrissage sur une piste recouverte d'eau. Comme l'équipage ne disposait pas de données quantitatives du taux de précipitation, il n'était pas en mesure d'évaluer l'impact de l'averse sur les performances d'atterrissage en conditions de vents traversiers. Par conséquent, si l'équipage n'est pas en mesure de vérifier les performances d'atterrissage en conditions de forte pluie comportant un risque d'hydroplanage, il y a un risque accru de sortie de piste.

---

<sup>76</sup> Airbus, *Flight Operations Briefing Notes (FOBN): Adverse Weather Operations, "Windshear Awareness, Factors Affecting Windshear Awareness"*, p. 11. (Référence FOBN: FLT OPS - ADV\_WX - SEQ02 - REV03 - OCT. 2007).

### 2.2.3 *Réduction de visibilité*

#### 2.2.3.1 *Averse de pluie*

L'équipage voyait entièrement la piste jusqu'à ce que l'avion pénètre l'averse de pluie. C'est lorsque l'appareil s'est trouvé à 0,4 nm du seuil de la piste et à 130 pieds agl que la pluie a réduit la visibilité en vol et nécessité la mise en marche des essuie-glaces. À la demande du pilote aux commandes (PF), les essuie-glaces ont été mis en marche à la vitesse maximale. L'activation des essuie-glaces laisse croire que la diminution de visibilité a été rapide, puisque l'appareil est passé en peu de temps de conditions de bonne visibilité à une condition nécessitant l'utilisation des essuies glaces à la vitesse maximale.

L'augmentation soudaine de l'intensité des précipitations aurait réduit les repères visuels et rendu difficile le fait de discerner l'horizon au travers du pare-brise avant. De plus, les limites latérales de la piste se seraient fondues dans le gazon, et auraient été difficilement distinguables. Cependant, l'équipage voyait suffisamment la piste pour constater la position décalée à gauche de l'appareil puisque le pilote surveillant (PM) et le PF ont réagi à la situation.

Une fois que l'appareil a franchi le seuil de la piste, l'intensité des précipitations a augmenté subitement, de sorte que le PF avait des repères visuels réduits. Dans ces conditions, le PF n'a pas décelé le déplacement latéral de l'appareil à temps pour corriger la dérive avant que les pneus extérieurs du bogie gauche ne se posent dans le gazon.

#### 2.2.3.2 *Essuie-glaces et le circuit chasse-pluie*

Airbus a équipé ses avions d'essuie-glaces et d'un circuit chasse-pluie afin de réduire les effets de la pluie sur la visibilité vers l'avant. Le circuit chasse-pluie est un système reconnu qui permet de rétablir rapidement la visibilité en quelques secondes. Cependant, le circuit chasse-pluie du C-GFAF n'avait pas été remis en service depuis sa désactivation. À l'époque, la désactivation du circuit s'expliquait par le danger qu'il posait pour l'environnement. Toutefois, depuis, un liquide de substitution acceptable sur le plan environnemental est offert aux exploitants. Or, lors de l'approche, le système d'essuie-glaces fonctionnant à la vitesse maximale ne suffisait pas à éliminer l'abondance d'eau sur le pare-brise. Parce que le pare-brise était fortement contaminé, le PF disposait de peu de contraste visuel pour être en mesure de discerner le déplacement latéral de l'appareil au-dessus de la piste.

Il n'est pas possible d'établir avec certitude si l'utilisation combinée du circuit chasse-pluie et des essuie-glaces aurait permis au PF de maintenir une visibilité acceptable au travers du pare-brise et de garder l'appareil sur l'axe de piste. Néanmoins, le circuit chasse-pluie est reconnu comme un système efficace pour réduire les effets de la pluie sur la visibilité vers l'avant. Comme la vision est la principale source d'information des pilotes, si le circuit chasse-pluie n'est pas disponible ou n'est pas utilisé, il y a un risque accru, en conditions de forte pluie, que les équipages perdent les références visuelles nécessaires pour éviter une sortie de piste latérale.

### 2.2.3.3 *Balisage lumineux d'approche et de piste*

Étant donné que lors de l'exposé d'approche, l'équipage a augmenté les minimums d'approche comme le rapportaient les NOTAM en vigueur, on peut conclure que les pilotes étaient conscients du fait que le balisage lumineux de piste 24R était hors d'usage. Toutefois, l'équipage n'a pas relevé cette condition comme une menace puisque l'atterrissage devait s'effectuer de jour en VMC qui, à leurs yeux, ne présentaient aucun risque de perte des références visuelles nécessaires pour l'approche et l'atterrissage.

Sous l'effet de l'orage, l'équipage s'est retrouvé dans des conditions de luminosité décroissante pendant l'approche et l'atterrissage. De plus, en raison de l'absence de balisage lumineux et d'une visibilité réduite par une forte pluie, la surface grise de la piste présentait peu de contraste avec son environnement et offrait peu d'indices visuels. On peut conclure que le contexte environnemental permettait difficilement au PF de rester dans l'axe de piste et de déceler le déplacement latéral de l'avion au-dessus de la piste. En raison de l'absence de balisage lumineux de piste en conditions de visibilité réduite, il était difficile pour le PF de déceler le déplacement latéral de l'avion au-dessus de la piste, et ainsi de prévenir la sortie de piste latérale.

Les feux qui composent le système de balisage lumineux de piste permettent aux pilotes de repérer la piste dans la phase d'atterrissage, de poser les roues au bon endroit, de rester dans l'axe et d'évaluer la distance jusqu'au bout de la piste. À cet effet, le balisage lumineux est requis dans des conditions de faible luminosité, comme la nuit ou dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC)<sup>77</sup>.

Les renseignements contenus dans le message d'observation météorologique spéciale émis à 12 h 30 indiquaient que des IMC régnaient à CYUL. En conséquence, selon les normes de certification de la piste 24R, le balisage lumineux de piste était alors requis. En fait, selon TC, les conditions météorologiques existantes ne permettaient pas l'utilisation de cette piste. Or, l'ATC a autorisé l'ACA875 à atterrir à 12 h 32 min 30 s puis, 27 secondes plus tard, a informé l'équipage que le balisage lumineux de la piste 24R ne fonctionnait pas. Air Canada a imposé une restriction opérationnelle sur le balisage lumineux pour effectuer une approche à l'aide du système d'atterrissage aux instruments de catégorie I (ILS CAT I) si la visibilité est inférieure à  $\frac{3}{4}$  sm (portée visuelle de piste [PVP] de 4000). Or, la compagnie n'a fixé aucune exigence à l'égard du balisage lumineux de piste lorsque la visibilité est de  $\frac{3}{4}$  sm ou plus.

Finalement, la réglementation en vigueur ne stipule aucune exigence pour les pilotes en matière de balisage lumineux dans ces conditions. Par conséquent, l'équipage pouvait raisonnablement penser que la piste satisfaisait à la norme de certification et que toutes les mesures d'atténuation de risque étaient en place lorsque l'ACA875 a reçu l'autorisation d'atterrir sur la piste 24R.

---

<sup>77</sup> Transports Canada, TP 312, *Aérodromes – Normes et pratiques recommandées*, quatrième édition (mars 1993), article 8.5 Fonctionnement et contrôle des systèmes de balisage lumineux d'aérodrome.

## 2.2.4 *Fermeture de piste*

Normalement, la décision de fermer une infrastructure de l'aéroport relève de l'autorité d'ADM. À cet égard, ADM avait signé avec la tour de contrôle de Montréal un accord définissant les conditions pour la fermeture d'une piste en cas d'éléments inopérants du balisage lumineux de piste. Comme l'accord ne stipule aucune condition de fermeture de la piste 24R de jour en cas de panne du système de balisage, le contrôleur n'a pas suspendu les opérations sur la piste.

Comme on l'a vu, le balisage lumineux était requis pour l'exploitation de la piste 24R lorsque les conditions sont passées de VMC à IMC. Dans ces circonstances, ADM aurait dû cesser d'exploiter la piste 24R et mettre en service la piste 24L, dont le système de balisage lumineux fonctionnait normalement. Toutefois, ADM ne semble pas avoir constaté que le balisage lumineux était requis aussi bien le jour que la nuit pour l'exploitation d'une piste en IMC. La piste 24R n'a pas été fermée en conditions IMC, malgré le fait que le balisage lumineux de piste ne fonctionnait pas. En conséquence, la piste n'était pas munie des feux requis pour permettre aux équipages de distinguer clairement les limites latérales de la piste.

## 2.3 *Options lors de l'atterrissage*

### 2.3.1 *Préparation à la remise des gaz*

La préparation à la remise des gaz est une défense importante contre les accidents liés à l'approche et à l'atterrissage. Dans ce contexte, lorsque le PM effectue l'annonce « minimum » et que le PF répond « landing », il est possible que cette annonce donne l'impression que l'atterrissage est assuré, et ce, même si les circonstances changent avant le toucher des roues.

Dans des conditions météo dynamiques, une telle impression pourrait réduire la préparation à la remise des gaz, en particulier si celle-ci doit faire l'objet d'une décision et être exécutée à très basse altitude ou en régime d'atterrissage bas. Par conséquent, si la réponse « landing » aux annonces « minimum » renforce la notion que l'atterrissage est assuré, il existe une possibilité que la décision de faire une remise des gaz et la préparation à la remise des gaz en soit affectées, augmentant le risque d'incident ou d'accident lié à l'atterrissage.

### 2.3.2 *Poursuivre l'approche*

Ce n'est qu'une fois les minimums d'approche franchis, quand l'avion est entré dans le périmètre d'activité de l'orage, que les dangers qui y sont associés ont eu des répercussions concrètes sur le vol.

Dans les secondes qui ont suivi, l'appareil a été sujet à 3 oscillations en roulis dont les amplitudes sont passées progressivement de 2° à 6°. Pendant ce temps, on a observé des déplacements latéraux prononcés du mini-manche latéral du PF atteignant 2 fois la déflexion maximale et déphasée avec l'inclinaison de l'avion. L'augmentation de l'amplitude des

oscillations et les déflexions importantes du mini-manche latéral enregistrées par le DFDR tendent à indiquer la présence du phénomène de pompage piloté.

Le phénomène du pompage piloté s'est produit au moment où l'appareil se trouvait juste au sud de l'orage, dans des conditions turbulentes pendant l'intensification des précipitations importantes. Dans ce contexte, il est raisonnable de conclure que les effets de l'orage ont contribué au pompage piloté.

Malgré la présence d'un pompage piloté à l'approche de la piste, l'avion était bien positionné au-dessus du seuil de la piste et la dérive avait été corrigée pour placer l'appareil sur une trajectoire dans l'axe de piste. L'approche a donc été poursuivie. À ce moment, les actions de l'équipage étaient conformes aux procédures d'exploitation de la compagnie, et l'équipage pouvait s'attendre à atterrir plus ou moins sur l'axe de piste.

Les déflexions cycliques de gauche à droite du mini-manche latéral ont cessé près du sol alors que l'appareil avait une inclinaison de 6° à gauche à quelque 40 pieds au-dessus de la piste, et le pompage piloté a cessé à ce moment. Par la suite, les déflexions à droite du mini-manche latéral n'étaient pas suffisantes pour ramener les ailes à l'horizontale, et l'inclinaison à gauche a perduré près de 3 secondes. L'inclinaison soutenue à gauche, combinée aux vents traversiers de droite et à un cisaillement latéral du vent causé par une rafale descendante de l'orage juste au nord de la piste, a entraîné une dérive rapide à gauche.

Pendant une approche en présence d'un orage, le phénomène de pompage piloté a fait en sorte que l'avion s'est trouvé dans une inclinaison vers la gauche alors qu'il passait le seuil de piste. Cette situation, combinée à un fort vent traversier de droite, a entraîné une dérive rapide vers la gauche, très près du sol.

### 2.3.3 *Choix et décision de poursuivre l'atterrissage*

Ce n'est qu'une fois l'appareil au-dessus de la piste, juste avant l'arrondi, que la situation anticipée par l'équipage a changé. À ce moment précis, au milieu d'une forte pluie par très mauvaise visibilité, le PF disposait de 2 options pour éviter la sortie de piste :

1. soit arrêter la descente le temps de ramener l'avion vers l'axe de piste avant d'atterrir;
2. soit remettre les gaz.

Compte tenu de la proximité du sol, ces 2 manœuvres exigeaient une réaction immédiate de l'équipage puisque l'appareil se trouvait à 3 secondes seulement du toucher des roues.

Même en conditions de bonne visibilité, il faut un niveau élevé de dextérité pour stopper la descente d'un avion lourd et effectuer un déplacement latéral de grande précision pour ramener l'avion au centre de la piste très près du sol (soit la première option ci-dessus) dans des conditions de vents traversiers comportant des rafales à 27 nœuds. Dans la situation à l'étude, le PF aurait été confronté à de plus grandes difficultés de maîtrise en raison du peu de visibilité. En conséquence, cette manœuvre n'était pas recommandée dans les conditions existantes.

### 2.3.4 *Remise des gaz à bas régime*

Puisque le fait de placer l'appareil à bas régime constitue en soi une décision d'atterrir, et qu'il n'y a pas de temps pour l'analyse de nouveaux facteurs, cette décision devrait constituer un point déclencheur et être traitée de façon similaire à la vitesse de décision au décollage<sup>78</sup>. Puisqu'il n'y a pas de temps disponible à l'analyse au décollage, la vitesse de décision est traitée comme point limite, jusqu'auquel le décollage est interrompu en cas de panne et au-delà duquel la poursuite du décollage est recommandée.

Dans ce contexte, le point où la puissance est réduite pourrait être utilisé comme point de décision sans appel d'atterrir. Ainsi, les équipages pourraient avoir une plus grande disposition à effectuer une remise des gaz jusqu'à ce point de décision.

Malgré la dérive, le PF a jugé qu'il était encore possible de se poser sur la surface de la piste et a amorcé la réduction de la poussée au ralenti à environ 30 pieds agl. Une remise des gaz immédiate à ce moment précis était le dernier moment où il était encore possible d'éviter un contact avec le sol et par conséquent la sortie de piste latérale. Ainsi, lorsque le PF a réduit la puissance, l'avion est entré dans le régime d'atterrissage bas et, bien qu'une remise des gaz demeurait possible, le contact avec le sol était inévitable.

La réduction de la puissance a placé l'appareil dans un régime d'atterrissage bas et constituait un point critique pour éviter la sortie de piste latérale. Il est clair qu'à ce moment précis, le PF ne disposait pas de suffisamment de temps pour réévaluer l'effet des changements de conditions alors qu'il était en charge de travail élevée, concentré sur le contrôle de la trajectoire et l'exécution de l'arrondi et de l'atterrissage. Si les pilotes placent l'appareil dans un régime d'atterrissage bas pendant que l'appareil dérive près du sol, il y a un risque accru de sortie de piste latérale.

Au moment du premier toucher des roues, l'appareil était légèrement incliné à droite avec un angle de crabe d'environ 8° à droite. Comme le PF n'a pas effectué une manœuvre de réduction de l'angle de crabe, mais a plutôt maintenu l'angle de crabe, on peut conclure que, étant conscient de la position de l'avion par rapport à l'axe de piste, le PF tentait de corriger la trajectoire de l'appareil. La sortie de piste latérale n'est pas le résultat d'une manœuvre de réduction de l'angle de crabe prématuré, qui est souvent associée aux incidents à l'atterrissage en conditions de vents traversiers.

### 2.3.5 *Reprise des commandes par le commandant*

Le commandant, à titre de PM, offre une défense supplémentaire pour prévenir les incidents liés à l'atterrissage, en surveillant la progression de l'atterrissage et en effectuant des appels si un écart survient. En dernier recours, le commandant peut reprendre les commandes de vol pour assurer la sécurité du vol.

---

<sup>78</sup> Le terme « vitesse de décision » s'entend de la vitesse maximale d'un aéronef en deçà de laquelle le pilote peut décider d'interrompre le décollage.

Lorsque la réduction de la visibilité est survenue, le PM devait reconnaître la dérive latérale, observer les actions du PF et déterminer si elles étaient suffisantes pour maintenir l'appareil sur la piste. Les ailes ont été ramenées à l'horizontale et la poussée a été réduite au ralenti, et l'averse de pluie s'est intensifiée. Deux secondes plus tard, le PM a constaté que l'appareil était décalé à gauche; 1 seconde après ce constat, le PM a ordonné au PF de déplacer l'appareil vers la droite. C'est à ce moment que le pneu n° 6 a percuté le premier feu de piste, alors que le PF avait entrepris une correction importante vers la droite.

L'appareil a percuté le premier feu alors même que le commandant de bord ordonnait une correction vers la droite, et ce, malgré une surveillance étroite de la progression du vol de sa part. Après le début de la déviation de l'avion, les contraintes temporelles ne permettaient pas au commandant de bord d'intervenir et de prendre les commandes à temps pour effectuer lui-même une correction, pour éviter la sortie de piste.

L'incident montre que le PM n'a pas eu le temps de faire un appel avant l'impact de la roue avec le feu de bord de piste. Par conséquent, il est raisonnable de conclure que les risques d'incident liés à l'atterrissage augmentent lorsqu'un appareil se pose à proximité d'un orage, du fait que les dangers qui y sont associés peuvent survenir en moins de temps qu'il en faudrait pour prendre les mesures nécessaires.

Par ailleurs, Air Canada n'offre pas aux commandants de bord de formation portant spécifiquement sur la reprise des commandes pendant l'arrondi à l'atterrissage. Il semble que de telles occasions soient rares. D'ailleurs, les pilotes rencontrés dans le cadre de l'enquête n'ont jamais eu à reprendre les commandes à un stade aussi avancé du vol. Cela dit, on ne peut écarter la possibilité que survienne un événement qui nécessite la reprise des commandes par l'autre pilote. En conséquence, si les équipages ne sont pas formés à reprendre les commandes à très basse altitude ou en régime d'atterrissage bas, il existe un risque que, advenant un problème, le PM n'ait pas le temps de cerner le problème et de prendre les mesures appropriées.

## 2.4 *Gestion des menaces et des erreurs*

Le concept de la gestion des menaces et des erreurs prévoit l'élaboration et l'adaptation des plans d'action de l'équipage après l'identification des menaces du moment afin de réduire les risques. Lors du vol, les membres de l'équipage ont suivi le processus TEM en fonction de leur expérience, de la formation fournie par la compagnie et de l'information disponible à ce moment.

Lors de la préparation avant la descente, la seule menace connue de l'équipage, soit la défektivité momentanée du système de frein n° 1 signalée par le moniteur électronique centralisé de bord (ECAM) à EDDF, a été identifiée et gérée par l'équipage. Après avoir constaté la présence d'orages, l'équipage a pallié à la menace de la turbulence et du cisaillement du vent par des augmentations progressives de la vitesse d'approche.

En raison du déroulement apparemment normal de l'atterrissage du DHC-8 qui le précédait et du fait que la piste entière était clairement visible du poste de pilotage, les pilotes du vol à l'étude pouvaient penser qu'aucun autre risque lié à l'orage ne menaçait l'atterrissage.

De plus, le bref intervalle de temps séparant les rapports de vent et de cisaillement et l'atterrissage imminent permettait difficilement à l'équipage de cerner le risque d'un cisaillement latéral causé par la rafale descendante de vent au nord de la piste. En conséquence, la possibilité d'une remise des gaz en cas d'échec du maintien de l'axe de piste n'a pas été prévue.

Bien que l'équipage ait surveillé le déplacement de l'averse de pluie sur la piste, la possibilité de perdre les références visuelles dans une forte averse de pluie n'a pas fait l'objet d'une discussion ni n'a été anticipée. L'équipage n'a subi aucun effet nuisible du temps jusqu'en très courte finale, à environ 130 pieds agl, où l'appareil est passé à un environ 1 nm de l'orage situé à sa droite. Ainsi, les conséquences d'un atterrissage par faible visibilité sans balisage lumineux de piste n'ont pas été évaluées correctement. C'est pourquoi l'équipage a maintenu le plan qu'il a formulé lors de la planification avant l'approche, et a décidé d'atterrir.

Puisque l'approche s'effectuait de jour dans de bonnes conditions visuelles, l'absence de balisage lumineux de piste n'a pas été identifiée comme étant une menace. D'ailleurs, dans de telles conditions, ni Air Canada, ni ADM n'exigent de balisage lumineux. En conséquence, l'équipage n'a pas anticipé que le risque de perdre de vue la piste en raison d'une réduction de la visibilité au travers du pare-brise dans la pluie serait exacerbé par l'absence de balisage lumineux de piste.

Les effets brusques et inattendus de l'orage, combinés à l'absence de balisage lumineux de piste pendant une période de forte charge de travail, ont empêché le PF d'utiliser efficacement et de façon cohérente les références visuelles normalement disponibles pour corriger la dérive avant la sortie de piste latérale. Par conséquent, si l'équipage ne tient pas compte des conséquences de menaces multiples, il y a un risque que les pilotes poursuivent un atterrissage dans des conditions qui ne s'y prêtent pas.

En cas de déroutement, le vol devait atterrir à l'aéroport international de Montréal (Mirabel) (CYMX), situé à environ 17 nm au nord de CYUL. Le choix du terrain de dégagement était approprié puisqu'au moment de la planification du vol, les prévisions météorologiques et les réserves de carburant emportées étaient conformes à la réglementation en vigueur.

Cependant, pendant le vol, les prévisions météo ont beaucoup varié à destination et au terrain de dégagement. À 11 h 28, en raison de la présence d'orages dans la région de Montréal, la répartition des vols d'Air Canada a transmis, à titre informatif, un message ACARS à l'ACA875 contenant les informations nécessaires pour offrir CYOW comme aéroport de dégagement alternatif. Toutefois, en raison du protocole de communication peu convivial en cas d'échec de transmission, l'ACA875 n'a pas reçu ce message, et ce, à l'insu de l'agent de répartition. En conséquence, l'agent de la répartition des vols et l'équipage n'avaient pas la même conscience de la situation quant aux menaces liées aux orages dans la

région de Montréal et à la possibilité d'utiliser CYOW comme aéroport de dégagement. Par conséquent, si le service de régulation des vols ne s'aperçoit pas de l'échec de transmission des messages ACARS, il y a un risque accru que les équipages de conduite ne reçoivent pas certaines informations de vol cruciales.

Par ailleurs, les orages prévus à CYMX à l'heure d'arrivée pouvaient constituer une menace au vol si un déroutement s'avérait nécessaire. Toutefois, les informations à leur disposition permettaient à l'équipage d'anticiper un atterrissage à destination. Dans ces circonstances, l'équipage n'a pas identifié le temps convectif au terrain de dégagement comme une menace et n'a formulé aucun plan spécifique tenant compte des conditions météo dans l'éventualité d'un déroutement. De manière générale, les informations reçues au cours du vol n'ont pas modifié la perception de la situation que l'équipage s'était construite depuis le début du vol. Selon ce qui précède, il apparaît que l'équipage était convaincu de pouvoir exécuter un atterrissage en toute sécurité à destination.

On peut conclure que, compte tenu des informations à sa disposition au moment de la descente, la planification de l'approche et de l'atterrissage, l'équipage n'a pas pris en compte tous les risques associés aux orages prévus à l'aéroport de dégagement.

En résumé :

- Les orages sont dynamiques et leurs effets se manifestent rapidement.
- Les données sur le vent fournies par la tour ne sont pas en temps réel; les données fournies sont donc dépassées en conditions de rafales descendantes qui évoluent rapidement.
- L'équipage n'a pas eu le temps de réévaluer tous les risques qui se sont présentés, à moins de 30 secondes de l'atterrissage.
- Les pilotes ont sous-estimé l'amalgame des effets de l'orage sur l'atterrissage, soit la turbulence, le cisaillement latéral et la réduction soudaine de visibilité.
- L'équipage, surpris par la réduction soudaine de la visibilité si près du sol, a poursuivi le plan d'atterrir malgré le déplacement latéral important de l'avion.

L'incident rappelle que les effets d'un orage en approche pour l'atterrissage posent un plus grand risque lorsque l'appareil se rapproche du sol. On constate également que le temps convectif génère des menaces insidieuses, d'autant plus si l'orage est décalé par rapport à la trajectoire de l'avion, comme c'était le cas pour l'ACA875. Dans ce contexte, la préparation à la remise des gaz était la seule défense qui restait pour contrer les imprévus.

## 2.5 *Atterrissage en présence d'orages*

### 2.5.1 *Recommandation A07-01 du BST*

Les orages présentent toutes sortes de menaces à l'aviation, et les conditions de vol aux abords d'un orage peuvent changer soudainement et de manière remarquable. La capacité de l'équipage de discerner et d'éviter ces menaces est la clé pour les gérer efficacement.

Dans le cadre de son enquête sur la sortie en bout de piste du vol AFR358 à Toronto en 2005, le Bureau a compilé des accidents et des études antérieurs qui illustraient l'important risque associé à la navigation à proximité d'activités convectives en région terminale. Voilà pourquoi le BST a émis la recommandation A07-01, qui demande à TC d'établir des normes précises pour limiter les approches et les atterrissages dans les activités convectives pour tous les exploitants de transport aérien aux aéroports canadiens.

À l'époque, on estimait que la nature des activités convectives, qui comprennent de multiples dangers qui peuvent s'amplifier précipitamment, justifiait l'imposition de normes qui donnaient aux équipages des directives claires sur l'évitement des activités convectives en région terminale. On croyait également que des stratégies qui visaient à sensibiliser les équipages et à améliorer leur jugement ne suffiraient pas pour atténuer les multiples et imprévisibles dangers associés aux orages.

TC s'est engagé à examiner cette recommandation en consultation avec d'autres autorités internationales du secteur de l'aviation en vue d'harmoniser toute initiative réglementaire. TC a pris certaines mesures au cours des 10 années depuis l'émission de cette recommandation. Par exemple :

- TC a émis la Circulaire d'information (CI) 705-005 : Approche et atterrissage pendant des activités convectives. D'après ce document, les exploitants aériens « devraient s'assurer que des renseignements sur les dangers liés au vol à proximité d'activités convectives sont à la disposition des membres d'équipage de conduite et des régulateurs de vol et que ces renseignements soient passés en revue lors de la formation initiale et périodique<sup>79</sup> ». Cette CI comprend une liste de sujets qu'elle recommande d'inclure dans ces lignes directrices et cette formation.
- TC a également soulevé cette question à l'international lorsqu'il a présenté un exposé à l'OACI en novembre 2010. Ces discussions se sont soldées par un accord général voulant que toute norme liée au vol à proximité d'activités convectives en région terminale exige une collaboration internationale, étant donné l'impact opérationnel potentiel d'une telle norme. De plus, étant donné d'autres priorités, on a conclu que les travaux sur une telle norme ne commenceraient pas avant plusieurs années.

Ces mesures et la réponse qu'elles ont suscitée montrent clairement que TC et la communauté internationale reconnaissent que des lignes directrices claires – une norme pour éviter les activités convectives en région terminale – seraient utiles, mais que son développement serait difficile et de longue haleine. Par conséquent, la réponse à la recommandation A07-01 est actuellement jugée comme étant « en partie satisfaisante » et « en veilleuse ».

---

<sup>79</sup> Transports Canada, Circulaire d'information n°705-005 : Approche et atterrissage pendant des activités convectives, publiée le 5 mars 2009, <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/opssvs/servicesdegestion-centredereference-ci-700-705-005-509.htm> (dernière consultation le 16 mars 2017).

L'événement à l'étude montre clairement que les équipages, malgré leur connaissance des dangers associés aux activités convectives, peuvent être surpris par la soudaineté de leur manifestation et l'intensité de leur effet durant une étape critique de vol. Comme dans des accidents précédents, l'équipage de conduite de l'ACA875 était au courant de la présence d'activités convectives aux abords du secteur d'approche et d'atterrissage. Il avait pris des mesures pour atténuer les plus importantes menaces prévues associées à ces activités à l'approche. Toutefois, l'équipage de conduite a dû composer avec un changement de direction du vent et une forte réduction de la visibilité à une étape critique du vol, au moment où l'aéronef effectuait l'arrondi.

Si TC ne prend aucune mesure pour élaborer des normes claires sur l'évitement d'orages à l'approche et à l'atterrissage comme le demande la recommandation A07-01, les approches en présence d'activités convectives continueront, ce qui exposera les aéronefs aux multiples et imprévisibles dangers associés aux orages.

### 2.5.2 *Poursuivre l'approche en présence d'orages*

Durant l'approche dans un état stabilisé, sans danger apparent ni norme établie afférente à la présence d'un orage aux abords d'un aéroport, aucune condition existante ne justifiait l'interruption de l'atterrissage. Par conséquent, la décision de l'équipage de conduite de poursuivre l'approche malgré un orage juste au nord de la piste était conforme aux pratiques sectorielles. La remise des gaz représente la toute dernière mesure possible pour atténuer une condition dangereuse qui s'abat. Or, à mesure que l'AC875 se rapprochait de l'orage, les effets dangereux associés aux activités convectives ont nui au vol et ont provoqué la sortie de piste, malgré la vaste expérience et la formation de l'équipage de conduite.

Air Canada fournit à ses équipages des lignes directrices explicites pour le contournement des orages en route. Lors de cette phase du vol, les procédures opérationnelles sont sans ambiguïté quant aux distances que doit tenir l'avion d'un orage. Toutefois, comme la majorité des exploitants, la compagnie n'a pas élaboré des procédures claires pour le contournement d'orages pendant l'approche ou l'atterrissage, et ce contournement n'est pas requis. Ainsi, les pilotes disposent d'une plus grande marge de sécurité pour éviter le mauvais temps pendant l'étape en route que lors de l'approche et de l'atterrissage. Comme Air Canada mise sur l'expérience de ses équipages pour décider du cours du vol lors de la présence d'orages dans les environs aéroportuaires, la marge de sécurité varie d'un vol à l'autre, selon l'équipage. De plus, dans ces conditions, les équipages peuvent fonder en partie leur décision de poursuivre ou d'interrompre l'approche sur les décisions des équipages qui les précèdent. En conséquence, en fonction de son expérience, un équipage pourrait avoir tendance à suivre les autres appareils qui se posent, ignorant le caractère dynamique et imprévisible du temps convectif existant. Dans le cas à l'étude, l'ACA875 a été le dernier vol à atterrir avant que les appareils qui le suivaient interrompent leurs approches en raison de la proximité de l'orage.

De plus, à défaut d'éléments déclencheurs préétablis pour l'exécution d'une remise des gaz, l'équipage a poursuivi l'approche en vue d'atterrir. Au cours de l'approche, l'équipage a jugé avoir une distance latérale sécuritaire de l'axe de piste, et rien ne laissait présager de

difficulté à atterrir sur la piste, qui était bien visible malgré la pluie; ainsi, aucun plan alternatif à l'atterrissage à CYUL n'a été envisagé. On peut penser que l'établissement d'éléments déclencheurs préétablis pour l'exécution d'une remise des gaz permettrait aux équipages d'accroître leur état de préparation.

Comme on l'a vu, les effets de l'orage sont un élément causal de la sortie de piste. L'événement à l'étude est un excellent exemple de l'apparition soudaine et simultanée des dangers associés aux orages à un moment critique de l'atterrissage. Cet événement souligne le caractère imprévisible des orages et la nécessité de garder une distance sécuritaire pendant les phases critiques des vols.

Le PF s'est trouvé dans une situation de visibilité considérablement réduite, mais il pouvait toujours apercevoir la piste, avec une acuité visuelle variable, grâce au mouvement des essuie-glaces. D'après son interprétation de l'information, il était toujours possible d'atterrir sur la surface de la piste. Étant donné le résultat, il est évident que le PF n'a pas décelé la dérive à temps. Néanmoins, il est probable que, dans les mêmes circonstances, d'autres pilotes réagiraient de la même façon et poursuivraient l'atterrissage.

Cet incident montre qu'en dépit d'une formation spécialisée, d'un plan détaillé pour l'atterrissage en place et d'une gestion des menaces effectuée selon les concepts courants, un équipage expérimenté n'a pas su contrer la combinaison des facteurs réunis soudainement à un moment critique du vol pour prévenir la sortie de piste latérale. Ce cas montre que les atterrissages en présence d'un orage à proximité de la piste présentent un risque continu pour la sécurité aérienne.

## 3.0 *Faits établis*

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

1. Pendant une approche en présence d'un orage, le phénomène de pompage piloté a fait en sorte que l'avion s'est trouvé dans une inclinaison vers la gauche alors qu'il passait le seuil de piste. Cette situation, combinée à un fort vent traversier de droite, a entraîné une dérive rapide vers la gauche, très près du sol.
2. Une fois que l'appareil a franchi le seuil de la piste, l'intensité des précipitations a augmenté subitement, de sorte que le pilote aux commandes (PF) avait des repères réduits. Dans ces conditions, le PF n'a pas décelé le déplacement latéral de l'appareil à temps pour corriger la dérive avant que les pneus extérieurs du bogie gauche ne se posent dans le gazon.
3. En raison de l'absence de balisage lumineux de piste en conditions de visibilité réduite, il était difficile pour le pilote aux commandes de déceler le déplacement latéral de l'avion au-dessus de la piste, et ainsi de prévenir la sortie de piste latérale.
4. Un cisaillement latéral du vent généré par une rafale descendante au nord de la piste a subitement fait augmenter la dérive de l'avion vers la gauche au moment de l'arrondi.
5. La piste 24R n'a pas été fermée en conditions météorologiques de vol aux instruments, malgré le fait que le balisage lumineux de piste ne fonctionnait pas. En conséquence, la piste n'était pas munie des feux requis pour permettre aux équipages de distinguer clairement les limites latérales de la piste.

### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si les aéroports ne sont pas équipés d'un système de détection des microrafales, les équipages qui s'y posent pourraient ne pas être conscients de la présence de rafales descendantes ou de microrafales et être ainsi exposés au risque d'accidents liés à l'approche et à l'atterrissage.
2. Si l'équipage n'est pas en mesure de vérifier les performances d'atterrissage en conditions de forte pluie comportant un risque d'hydroplanage, il y a un risque accru de sortie de piste.
3. Si la réponse « landing » aux annonces « minimum » renforce la notion que l'atterrissage est assuré, il existe une possibilité que la décision de faire une remise des gaz et la préparation à la remise des gaz en soit affectées, augmentant le risque d'incident ou d'accident lié à l'atterrissage.

4. Si le circuit chasse-pluie n'est pas disponible ou n'est pas utilisé, il y a un risque accru, en conditions de forte pluie, que les équipages perdent les références visuelles nécessaires pour éviter une sortie de piste latérale.
5. Si l'équipage ne tient pas compte des conséquences de menaces multiples, il y a un risque que les pilotes poursuivent un atterrissage dans des conditions qui ne s'y prêtent pas.
6. Si les pilotes placent l'appareil dans un régime d'atterrissage bas pendant que l'appareil dérive près du sol, il y a un risque accru de sortie de piste latérale.
7. Si les équipages ne sont pas formés à reprendre les commandes à très basse altitude ou en régime d'atterrissage bas, il existe un risque que, advenant un problème, le pilote surveillant n'ait pas le temps de cerner le problème et de prendre les mesures appropriées.
8. Si TC ne prend aucune mesure pour élaborer des normes claires sur l'évitement d'orages à l'approche et à l'atterrissage comme le demande la recommandation A07-01, les approches en présence d'activités convectives continueront, ce qui exposera les aéronefs aux multiples et imprévisibles dangers associés aux orages.
9. Si les lieux des événements ne sont pas préservés, il y a un risque que des éléments de preuve essentiels à la détermination des facteurs contributifs à un événement soient perdus.
10. Si le service de régulation des vols ne s'aperçoit pas de l'échec de transmission des messages du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu, il y a un risque accru que les équipages de conduite ne reçoivent pas certaines informations de vol cruciales.

### 3.3 *Autres faits établis*

1. Bien que les renseignements sur le vent à l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal aient été transmis au vol par le contrôle de la circulation aérienne en temps opportun, les renseignements fournis n'ont pas permis à l'équipage d'être pleinement au fait des conditions changeant rapidement aux abords de la piste.
2. La sortie de piste latérale n'était pas le résultat d'une manœuvre de réduction de l'angle de crabe prématuré, qui est souvent associée aux incidents à l'atterrissage en conditions de vents traversiers.

## 4.0 Mesures de sécurité

### 4.1 Mesures de sécurité prises

#### 4.1.1 Aéroports de Montréal

Aéroports de Montréal (ADM) effectuera une revue, en collaboration avec NAV CANADA, de son accord d'exploitation au niveau du balisage lumineux d'approche et de piste en lien notamment avec les conditions de fermeture de piste.

ADM a effectué une modification à ses directives et procédures de façon à donner des instructions plus précises à son personnel, notamment au niveau des accidents et incidents nécessitant un rapport obligatoire au BST. À noter que le plan de mesures d'urgence (PMU) est un document parmi plusieurs d'autres (plans opérationnels, directives, procédures, etc.) encadrant notamment les actions des employés d'ADM.

#### 4.1.2 Air Canada

Les mesures de sécurité prises par Air Canada depuis octobre 2014, et qui sont applicables aux circonstances de l'événement à l'étude, comprennent les éléments suivants :

- Conception d'exposés pour toutes les procédures de départ et d'arrivée d'Air Canada en présence de menaces. Les processus de sécurité d'Air Canada ont précipité ce changement, étayé par les résultats du plus récent audit de sécurité en service de ligne (LOSA) de la compagnie et qui reflète les pratiques exemplaires du secteur. Cette nouvelle méthode de préparation au départ et à l'arrivée aide l'équipage à centrer son attention sur les menaces et les dangers potentiels associés à chaque vol. Une fois que l'équipage a cerné les menaces réelles et leurs risques, il peut alors discuter de ce qu'il prévoit et de toute mesure d'atténuation requise pour aborder ces menaces correctement et de façon préventive.
- En ce qui a trait aux excursions latérales, tous les pilotes ont reçu un article de sensibilisation à la sécurité, paru dans le magazine *Safety first* publié par Airbus.
- Air Canada a examiné ses politiques et a élaboré et offert de nouvelles lignes directrices aux pilotes sur les conditions de visibilité à l'approche, par l'intermédiaire de son manuel d'exploitation de vol (FOM). Plus précisément, ces améliorations comprennent les points suivants :
  - le sous-alinéa 8.11.9.3 a été révisé pour exprimer plus clairement l'impératif de remettre les gaz si l'équipage de conduite n'est pas certain de pouvoir atterrir dans la zone de poser des roues, aussi bien longitudinalement que latéralement;
  - le point 2 du sous-alinéa 8.11.9.3 a été refondu et exige désormais que les pilotes amorcent une remise des gaz en cas de [traduction] « perte des repères visuels après avoir franchi la DH, la DA ou la MDA en descente »;
  - le sous-alinéa 8.11.14.2 a été modifié et comprend maintenant des instructions pour les pilotes sur la visibilité utile minimale par rapport à la visibilité spécifiée

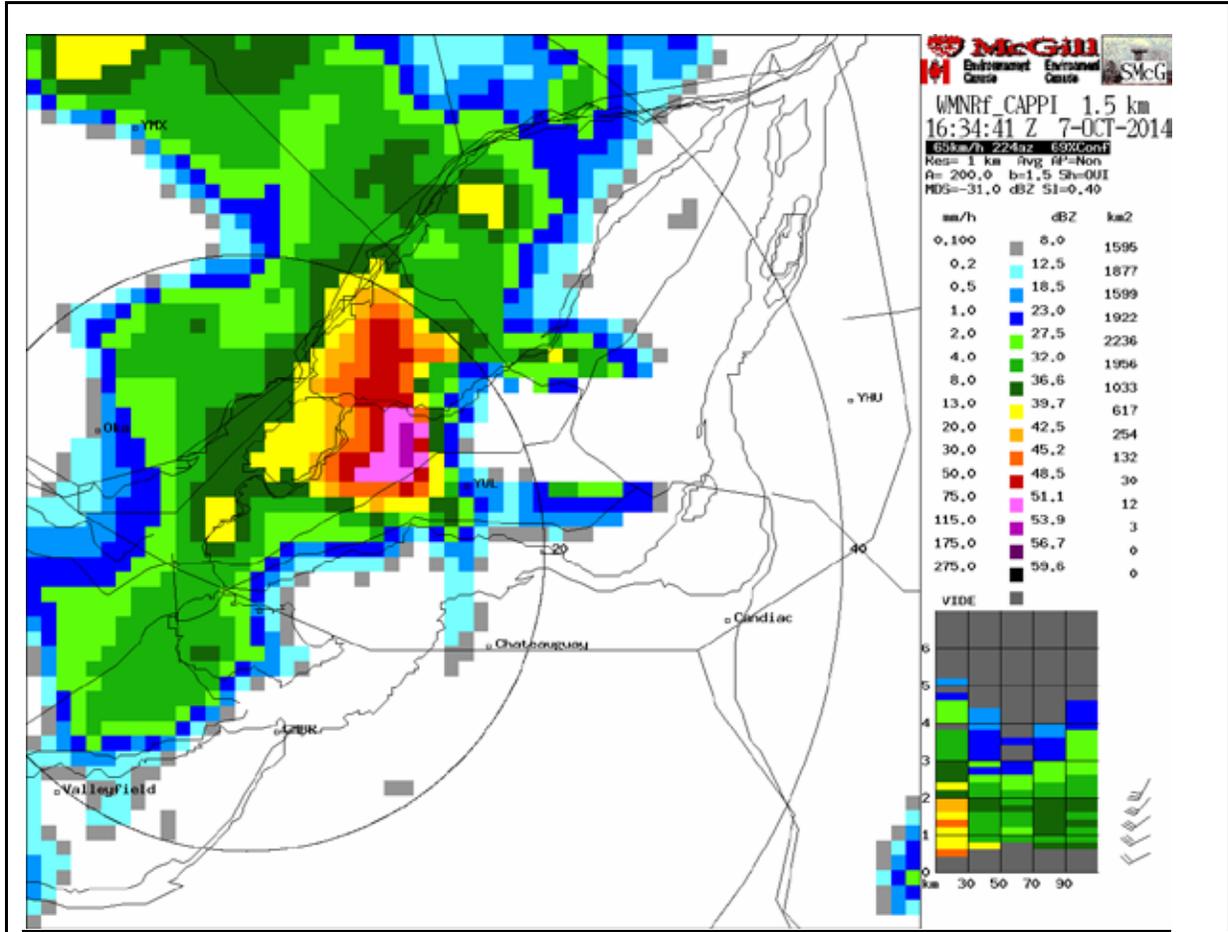
sur les cartes. Air Canada choisit d'utiliser des valeurs de visibilité semblables à celles que permet la FAA. Ces limites portent non seulement sur la visibilité, mais comprennent également la norme de balisage lumineux de piste et d'approche pour déterminer la norme de visibilité minimale. Cette nouvelle norme est plus restrictive que le minimum réglementaire en vigueur au Canada.

*Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 7 mars 2017. Le rapport a été officiellement publié le 28 mars 2017.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.*

# Annexes

## Annexe A – Image radar et taux de précipitation



Source : Environnement Canada

## *Annexe B – Conditions météorologiques*

### *Prévisions météorologiques*

Le texte qui suit est la version en langage clair de la prévision d'aérodrome (TAF) de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec) (CYUL) que l'équipage de conduite a reçue de la régulation des vols d'Air Canada avant de partir de l'aéroport international de Francfort-Rhein/Main (EDDF) :

Publié à 1 h 43 et valide entre 2 h et 2 h (le 7 octobre); vent de surface du 150 °V [vrai] à 15 nœuds; visibilité supérieure à 6 sm [milles terrestres] dans de légères averses de pluie; couche de nuages fragmentés à 5000 pieds agl [au-dessus du sol] et couverte à 12 000 pieds agl; temporairement entre 5 h et 12 h, visibilité de 6 sm dans de légères averses de pluie et de la brume; couche nuageuse à 2000 pieds agl et couverte à 5000 pieds agl; à partir de 12 h, vent de surface du 160 °V à 12 nœuds avec des rafales à 22 nœuds; visibilité supérieure à 6 sm; couche nuageuse fragmentée à 5000 pieds agl; entre 17 h et 19 h, le vent soufflera du 160 °V à 10 nœuds; la prochaine prévision sera diffusée d'ici 5 h.

Le TAF de l'aéroport international de Montréal (Mirabel) (CYMX), leur aéroport de dégageage, a également été transmis à 11 h 22; il comportait les renseignements suivants :

Publié à 11 h 19 et valide entre 11 h et 8 h (le 7 octobre); vent de surface du 150 °V à 8 nœuds; visibilité supérieure à 6 sm dans de faibles averses de pluie; couche de nuages fragmentés à 3000 pieds agl et couverte à 6000 pieds agl; temporairement entre 12 h et 13 h, vent variable à 15 nœuds avec des rafales à 25 nœuds, visibilité de 2 sm dans des orages, de la pluie et de la brume; couche nuageuse à 1000 pieds agl et couverte à 3000 pieds agl; à partir de 13 h, vent de surface du 200 °V à 10 nœuds avec des rafales à 20 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm, nuage épars à 4000 pieds agl; temporairement, entre 13 h et 14 h, visibilité supérieure à 6 sm dans des averses de pluie faibles, couche de nuages fragmentés à 4000 pieds agl; devenant entre 18 h et 19 h, vent de surface du 170 °V à 7 nœuds; à partir de 2 h (le 7 octobre), vent de surface du 060 °V à 7 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm, couche nuageuse fragmentée à 6000 pieds agl et couverte à 12 000 pieds agl; à partir de 4 h (le 7 octobre), vent de surface du 140 °V à 10 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm dans de faibles averses de pluie et brume, couche nuageuse fragmentée à 1200 pieds agl et couverte à 3000 pieds agl; la prochaine prévision sera diffusée d'ici 14 h.

Le TAF de CYUL suivant a été publié juste avant l'atterrissage de l'avion, mais n'a pas été reçu par l'équipage :

Publié à 12 h 26 et valide entre 12 h et 8 h (le 7 octobre); vent de surface du 200 °V à 12 nœuds avec rafales à 22 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm dans de légères averses de pluie, quelques nuages à 4000 pieds agl; couche de nuages couverte à 7000 pieds agl; temporairement entre 12 h et 14 h, visibilité dominante de 2 sm en présence d'orages, pluie et brume; couche nuageuse fragmentée à 2000 pieds agl et couverte à 4000 pieds agl avec cumulonimbus;

à partir de 14 h, vent de surface du 160 °V à 12 nœuds et rafales à 22 nœuds; visibilité supérieure à 6 sm; quelques nuages à 5000 pieds agl; temporairement entre 14 h et 15 h, visibilité supérieure à 6 sm en présence d'averses de pluie légères, couche nuageuse fragmentée à 5000 pieds agl; entre 17 h et 19 h, vent de surface du 160 °V à 10 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm, couche nuageuse fragmentée à 6000 pieds agl et couverte à 12 000 pieds agl; à partir de 4 h (le 7 octobre), vent de surface du 140 °V à 12 nœuds, visibilité supérieure à 6 sm dans de légères averses de pluie et brume, couche nuageuse fragmentée à 1500 pieds agl et couverte à 3000 pieds agl; la prochaine prévision sera diffusée d'ici 14 h.

### *Liste des observations météorologiques pour l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal*

**Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 11 h :** Vent du 180 °V à 10 nœuds, visibilité de 12 sm, quelques nuages à 4500 pieds agl, nuages épars à 6500 pieds agl, ciel couvert à 9000 pieds agl, température de 15 °C, point de rosée de 13 °C, calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure; remarques : 2 octas<sup>80</sup> de stratocumulus, 2 octas de stratocumulus, 4 octas d'altocumulus, pression au niveau de la mer de 115, altitude-densité de 400 pieds.

**METAR de 12 h :** Vent du 180 °V à 7 nœuds, visibilité de 12 sm, quelques nuages à 2000 pieds agl, nuages fragmentés à 9000 et 15 000 pieds agl, température de 18 °C, point de rosée 14 °C, calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure; remarques : 1 octa de cumulus, 2 octas de stratocumulus, 3 octas d'altocumulus, 1 octa d'altocumulus, cumulonimbus noyés dans d'autres couches nuageuses, pression au niveau de la mer de 115, altitude-densité de 400 pieds.

**Bulletin spécial (SPECI) de 12 h 23 :** Vent du 200 °V à 9 nœuds, visibilité de 10 sm, quelques nuages à 3000 pieds agl avec des cumulonimbus, nuages épars à 5000 pieds agl, nuages fragmentés à 7000 et 12 000 pieds agl, température de 18 °C, point de rosée de 12 °C, calage altimétrique de 29,88 pouces de mercure; remarques : 2 octas de cumulonimbus, 1 octa de stratocumulus, 3 octas d'altocumulus, 1 octa d'altocumulus, cumulonimbus noyés dans d'autres couches nuageuses. Stratus fractus, pression au niveau de la mer de 117, altitude-densité de 400 pieds.

**SPECI de 12 h 30 :** Vent du 240 °V à 6 nœuds, visibilité de 2 sm dans des orages faible et pluie, quelques nuages à 1000 pieds agl, nuages fragmentés à 2500 et orage, ciel couvert à 5000 pieds agl, température de 17 °C, point de rosée de 12 °C, calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure; remarques : 2 octas de cumulonimbus, 1 octa de stratocumulus, 3 octas d'altocumulus, 1 octa de stratus fractus, 5 octas de cumulonimbus, 2 octas de stratocumulus, pression au niveau de la mer de 114, altitude-densité de 400 pieds.

---

<sup>80</sup> La proportion de la couche nuageuse est indiquée en huitièmes (octas) de ciel couvert.

**SPECI de 12 h 36 :** Vent du 270 °V à 18 nœuds avec des rafales à 27 nœuds, vent variable de 200 à 280 °V, visibilité de 3 sm dans des orages faibles et pluie, quelques nuages à 1200 pieds agl, nuages fragmentés à 2500 et orage, ciel couvert à 4800 pieds agl, température de 14 °C, point de rosée de 10 °C, calage altimétrique de 29,89 pouces de mercure; remarques : 1 octa de sratus fractus, 4 octas de cumulonimbus , 3 octas de stratocumulus, visibilité de 15 sm au sud, pression au niveau de la mer de 122.

### *Évolution des conditions météorologiques aux messages du service automatique d'information de région terminale (ATIS)*

**ATIS avec renseignements Uniform émis à 11 h :** vent de 10 nœuds à 200° magnétique (M), visibilité de 12 sm, dans la pluie faible, quelques nuages à 4500 pieds agl, 12 000 pieds agl couvert, température de 15 °C, point de rosée de 13 °C et calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure.

**ATIS avec renseignements Victor émis à 12 h :** vent de 7 nœuds à 200 °M, visibilité de 12 sm, quelques nuages à 2000 pieds agl, 4500 pieds agl épars, 9000 pieds agl fragmenté, 15 000 pieds agl fragmenté, température de 18 °C, point de rosée de 14 °C et calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure, cumulonimbus noyés dans d'autres couches nuageuses.

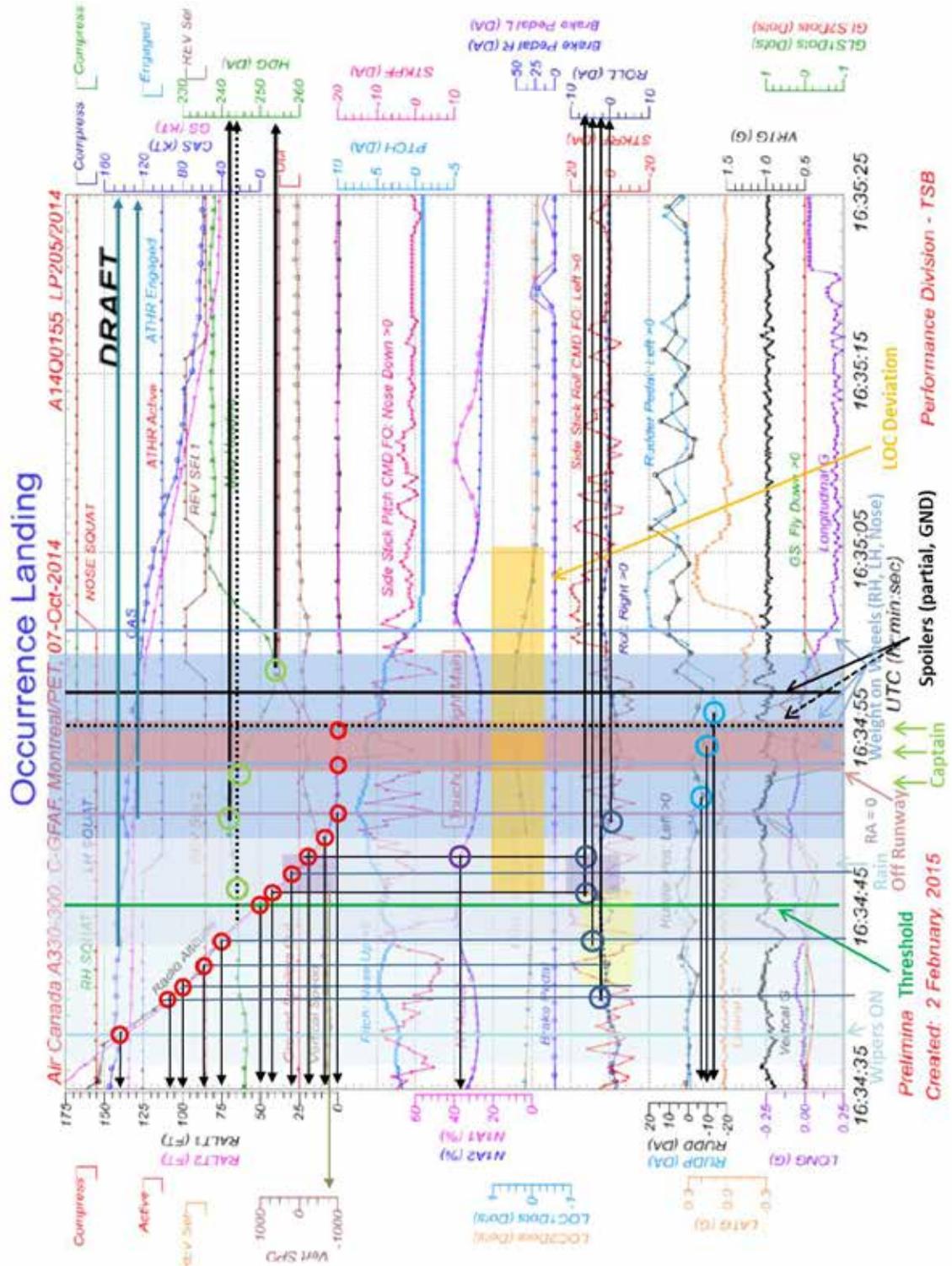
**ATIS avec renseignements Whiskey émis à 12 h 23 :** vent de 9 nœuds à 220 °M, visibilité de 10 sm, orage, quelques nuages à 3000 pieds agl, cumulonimbus 5000 pieds agl épars, 7000 pieds agl épars, 12 000 pieds agl fragmenté, température de 18 °C, point de rosée de 12 °C et calage altimétrique de 29,88 pouces de mercure.

**ATIS avec renseignements X-Ray émis à 12 h 30 :** vent de 6 nœuds à 260°M, visibilité de 2 sm, orage, pluie faible, quelques nuages à 1000 pieds agl, couche nuageuse à 2500 pieds agl fragmentée, cumulonimbus 5000 pieds agl couvert, température de 17°C, point de rosée de 12 °C et calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure.

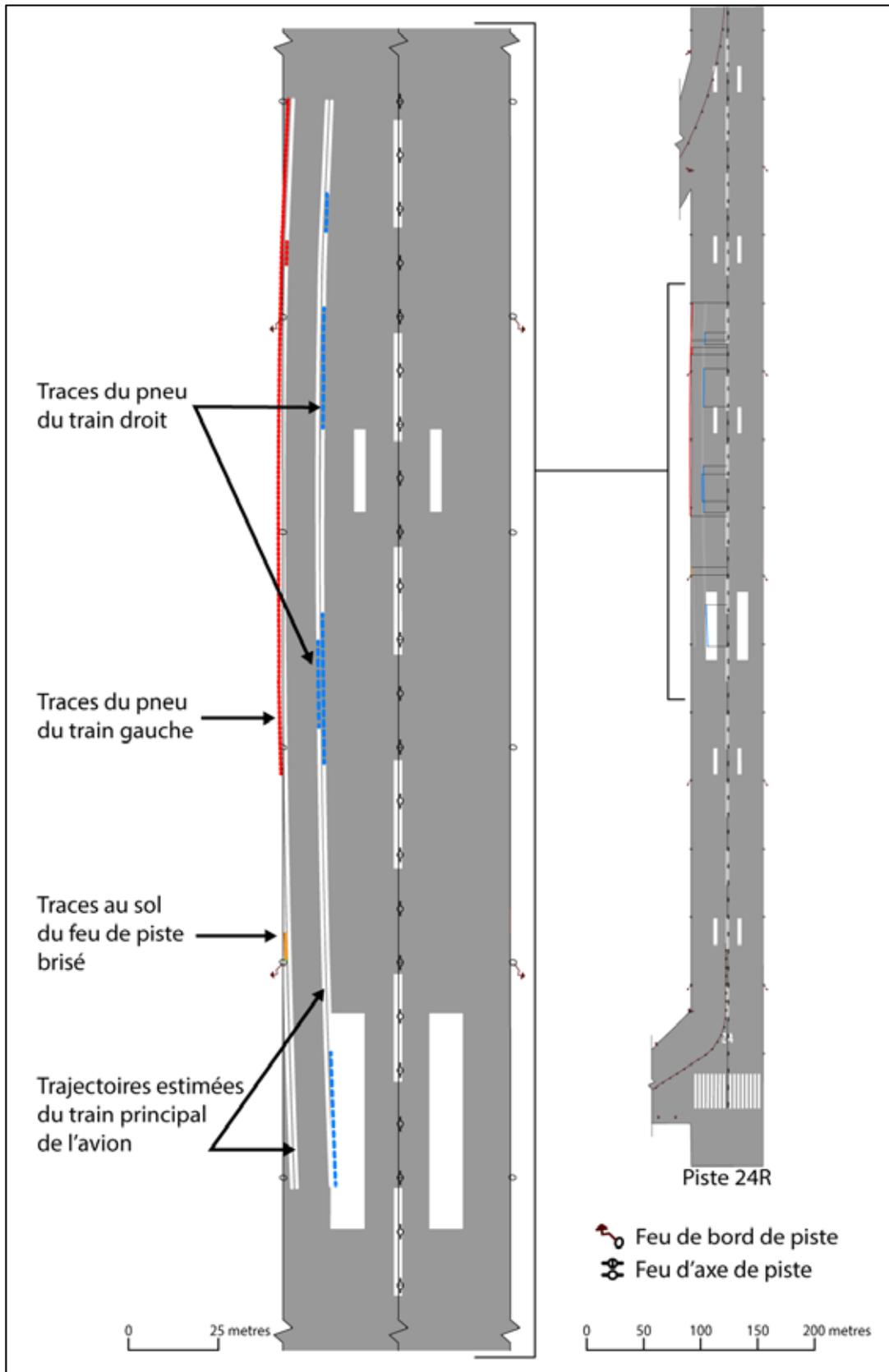
**ATIS avec renseignements Yankee émis à 12 h 36 :** vent de 18 nœuds avec rafales 27 nœuds à 290 °M, variable entre 200 °M et 280 °M, visibilité de 3 sm, orage, pluie faible, quelques nuages à 1200 pieds agl, couche nuageuse à 2500 pieds agl fragmentée, cumulonimbus, 4800 pieds agl couvert, température de 14 °C, point de rosée de 10 °C et calage altimétrique de 29,89 pouces de mercure.

# Annexe C – Tracé de l'enregistreur de données de vol

[en anglais seulement]



### Annexe D – Examen des lieux



## Annexe E – Faits saillants de l'événement

Heure	Événement	Radar altitude (pieds agl)	Distance du seuil (pieds)	Vitesse (nœuds)	Inclinaison (°)	Cap (°M)	Dérive (°)
1232:29.5	Autorisation d'atterrir						
1234:12.0	Tour informe le vol du vent 300°M à 18, rafale à 24 nœuds	600	-9369				
1234:38.0	Essuie-glaces en marche	130	-1810	149		246	-7
1234:40.0	Début du pompage piloté (PIO)	115	-1337		-2.0		
1234:42.1	Appel automatique 100 pieds agl	85	-790	147	0.0	245	-5.6
1234:43.0	Augmentation de l'intensité du vent	75	-570	144	-4.0	245	-5.7
1234:45.4	Survol du seuil de piste à 50 pieds agl	50	0	142	0.0	243	-6.2
1234:46.0	Début de déviation de l'axe de piste	40	150	143	-6.0	244	-6
1234:47.0	Appel automatique 30 pieds agl	30	380	136	-6.0	242	-6.5
1234:48.3	Manette de poussée au ralenti	18	658	135	-5.5	243	-6.4
1234:49.0	Intensité maximale de l'averse	9	800		-2.0		-6.5
1234:49.6	Appel automatique « RETARD »	3	934	138	0.0	242	-6.6
1234:50.5	Radar altimètre à 0 pied	0	1134	140	-0.5	242	-7.1
1234:51.2	PM constate la dérive de l'avion			135	-0.5	244	-8.8
1234:51.4	Pneus arrière du bogie droit au sol		1332	137	-0.5	242	-7.8
<b>1234:52.4</b>	<b>Pneu n° 4 percute le premier feu de bord de piste</b>		1538	136	-0.5	244	-8.5
	Pneus du bogie gauche au sol		1561		-0.5		
1234:52.8	PM ordonne de virer à droite		1619		1.0		
1234:53.2	Première trace de pneu dans le gazon		1708	134		245	-9.1
1234:53.3	Feu de bord de piste percuté		1718		2.0		-9.1
1234:53.3	Compression du bogie droit		1734	134		246	-9.1
1234:55.1	PM ordonne de virer à droite		2113	126		249	
1234:55.2	Feu de bord de piste est percuté		2130	125		249	
1234:55.2	Compression du bogie gauche						
<b>1234:55.5</b>	<b>Dernière trace de pneu dans le gazon</b>		2215	126		250	
1234:57.7	Bruit de la pluie cesse		2653	126		254	
1235:02.1	Compression de la roue de nez		3515	117		244	
1235:05.5	L'avion revient sur l'axe de piste		4097	107		237	

## Légende

Début, intensité maximale et fin de l'averse de pluie



Déviation par rapport à l'axe de piste



Séquence de poser des roues de l'aéronef



Début et fin de la sortie de piste