



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada

# RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A16Q0020



## **Difficulté temporaire relative à la maîtrise de l'aéronef**

Jazz Aviation LP (s/n Air Canada Express)

DHC-8-102, C-GJMO

Aéroport de Mont-Joli (Québec)

3 février 2016

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.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

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

Rapport d'enquête aéronautique A16Q0020

No de cat. TU3-5/16-0020F-PDF  
ISBN 978-0-660-09159-4

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 d'améliorer la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

## Rapport d'enquête aéronautique A16Q0020

### **Difficulté temporaire relative à la maîtrise de l'aéronef**

Jazz Aviation LP (s/n Air Canada Express)

DHC-8-102, C-GJMO

Aéroport de Mont-Joli (Québec)

3 février 2016

### *Résumé*

L'aéronef DHC-8-102 (immatriculé C-GJMO, numéro de série 079) de Jazz Aviation LP (faisant affaire sous le nom d'Air Canada Express) effectuait le vol 8964 (JZA8964) de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (Québec) à destination de l'aéroport de Mont-Joli (Québec) avec 24 passagers et 3 membres d'équipage à bord. À 18 h 52, heure normale de l'Est, le centre de contrôle régional de Montréal a autorisé le JZA8964 à effectuer une approche en navigation de surface (RNAV) vers la piste 06 à Mont-Joli. Alors qu'il franchissait 2480 pieds au-dessus du niveau de la mer en descente et train d'atterrissage sorti, l'aéronef a rencontré de la turbulence modérée. La vitesse maximale train d'atterrissage sorti a été dépassée et le pilote aux commandes a débrayé le pilote automatique. Il lui a été temporairement difficile de maîtriser l'aéronef, mais il a été en mesure de maintenir le profil d'approche et de procéder à l'atterrissage sans autre difficulté. Ensuite, l'aéronef a roulé normalement jusqu'à l'aérogare, où les passagers ont pu descendre. Il n'y a eu aucun blessé et l'aéronef n'a subi aucun dommage. L'événement s'est déroulé durant les heures d'obscurité.

*This report is also available in English.*

## Table des matières

1.0	Renseignements de base .....	4
1.1	Déroulement du vol.....	4
1.2	Victimes .....	6
1.3	Dommmages à l'aéronef.....	6
1.4	Autres dommages.....	7
1.5	Renseignements sur le personnel.....	7
1.6	Renseignements sur l'aéronef.....	7
1.6.1	Certification en conditions de givrage.....	8
1.6.2	Circuit de dégivrage des surfaces.....	9
1.6.3	Décrochage de l'empennage.....	10
1.7	Renseignements météorologiques .....	10
1.7.1	Synopsis.....	11
1.7.2	Prévision de zone graphique.....	11
1.7.3	Sondages en altitude.....	14
1.7.4	Prévisions d'aérodrome et messages d'observation météorologique régulière pour l'aéroport de Mont-Joli.....	16
1.8	Aides à la navigation.....	17
1.9	Communications .....	17
1.9.1	Diffusion du message de renseignements météorologiques significatifs 18.....	17
1.10	Renseignements sur l'aérodrome.....	18
1.11	Enregistreurs de bord .....	18
1.11.1	Enregistreur de conversations de poste de pilotage.....	18
1.11.2	Enregistreur de données de vol.....	19
1.12	Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	21
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	21
1.14	Incendie.....	21
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	22
1.16	Essais et recherches.....	22
1.16.1	Rapports de laboratoire du Bureau de la sécurité des transports du Canada.....	22
1.17	Renseignements sur l'entreprise et sur la gestion.....	22
1.17.1	Jazz Aviation LP.....	22
1.18	Renseignements supplémentaires.....	24
1.18.1	Conscience situationnelle.....	24
1.19	Techniques d'enquête utiles ou indiquées.....	25
2.0	Analyse.....	26
2.1	Généralités .....	26
2.2	Déclaration obligatoire d'un incident et conservation des éléments de preuve.....	26
2.3	Conditions météorologiques .....	27
2.4	Descente et approche.....	28

2.4.1	Givrage.....	29
2.4.2	Radiotransmission de renseignements météorologiques significatifs.....	30
2.4.3	Turbulence, cisaillement du vent et dépassement de la vitesse maximale train d'atterrissage sorti.....	30
2.5	Difficulté de maîtrise de l'aéronef.....	31
2.6	Données de l'enregistreur de données de vol.....	31
2.6.1	Blocage de gouverne de profondeur.....	32
2.6.2	Réponse de l'aéronef aux commandes.....	32
2.6.3	Décrochage de l'empennage.....	32
2.6.4	Réponse de l'aéronef aux conditions météorologiques.....	33
2.7	Perception liée à l'efficacité de la commande de profondeur.....	33
3.0	Faits établis.....	35
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	35
3.2	Faits établis quant aux risques.....	35
3.3	Autres faits établis.....	35
4.0	Mesures de sécurité.....	37
4.1	Mesures de sécurité prises ou problème de sécurité.....	37
4.1.1	Mesures de sécurité prises.....	37
	<b>Annexes.....</b>	<b>38</b>
	Annexe A - Données d'approche.....	38
	Annexe B - Prévision de zone graphique.....	39
	Annexe C - Renseignements météorologiques significatifs J8.....	43
	Annexe D - Sondages tracés sur téphigrammes.....	44
	Annexe E - Prévisions d'aérodrome et messages d'observation météorologique régulière pour l'aéroport de Mont-Joli (CYYY).....	45
	Annexe F - Données de l'enregistreur de données de vol.....	48

## 1.0 Renseignements de base

### 1.1 Déroulement du vol

Le jour de l'événement à l'étude, l'équipage a effectué le vol 8697 (JZA8697) de l'aéroport de Sept-Îles (CYZV) (Québec) à destination de l'aéroport international Pierre-Eliot-Trudeau de Montréal (CYUL) (Québec) où il a atterri à 16 h 31<sup>1</sup>. Au cours de ce vol, l'équipage de conduite a discuté des conditions météorologiques et de leurs possibles répercussions sur le vol 8964 (JZA8964) que l'équipage allait ensuite effectuer à destination de l'aéroport de Mont-Joli (CYYY) (Québec).

Pendant qu'il était au sol à CYUL, l'équipage a étudié les prévisions météorologiques pour le vol à l'étude, dont le décollage était prévu pour 17 h 45. Ces prévisions annonçaient du givre transparent de forte intensité et de la turbulence près de CYYY provoqués par un front chaud approchant de l'ouest. Comme le système météorologique semblait se déplacer plus rapidement que prévu, l'équipage a communiqué ses préoccupations sur les conditions possibles conditions de givrage à CYYY au régulateur de vol de la compagnie, ainsi que sur la possibilité que le vol de retour à CYUL ne pourrait pas partir en raison de la zone de pluie verglaçante qui pourrait affecter à l'aéroport au moment où l'aéronef serait cédulé à décoller de CYYY. Comme les conditions météorologiques restaient conformes aux exigences de la législation et de la compagnie sur la régulation des vols, l'équipage et le régulateur de vol ont convenu que le vol pouvait se dérouler comme prévu.

À 17 h 57, le JZA8964 a décollé de CYUL avec 24 passagers et 3 membres d'équipage à bord. Le commandant de bord (CdB) était le pilote aux commandes (PF) et le premier officier était le pilote surveillant (PM). Après le décollage, l'aéronef a été mis en palier momentanément à 5300 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl)<sup>2</sup> avant de continuer sa montée et d'atteindre son altitude de croisière au niveau de vol 250<sup>3</sup> à 18 h 32. À 18 h 38, alors qu'il se trouvait à 119 milles marins (nm) à l'ouest de CYYY, l'aéronef a amorcé la descente pour une approche en navigation de surface directe vers la piste 06, comme prévu. Afin de réduire au minimum l'exposition au givrage et à la turbulence, l'équipage a décidé d'effectuer une descente plus raide.

À 18 h 43, le contrôleur du centre de contrôle régional de Montréal a demandé aux membres de l'équipage s'ils étaient au courant des renseignements météorologiques significatifs (SIGMET)<sup>4</sup> J8 qui signalaient une zone de pluie verglaçante et de fort givrage sous 6000 pieds

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale de l'Est (temps universel coordonné [UTC] moins 5 heures), sauf indication contraire.

<sup>2</sup> Les altitudes sont exprimées en pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), sauf indication contraire.

<sup>3</sup> Le niveau de vol (FL) est l'altitude exprimée en centaines de pieds qui est indiquée sur un altimètre calé à 29,92 pouces de mercure ou 1013,2 hectopascals.

<sup>4</sup> Le SIGMET est un message émis par un centre de veille météorologique pour avertir les pilotes de la présence ou de l'imminence d'un phénomène météorologique particulier susceptible de nuire à la sécurité d'exploitation des aéronefs, et pour les informer de l'évolution des phénomènes de ce

au-dessus du sol (agl) dans un secteur situé à 30 nm à l'ouest de CYYY. Le PM a répondu qu'ils avaient vu la zone sur la prévision de zone graphique (GFA).

À 18 h 48, à environ 55 nm de CYYY, le JZA8964 a été mis en palier à 14 000 pieds pour quelque 3 minutes afin de demeurer à l'écart des nuages et de la turbulence. L'équipage a réduit la vitesse anémométrique approximativement de 200 à 170 KCAS<sup>5</sup> afin de ne pas avoir à effectuer une procédure d'attente parce qu'un aéronef s'approchait de l'est vers CYYY.

À 18 h 51, à 50 nm de CYYY, la descente a repris à un taux moyen de 1100 pieds par minute (pi/min).

À 18 h 50, le PM a communiqué avec le service radio de Mont-Joli pour demander le compte rendu météorologique du pilote d'un aéronef en approche qui le précédait. Cet aéronef, en provenance de CYZV, se trouvait en approche de la piste 24. Lorsqu'on a posé la question à l'équipage de l'aéronef qui approchait, il avait confirmé avoir rencontré de la turbulence à 4000 pieds et établi le contact visuel avec l'aéroport à 2200 pieds. Interrogé sur l'entrée dans la couche de nuages et la possibilité de givrage, l'équipage a répondu « 11 000 pieds » sans plus de détails.

À 18 h 52, le centre de contrôle régional de Montréal a autorisé le JZA8964 à effectuer une approche vers CYYY et a transféré le vol au service radio de Mont-Joli. Lors du contact initial, l'équipage a confirmé la position de l'aéronef à 12 nm du point de cheminement d'approche initiale EPMAL et la planification d'une approche en navigation de surface vers la piste 06 (Annexe A).

À 18 h 56, le service radio de Mont-Joli a demandé à l'équipage du JZA8964 s'il était au courant du SIGMET J8, ce à quoi il a été répondu par l'affirmative. Deux minutes plus tard, le service radio de Mont-Joli a diffusé le SIGMET J8, en français et en anglais, sur la fréquence obligatoire.

À 19 h, le PF a demandé si la diffusion d'un SIGMET en direct était une procédure normale. Le service radio de Mont-Joli a répondu que ce l'était à propos de tous les SIGMET à l'intérieur d'un rayon de 20 nm de l'aéroport. Le PF a signalé qu'une telle diffusion constituait une distraction dans un moment de charge de travail accrue en préparation d'une approche aux instruments. Quelques secondes après cette discussion, l'aéronef a franchi le point de cheminement d'approche intermédiaire APNAM alors qu'il franchissait 4300 pieds en descente à une vitesse d'environ 170 KCAS.

La puissance a été réduite au ralenti, le train d'atterrissage sorti et la vitesse stabilisée à environ 150 KCAS dans cette configuration, avec le pilote automatique en mode vitesse

---

type dans le temps et dans l'espace. Une fois émis, un message SIGMET modifie automatiquement la prévision de zone graphique (GFA) pertinente en cours.

<sup>5</sup> Vitesse corrigée en nœuds (KCAS). La KCAS est égale à la lecture de l'anémomètre corrigée en tenant compte des erreurs de position et des erreurs de l'instrument.

verticale (VS)<sup>6</sup>. À 19 h 1, la vitesse a graduellement augmenté jusqu'à 171 KCAS au fil de la descente de l'aéronef de 3340 à 2480 pieds.

À 19 h 1 min 39 s, l'aéronef a rencontré de la turbulence modérée<sup>7</sup> alors qu'il se trouvait à environ 6,1 nm du seuil de la piste 06 et franchissait 2480 pieds en descente. Quelques secondes plus tard, la vitesse maximale train d'atterrissage sorti ( $V_{LE}$ ) de 172 KCAS a été dépassée. Le PF a débrayé le pilote automatique, a mis immédiatement l'aéronef en palier et, une fois la vitesse ramenée à 160 KCAS, a repris la descente.

Pendant cette période de turbulence, le PF a senti un changement brusque dans la force de gouverne de profondeur qu'il a perçu comme une réduction d'efficacité de la commande de profondeur. L'équipage n'a pas déclaré d'urgence durant cet événement. Peu après, le PF a remarqué que le voyant de signalisation du boudin de dégivrage TAIL d'extrême gauche n'allumait pas. Étant donné la charge de travail associé avec l'approche, la procédure en cas de panne d'un boudin de dégivrage prescrit dans le *Quick Reference Handbook* (QRH) n'a pas été exécutée à ce moment.

À 19 h 3, la turbulence a décréu au moment où l'aéronef franchissait 1540 pieds en descente. À 1380 pieds, l'équipage a sorti les volets à 5°, puis à 15° à 970 pieds.

À 19 h 4, le JZA8964 a atterri normalement, puis a roulé jusqu'à l'aérogare où les passagers ont pu descendre. L'équipage n'a pas fait de compte rendu météorologique de pilote sur la turbulence ou le givrage. L'examen après vol de l'aéronef a montré que les surfaces critiques et la cellule étaient exemptes de contaminants et de givre. L'équipage a testé le système de dégivreur pneumatique et a constaté une indication d'une possible panne du boudin de dégivrage d'extrême gauche.

## 1.2 Victimes

Sans objet.

## 1.3 Dommages à l'aéronef

Le système de dégivreur pneumatique a été le sujet des tests par le personnel d'entretien le matin suivant, et aucune panne n'était trouvée.

---

<sup>6</sup> Le mode vitesse verticale (VS) du pilote automatique est utilisé pour sélectionner et maintenir le guidage vertical afin de conserver un taux de descente constant.

<sup>7</sup> La turbulence modérée est semblable à la turbulence légère mais de plus forte intensité. Des changements dans l'altitude et/ou l'assiette se produisent, mais le pilote maîtrise l'aéronef en tout temps. Elle cause généralement des variations dans la vitesse indiquée. La turbulence légère cause momentanément des changements faibles et irréguliers dans l'altitude et/ou l'assiette (tangage, roulis, lacet). Source : Transports Canada, TP 9352, *Manuel de météorologie du commandement aérien*, chapitre 11 : Vents et turbulence dans la couche limite, p. 11-14.



Comme il y avait eu un dépassement de la vitesse maximale train d'atterrissage sorti au cours du vol, le personnel de maintenance de la compagnie a aussi inspecté l'aéronef après l'atterrissage à CYYY et n'a constaté aucun dommage ni défaillance.

## 1.4 Autres dommages

Sans objet.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

Les dossiers indiquent que l'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur (tableau 1).

Tableau 1. Renseignements sur le personnel

	Pilote commandant de bord	Premier officier
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne	Licence de pilote professionnel
Date d'expiration du certificat médical	1 <sup>er</sup> avril 2016	1 <sup>er</sup> avril 2016
Heures totales de vol	14 200	1521
Heures de vol sur type	11 200	391
Heures de vol - 7 derniers jours	22,5	23,6
Heures de vol - 30 derniers jours	66,9	62,9
Heures de vol - 90 derniers jours	180,7	116,6
Heures de vol sur type - 90 derniers jours	180,7	116,6
Heures de service avant l'événement à l'étude	7 h 15 min	7 h 15 min
Heures de congé avant la période de travail	14 h 51 min	14 h 51 min

Le jour précédant le vol à l'étude, l'équipage a effectué une série de 5 vols qui a pris fin à CYZV vers 23 h. Le jour de l'événement à l'étude, l'équipage s'est présenté à l'aéroport à 13 h 30 pour le vol à destination de CYUL. L'équipage a bénéficié d'une période de repos conforme aux dispositions du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). L'équipage avait cumulé environ 7 heures et 15 minutes de service continu au moment de l'événement à l'étude. Rien n'indique que la fatigue, due à un manque de sommeil ou à des problèmes de santé, ait joué un rôle lors de l'événement à l'étude.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément aux règlements en vigueur et aux procédures approuvées (tableau 2) et était équipé d'un système radar météorologique.

Tableau 2. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	De Havilland (Bombardier)
Type, modèle et immatriculation	DHC-8-102
Année de construction	1987
Numéro de série	079
Date d'émission du certificat de navigabilité/ permis de vol	10 juin 1987
Type de moteur (nombre de moteurs)	Pratt & Whitney Canada PW120A (2)
Type d'hélice/ de rotor (nombre d'hélices)	Hamilton Standard 14SF-7 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	35 000 lb (15 876 kg)
Type(s) de carburant(s) recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

### 1.6.1 Certification en conditions de givrage

Conformément à l'article 23.1419 des *Federal Aviation Regulations*, l'aéronef est certifié pour le vol en conditions de givrage sous réserve qu'il soit exploité conformément au manuel de vol de l'avionneur.

Tous les aéronefs de la catégorie transport en service commercial au Canada doivent faire l'objet de divers essais et analyses pour satisfaire aux exigences de la norme énoncée à l'annexe C du chapitre 525 du *Manuel de navigabilité aérienne*. Cette norme, identique à l'annexe C (paramètres de conception relative au givrage) de la partie 25 des *Federal Aviation Regulations*, est universellement reconnue pour la certification d'exploitation en conditions de givrage de tous les aéronefs de la catégorie transport.

Les essais en vol incluent une manœuvre d'amorce de descente à 0 g<sup>8</sup> effectuée avec une accumulation de givre sur la queue de l'aéronef, à la fois dans des conditions de givrage naturelles et de formation de givre artificiel. La manœuvre requiert de pousser le manche vers l'avant afin d'abaisser le nez de l'aéronef et d'augmenter son taux de descente. Il est exigé de provoquer une accélération g négative pour produire un angle d'attaque négatif au niveau du stabilisateur horizontal dans le but de démontrer que l'aéronef ne présente pas de caractéristiques de décrochage. Pendant les essais, le DHC-8-102 n'a présenté aucun signe de décrochage de l'empennage.

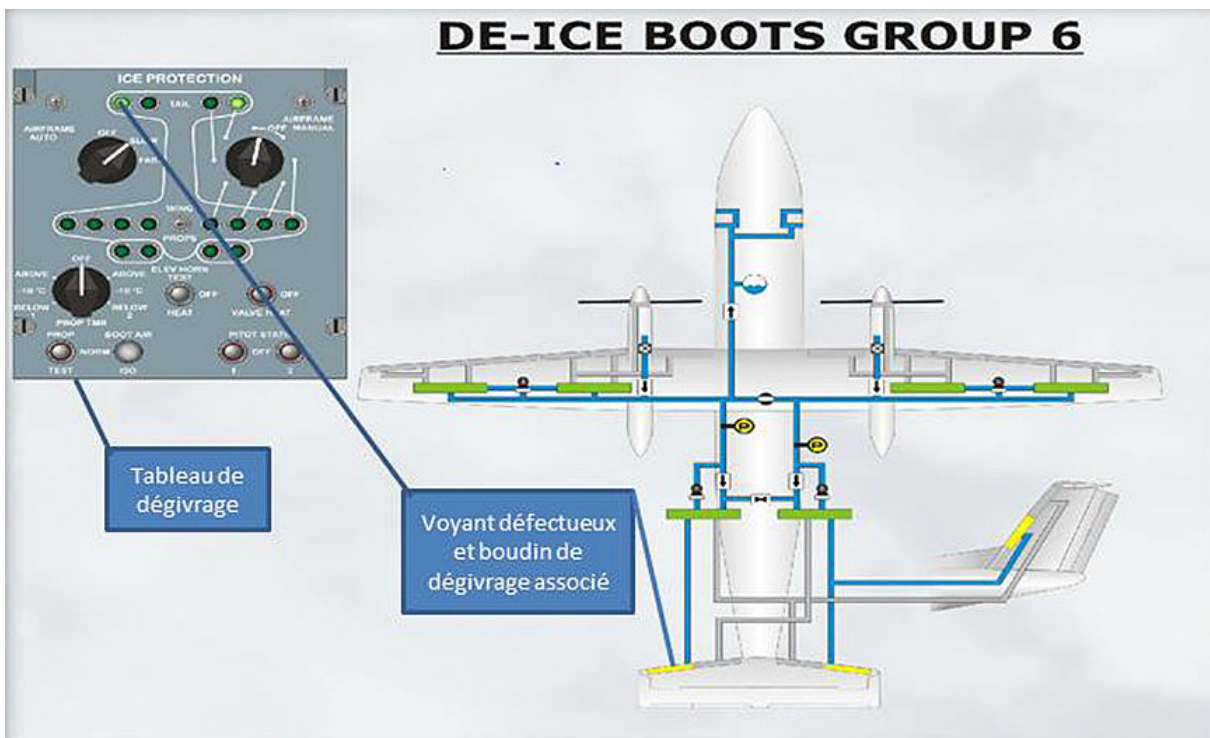
<sup>8</sup> La lettre « g » représente l'accélération causée par la force gravitationnelle.

### 1.6.2 Circuit de dégivrage des surfaces

Pour le protéger contre les conditions de givrage, le DHC-8-102 est muni de divers systèmes. Ainsi, des boudins de dégivrage gonflables garnissent le bord d'attaque des ailes, l'entrée des fuseaux moteurs et les stabilisateurs horizontal et vertical. Les boudins se dilatent grâce à l'air prélevé des moteurs et rompent le givre accumulé.

L'équipage déclenche automatiquement ou manuellement le gonflement des boudins de dégivrage et surveille ce processus en observant des voyants de signalisation verts intégrés à un schéma de l'aéronef sur le tableau supérieur (figure 1). Chaque voyant de signalisation du tableau de dégivrage s'allume lorsque le boudin qui lui est associé est complètement gonflé.

Figure 1. Dégivrage de la queue et de la voilure – Exploitation normale (Source : Jazz Learning System, école de formation au sol Dash8-300/100, Ice and Rain Protection, avec annotations du BST)



Le circuit de dégivrage fonctionne normalement si le manomètre double indique une pression de  $18 \pm 1$  livres par pouce carré (lb/po<sup>2</sup>). Le voyant d'avertissement DEICE PRESS s'allume si la pression chute sous 5,5 lb/po<sup>2</sup>. Rien n'indique que le voyant d'avertissement DEICE PRESS se soit allumé au cours du vol à l'étude.

Pendant l'approche, peu après la difficulté temporaire relative à la maîtrise de l'aéronef, le PF a remarqué que le voyant de signalisation du boudin de dégivrage TAIL d'extrême gauche n'allumait pas sur le tableau de dégivrage. Il a été impossible de déterminer le moment exact auquel ce voyant a cessé de fonctionner. Parce que l'aéronef était établi sur l'approche finale, et étant donné la charge de travail associée avec cette phase critique du vol, la procédure en cas de panne d'un boudin de dégivrage prescrit dans le QRH n'a pas été exécutée à ce moment.

Pour vérifier s'il y a accumulation de givre, on peut utiliser les phares d'inspection de la voilure et 2 lampes montées dans l'écran anti-éblouissement pour éclairer les essuie-glaces. L'équipage a vérifié le bon fonctionnement du système de dégivrage en effectuant un balayage visuel de la voilure et des essuie-glaces pendant l'approche et n'a pas remarqué d'accumulation importante de givre.

### 1.6.3 *Décrochage de l'empennage*

Un décrochage peut être provoqué par un stabilisateur horizontal sur lequel du givre s'est accumulé. En général, cela se produit immédiatement après la sortie des volets en position intermédiaire ou, plus couramment, après le déploiement d'une position intermédiaire à la sortie complète.

#### 1.6.3.1 *Symptômes de décrochage de l'empennage*

Habituellement, pendant ou après la sortie des volets, un ou plusieurs des symptômes suivants peuvent indiquer un décrochage de l'empennage :

[traduction] 1. Pulsations, oscillations ou vibrations de la commande de profondeur\*

2. Changement anormal de compensation en piqué\*

3. Toute autre anomalie de tangage inhabituel ou anormal (entraînant possiblement des oscillations provoquées par le pilote)\*

4. Réduction ou perte d'efficacité de la gouverne de profondeur

5. Changement brusque dans la force de gouverne de profondeur (la commande passerait en piqué si non retenue)

6. Tangage en piqué brusque et intempestif

\* Si le pilote automatique est embrayé, le pilote pourrait ne pas s'en apercevoir<sup>9</sup>.

## 1.7 *Renseignements météorologiques*

Environnement Canada a réalisé une analyse exhaustive des conditions météorologiques qui ont perturbé la zone de CYYY au moment de l'événement à l'étude. Les parties suivantes du rapport sont fondées sur cette analyse<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Federal Aviation Administration (FAA), circulaire d'information AC 91-51A (17 juillet 1996), "Effect of Icing on Aircraft Control and Airplane Deice and Anti-Ice Systems", annexe 2.

<sup>10</sup> Environnement Canada, évaluation météorologique (3 février 2016), Mont-Joli (Québec); préparée par le Service météorologique du Canada, Direction générale des prévisions et services météorologiques et environnementaux, 31 mars 2016.

### 1.7.1 *Synopsis*

À 13 h, le 3 février 2016, un important système de basse pression était centré sur le nord-est du Lac Huron. À partir de ce système, un front chaud s'étendait vers l'est jusque dans le sud du Québec, et selon les prévisions, devait se déplacer vers le nord-est à 25 nœuds. À certains endroits le long et en avant du front chaud, on signalait déjà de la pluie verglaçante et du grésil. Certains endroits beaucoup plus éloignés (comme en Gaspésie, sur la Côte-Nord du Québec et au Nouveau-Brunswick) rapportaient de la neige légère.

Avant 19 h, le 3 février 2016, le système dépressionnaire se trouvait au-dessus de l'ouest du Québec et le front chaud s'était déplacé légèrement vers le nord. Trois aérodromes<sup>11</sup> signalaient du grésil mêlé à de la neige légère; les vents de surface soufflaient encore de l'est-sud-est en avant du front chaud.

### 1.7.2 *Prévision de zone graphique*

Les prévisions de zone graphique (GFA) sont émises 4 fois par jour et leur période de validité est de 12 heures. Chaque prévision comprend 6 cartes : 2 cartes valides au début de la période de prévision, 2 cartes valides 6 heures plus tard et 2 autres valides 12 heures plus tard. Deux cartes sont émises pour chaque période indiquée : 1 carte décrit les nuages et les conditions météorologiques, et l'autre décrit le givrage, la turbulence et le niveau de congélation. Les 2 cartes représentent des éléments météorologiques prévus ayant des répercussions sur le vol à une heure donnée au-dessus d'une zone particulière.

Les cartes sur les nuages et les conditions météorologiques émises à 12 h 32 et valides à 19 h montraient un système dépressionnaire situé au-dessus du sud-ouest du Québec se déplaçant vers le nord-est à 20 nœuds (voir les cartes correspondantes émises à la date de l'événement à l'annexe B).

En avant du système en approche, les prévisions étaient les suivantes :

- plafonds couverts à 3000 pieds et sommets à 18 000 pieds;
- visibilité variant de  $\frac{3}{4}$  à 2 milles terrestres (sm) dans la neige légère;
- plafonds étendus de 400 à 600 pieds agl;
- altocumulus castellanus (ACCAS)<sup>12</sup> occasionnels avec sommets à 24 000 pieds réduisant la visibilité à  $\frac{1}{2}$  sm, averses de neige et poudrière élevée.

Dans la zone située en avant du front chaud associé en approche de CYYY, les prévisions étaient les suivantes :

- visibilité de 2 à 6 sm dans le grésil léger;

<sup>11</sup> CYZV, CYYY et Roberval (CYRJ).

<sup>12</sup> L'altocumulus castellanus est un nuage qui comprend des tourelles bien définies qui se développent vers le haut. Ce nuage suggère de l'instabilité considérable dans la couche nuageuse; peut se transformer en cumulonimbus. Transports Canada TP 9352, *Manuel de météorologie du commandement aérien*, chapitre 8 : La formation des nuages et des précipitations, p. 8-19.

- légère pluie verglaçante et brume;
- plafonds étendus de 600 à 1200 pieds agl.

Derrière le front chaud, les prévisions étaient les suivantes :

- visibilité de 4 à 6 sm dans de la pluie fine et de la brume;
- plafonds étendus de 400 à 800 pieds agl;
- ACCAS occasionnels avec sommets à 24 000 pieds;
- visibilité de 2 sm dans des averses de pluie et de la brume;
- visibilité locale de 1 sm dans de la pluie verglaçante légère et de la brume.

La carte sur le givrage et la turbulence émise à 12 h 32 et valide à 19 h présentait une zone de fort givre transparent le long du front chaud, et ce, de la surface jusqu'à 3000 pieds et, en avant de cette zone, un givrage modéré mixte entre 3000 et 18 000 pieds. Dans la zone en avant du front chaud, les prévisions faisaient également état de turbulence modérée d'origine mécanique ainsi que due au cisaillement du vent à basse altitude entre la surface et 5000 pieds. Un fort courant-jet à basse altitude du sud-sud-ouest associé à une vitesse de pointe de 75 nœuds était localisé à l'est de CYYY (voir les cartes correspondantes émises à la date de l'événement à l'annexe B).

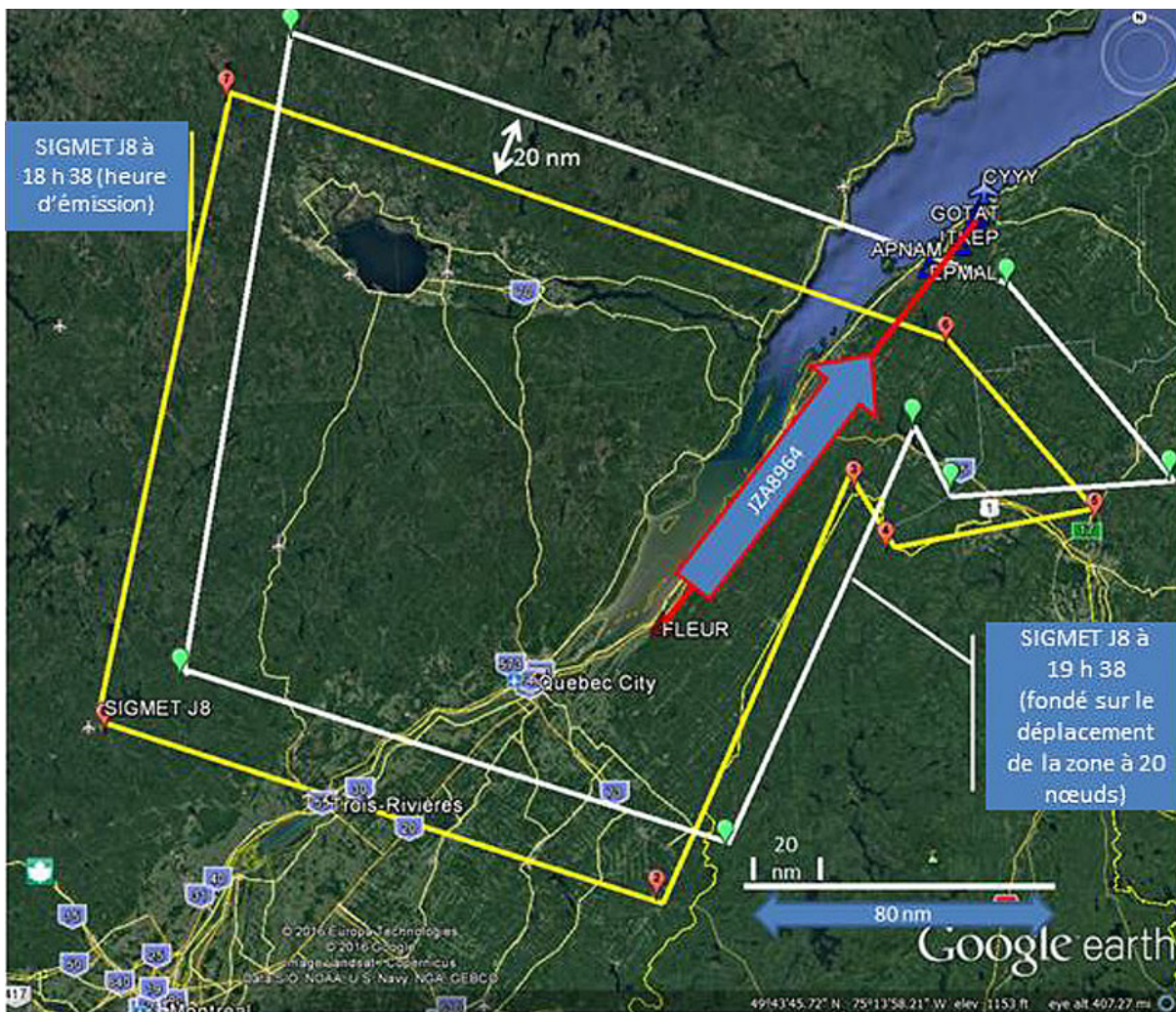
Pendant la descente vers CYYY, l'aéronef est entré dans les nuages juste sous les 14 000 pieds. Il n'y avait toujours pas d'éclaircie et l'équipage a décrit les nuages comme étant extrêmement denses. Selon les prévisions, ce système météorologique devait se déplacer vers le nord-est à environ 20 nœuds.

#### *1.7.2.1 Renseignements météorologiques significatifs*

Le soir de l'événement à l'étude, le centre de veille météorologique a émis le SIGMET J8 à 18 h 38 dont la période de validité commençait à 18 h 35. Le SIGMET présentait une zone de fort givrage, et ce, de la surface jusqu'à une altitude de 6000 pieds qui, selon les prévisions, devait se déplacer vers le nord-est à une vitesse de 20 nœuds. La figure 2 illustre la position approximative de la zone de pluie verglaçante et de fort givrage sous 6000 pieds agl, comme indiqué dans le SIGMET J8, alors que le JZA8964 était en approche de CYYY (voir le SIGMET J8 émis à la date de l'événement à l'annexe C).



Figure 2. Position approximative du SIGMET J8 et trajectoire de vol du JZA8964 (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



### 1.7.2.2 Vents en altitude

Les données fondées sur les prévisions de températures et de vents en altitude valides au moment de l'événement indiquaient, à 3000 pieds, des vents soufflant du 190° vrais (V) à 49 nœuds, alors que l'aéroport de Mont-Joli signalait des vents soufflant du 130° V à 10 nœuds. De 3000 pieds à la surface, cela représente un changement de direction de 60° et une réduction de vitesse du vent de 39 nœuds.

Selon le sondage de Sept-Îles<sup>13</sup> de 19 h le 3 février, il y avait un potentiel de cisaillement du vent à basse altitude en avant du front chaud puisque les vents soufflaient du sud-est en surface et du sud en altitude.

<sup>13</sup> « Sondage » est le terme du vocabulaire météorologique international qui désigne une observation effectuée directement ou indirectement dans l'atmosphère libre; ce terme désigne habituellement les observations qui sont utilisées dans l'analyse des cartes en altitude. Le sondage représente une

### 1.7.2.3 *Cisaillement du vent à basse altitude*

Un courant-jet à basse altitude est une nappe de vents forts de quelques milliers de milles de longueur, de centaines de milles de largeur et de centaines de pieds d'épaisseur qui se forme au-dessus de la couche limite. Il représente l'un des différents mouvements de l'air présents dans les niveaux inférieurs de l'atmosphère, qui, sous forme de turbulence, peuvent avoir un impact sur l'aéronef. Les courants-jets à basse altitude constituent aussi l'une des causes des dangereux cisaillements du vent à basse altitude.

Le cisaillement du vent est un changement de la vitesse et (ou) de la direction du vent sur une courte distance (courants ascendants et descendants compris). Le cisaillement du vent peut être causé par un vent dominant rencontrant un phénomène atmosphérique ou un obstacle physique qui produit un changement de la vitesse et (ou) de la direction du vent<sup>14</sup>. Une variation brusque de la configuration des vents se traduit par un changement rapide de la vitesse anémométrique de l'aéronef. Lorsque le cisaillement, résultant d'une augmentation ou d'une diminution rapide du vent de face ou arrière, respectivement, cause une augmentation de la vitesse anémométrique, le cisaillement est classé en tant que cisaillement positif important<sup>15</sup>.

### 1.7.3 *Sondages en altitude*

Le téphigramme de Sept-Îles<sup>16</sup> trace le sondage le plus proche et le plus représentatif de la masse d'air en avant du front chaud.<sup>17</sup> Le sondage de 19 h du 3 février 2016 a révélé un air saturé à partir de 2000 pieds environ jusqu'à 18 000 pieds, une saute de vent d'est en sud-ouest dans les niveaux inférieurs (premiers 5000 pieds) et un potentiel d'ACCAS avec des sommets atteignant environ 24 000 pieds. Le profil était également passablement saturé, indiquant un potentiel de givrage dans les nuages à partir d'environ 2000 pieds jusqu'à 18 000 pieds.

Le téphigramme de Caribou trace le sondage le plus proche et le plus représentatif de la précipitation verglaçante à proximité du front chaud.<sup>18</sup> Le sondage de 19 h du 3 février 2016 a révélé un air saturé à partir de 1500 pieds environ jusqu'à 15 000 pieds et une saute de vent du sud-est au sud-ouest dans les niveaux inférieurs (premiers 3000 pieds). Le profil indiquait un potentiel d'ACCAS avec des sommets atteignant 20 000 pieds. Il s'était également formé

---

mesure des distributions verticales des éléments suivants : pression, température, humidité relative ainsi que vitesse et direction des vents.

<sup>14</sup> Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document numéro 9817 AN/449, *Manuel sur le cisaillement du vent à basse altitude*, 1<sup>re</sup> édition 2005, chapitre 1, paragraphe 1.1.

<sup>15</sup> Transports Canada, TP 9352, *Manuel de météorologie du commandement aérien*, chapitre 11 : Vents et turbulence dans la couche limite.

<sup>16</sup> « Téphigramme » est le terme du vocabulaire météorologique international qui désigne un diagramme thermodynamique ayant pour coordonnées la température et le logarithme de la température potentielle et servant à l'analyse et aux prévisions des conditions météorologiques.

<sup>17</sup> Sept-Îles est situé à environ 124 nm est de CYYY.

<sup>18</sup> Caribou est situé à quelque 97 nm au sud de CYYY.



une couche au-dessus du point de congélation couvrant une couche sous le point de congélation. Cela donnait une bonne indication de la précipitation verglaçante et du potentiel de fort givre transparent. Le sondage de Caribou montrait aussi des vents forts soufflant du sud à 50 à 60 nœuds à 4000 pieds agl (voir les sondages en altitude émis à la date de l'événement à l'annexe D).

### 1.7.3.1 Radar météorologique

Les données du radar météorologique de Val d'Irène (Québec), situé à environ 24 nm au sud-est de CYYY, affichaient des bandes de précipitations balayant la Gaspésie entre 19 h et 19 h 40. En particulier, les images montraient 2 zones d'activité convective distinctes situées près de Mont-Joli et vers le sud-ouest (figures 3 et 4).

Figure 3. Image radar de 18 h 50 (23 h 50 UTC) le 3 février 2016 (Source : Environnement Canada, avec annotations du BST)

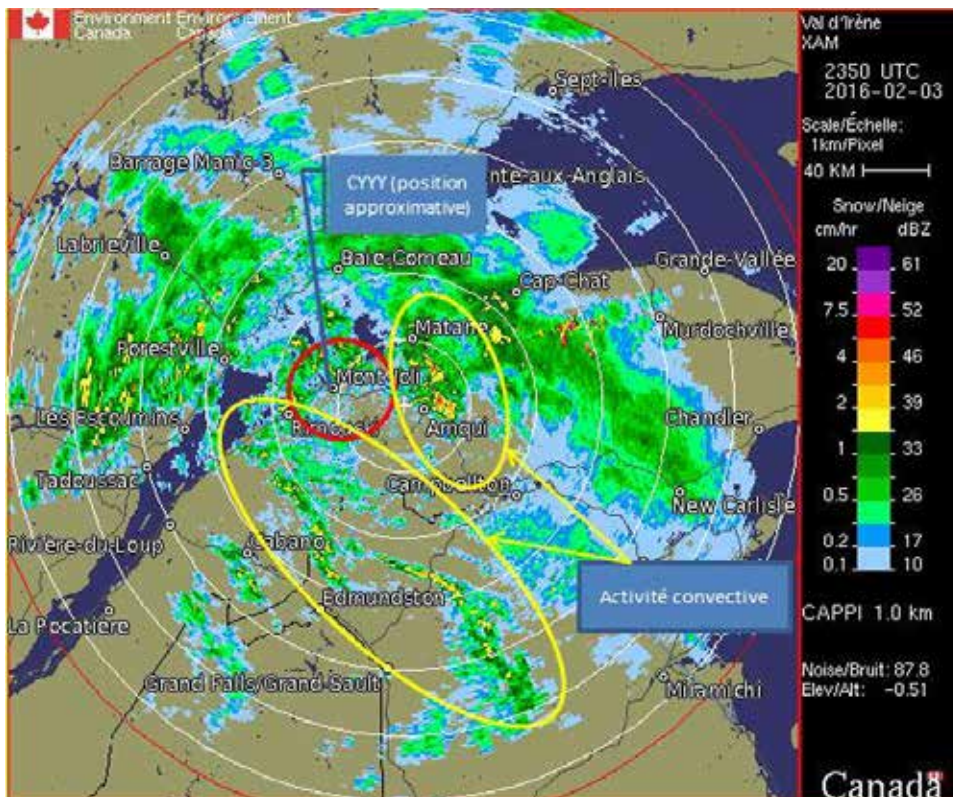
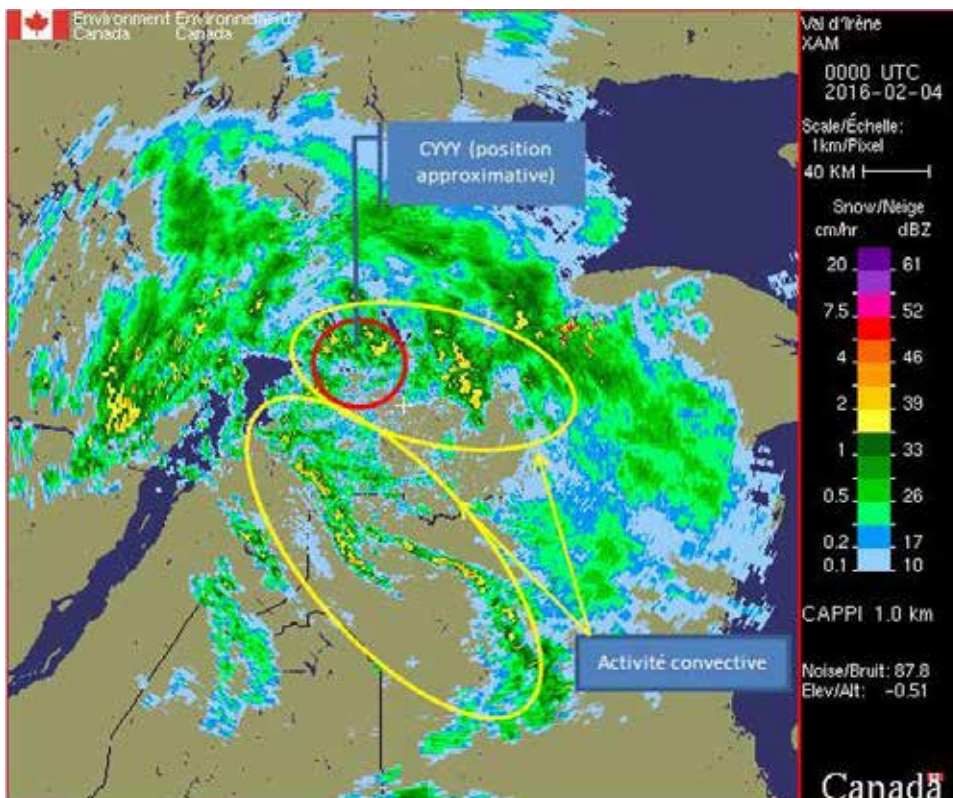


Figure 4. Image radar de 19 h (0 h UTC) le 3 février 2016 (Source : Environnement Canada, avec annotations du BST)



#### 1.7.4 Prévisions d'aérodrome et messages d'observation météorologique régulière pour l'aéroport de Mont-Joli

Les messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) pour CYYY sont disponibles 24 heures sur 24. Le METAR pour CYYY émis à 18 h le 3 février 2016 indiquait : vents soufflant du 100° V à 8 nœuds, visibilité de 1 ¼ sm dans la neige légère, plafond nuageux à 1800 pieds agl, température de -8 °C, point de rosée de -10 °C et calage altimétrique à 29,96 pouces de mercure.

À 18 h 38, environ 30 minutes avant l'atterrissage de l'aéronef, un message d'observation météorologique spéciale (SPECI) a été émis qui indiquait : vents soufflant du 130° V à 10 nœuds, visibilité de 3 sm dans de la neige légère et du grésil, plafond nuageux à 1800 pieds agl, température de -7 °C, point de rosée de -10 °C et calage altimétrique à 29,93 pouces de mercure. Le METAR de 19 h, émis 4 minutes avant l'atterrissage de l'aéronef, comprenait des informations de visibilité et de type de précipitation similaires au précédent.

Les conditions météorologiques sont restées stables pendant les 2 heures suivantes, les précipitations passant d'un mélange de neige et de grésil à du grésil seulement avant 21 h. CYYY a été le premier aéroport à signaler de la pluie verglaçante à 21 h 47.

Les prévisions d'aérodrome (TAF) fournissent une description des conditions météorologiques les plus probables pour les opérations aériennes dans un rayon de 5 nm autour d'un aérodrome. Elles sont modifiées si elles ne correspondent plus aux conditions en cours ou prévues (autrement dit, s'il y a amélioration ou dégradation). (Voir les METAR et TAF émis pour CYYY à la date de l'événement à l'annexe E.)

La TAF émise pour CYYY à 14 h 38 le 3 février, qui était valide de 15 h à 3 h le 4 février 2016, indiquait une visibilité dominante de 1 sm dans de la neige légère avec un plafond couvert à 1500 pieds agl. Une modification temporaire de la visibilité dominante et du plafond était prévue pour la période de 15 h à 18 h, soit : diminution de la visibilité jusqu'à ¾ sm dans de la neige légère avec un plafond obscurci à 800 pieds agl. Une modification permanente de la visibilité dominante et du plafond était prévue à partir de 18 h, soit : augmentation de la visibilité à 1 ½ sm dans de la neige légère et du grésil avec un plafond couvert à 1000 pieds agl. On prévoyait une visibilité dominante temporaire pour la période de 18 h à 23 h de 3 sm dans de la pluie verglaçante légère et de la brume, la pluie verglaçante se changeant en pluie après 23 h.

Une première TAF modifiée pour CYYY émise à 15 h 26 indiquait une modification de la visibilité dominante à 2 sm au début de la période. À 18 h 37, une deuxième TAF modifiée a été émise pendant que l'aéronef était en vol. Cette TAF modifiait, pour la période de 18 h à 22 h, la visibilité dominante à 3 sm dans de la neige légère, du grésil et de la brume avec un plafond couvert à 1000 pieds agl. Il était maintenant prévu que la pluie verglaçante commencerait après 22 h.

## 1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9 Communications

CYYY est un aéroport non contrôlé situé en espace aérien de classe E, au centre d'une zone d'utilisation de fréquence obligatoire (MF) d'un rayon de 5 nm et s'élevant jusqu'à 3200 pieds. La station d'information de vol (FSS) de Mont-Joli fournit des renseignements sur les phases d'arrivée, de départ et de traversée à l'intérieur de la zone MF.

### 1.9.1 Diffusion du message de renseignements météorologiques significatifs J8

En ce qui concerne la FSS, les procédures définies dans le *Manuel d'exploitation, Services d'information de vol*, de NAV CANADA, se lisent comme suit :

Émettez une alerte SIGMET [...] toutes les fois qu'une partie ou l'autre de la zone décrite dans le SIGMET se trouve dans votre zone de responsabilité ou pourrait affecter un aéronef dans votre zone de responsabilité. Il faut émettre l'alerte sur toutes les fréquences, sauf les fréquences d'urgence pour les zones touchées :

A. dès la réception du message; ou

## B. à l'heure de validité d'un SIGMET prévisionnel<sup>19</sup>.

Le centre de veille météorologique a émis le SIGMET J8 à 18 h 38. Ce dernier était valide de 18 h 35 à 22 h 35 le 3 février 2016 et concernait une zone s'étendant jusqu'à 30 nm à l'ouest de CYYY au moment de l'émission.

Vers 18 h 58, la radio de Mont-Joli a diffusé le SIGMET J8 dans la zone MF. Cette diffusion a duré quelque 90 secondes pendant lesquelles l'aéronef ne pouvait pas transmettre sur la fréquence.

### 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport CYYY est situé sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, à environ 0,6 nm du rivage. L'aéroport compte 2 pistes asphaltées, identifiées 06/24 et 15/33. Au moment de l'événement à l'étude, la piste 06/24 (5000 pieds de long sur 150 pieds de large) était en service, et la 15/33 était fermée pour l'hiver.

### 1.11 Enregistreurs de bord

#### 1.11.1 Enregistreur de conversations de poste de pilotage

L'aéronef était muni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) avec une durée nominale d'enregistrement de 30 minutes. Le CVR était conforme aux exigences du RAC. L'incident s'est produit vers 19 h 1 et l'aéronef a atterri à 19 h 4.

Selon le manuel d'exploitation de Jazz Aviation LP, il faut ouvrir le disjoncteur du CVR après l'arrivée à la porte lors de toute étape d'un vol au cours duquel un accident ou un incident s'est produit<sup>20</sup>. Or, le disjoncteur n'a pas été ouvert après le vol à l'étude et le CVR n'a pas été éteint. Par conséquent, les conversations et les sons enregistrés dans le poste de pilotage pendant l'approche et l'atterrissage ont été écrasés.

Le *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* en vigueur au moment de l'incident<sup>21</sup> stipule que toute personne qui possède ou contrôle un élément de preuve pertinent concernant un incident doit le conserver et le protéger. Le CdB a informé la compagnie de l'événement après qu'il se soit produit; toutefois, le BST n'a été averti que le 9 février 2016, soit 6 jours après l'événement.

---

<sup>19</sup> NAVCANADA, *Manuel d'exploitation, Services d'information de vol*, 16 octobre 2014, partie 2 – Exploitation générale, Diffusions.

<sup>20</sup> Jazz Aviation LP, *Jazz Company Operations Manual*, révision 18 (1<sup>er</sup> avril 2015), alinéa 8.2.12: Flight Data Recorder (FDR) and Cockpit Voice Recorder (CVR) Information, p. 8.2-8.

<sup>21</sup> Paragraphe 8(1): « Toute 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. »

### 1.11.2 Enregistreur de données de vol

L'aéronef était doté d'un enregistreur de données de vol (FDR). Une fois que le CdB a informé le BST de l'événement le 9 février 2016, le BST a demandé de plus amples renseignements à la compagnie. Ces renseignements lui ont été remis le 12 février 2016. À la suite de l'événement, la compagnie a téléchargé les données du FDR pour son enquête interne le 25 février 2016. Après analyse de ces renseignements, le BST a demandé le fichier des données du FDR, qui a été expédié au Laboratoire d'ingénierie du BST la même journée pour examen. Ce fichier contenait plus de 470 heures de données enregistrées<sup>22</sup>. Le vol à l'étude du 3 février 2016 faisait partie des données, et ce, du démarrage à CYUL à l'arrêt à CYYY. Le 23 juin 2016, les données du FDR concernant le vol à l'étude ont été transmises à l'avionneur pour analyse.

Il n'y a pas de radar d'approche à CYYY; toutefois, les données radar des services de la circulation aérienne en route étaient disponibles jusqu'à 18 h 58, heure à laquelle l'aéronef a franchi les 6600 pieds en descente à 21 nm au sud-ouest de CYYY. Les données du FDR ont été synchronisées avec les enregistrements de communication des services de la circulation aérienne pour établir une référence UTC commune, ainsi que la distance séparant l'aéronef de la piste pendant l'approche finale. Certains des éléments clés de l'approche ont été réunis ci-après.

L'analyse de ces données a permis de dresser le profil d'approche, de déterminer la force du cisaillement et l'intensité de la turbulence rencontrés et d'évaluer la réponse de l'aéronef aux commandes (tableau 3).

Tableau 3. Chronologie des événements importants pendant l'approche

Légende		Heure UTC	Alt. asl (pieds)	Vitesse (nœuds)	Dist. est. (nm)
Début/fin conditions de givrage					
Début/fin rencontre de turbulence					
Début/fin dépassement $V_{LE}$					
VHF* 1 – Début discussion		23 h 59 min 35 s	4770	172	12
VHF* 1 – Fin discussion		0 h 10 s	4290	171	10,3
Ralenti		0 h 16 s	4270	167	10,1
Sortie virage en finale		0 h 40 s	4020	149	9,0
Réduction graduelle ass.tang. (tang. $-1,3^\circ$ )		0 h 1 min	3410	152	8,2
Augmentation vitesse (tang. $-2,5^\circ$ )		0 h 1 min 8 s	3340	152	7,8
TAT** abaissée sous $0^\circ\text{C}$		0 h 1 min 32 s	2670	166	6,4
Début turbulence (tang. $-5,4^\circ$ )		0 h 1 min 39 s	2480	171	6,1
Dépassement $V_{LE}$ (max.)		0 h 1 min 44 s	2360	185	5,8
Pilote auto.débrayé (vit. $V_{LE}$ )		0 h 1 min 44 s	2350	183	5,8
Mise en palier (1,7 g vert.)		0 h 1 min 45 s	2340	180	5,8
Sous $V_{LE}$ (172 kt)		0 h 1 min 47 s	2340	172	5,7

<sup>22</sup> Le vol à l'étude a eu lieu à la 170<sup>e</sup> heure d'enregistrement des données.



Reprise descente	0 h 1 min 53 s	2320	163	5,4
<i>g</i> vert. max. (1,9)	0 h 2 min 5 s	2130	158	4,9
Réduction <i>g</i> vert.	0 h 2 min 14 s	2000	148	4,5
Sortie nuages (1800 agl)	0 h 2 min 15 s	1970	142	4,5
Réduction <i>g</i> vert.	0 h 2 min 40 s	1540	146	3,5
V 5	0 h 2 min 49 s	1380	142	3,1
1000 AGL	0 h 3 min 6 s	1170	134	2,4
V 15	0 h 3 min 16 s	970	144	2,1
500 AGL	0 h 3 min 34 s	670	136	1,4
50 pieds	0 h 4 min 11 s	210	117	0
Atterrissage	0 h 4 min 21 s	142	101	0

\* VHF : très haute fréquence.

\*\* TAT : température totale.

Les paramètres limités et le faible taux d'échantillonnage (fréquence d'acquisition) du FDR produisent un enregistrement d'images instantanées dans des conditions très dynamiques (turbulence modérée) qui ne permet pas de recréer l'événement en temps réel. Par exemple, le FDR enregistre l'assiette en tangage et la position de la gouverne de profondeur seulement toutes les secondes et n'enregistre pas la force de gouverne ou la position de la commande de profondeur.

Pour pouvoir analyser la difficulté rapportée de maîtrise de l'aéronef, on a représenté graphiquement les paramètres de vol (Annexe F) et établi ce qui suit :

- avant l'événement à l'étude, le pilote automatique était embrayé en mode VS;
- la puissance était au ralenti pendant l'événement à l'étude;
- de 19 h 1 min 8 s (3340 pieds) à 19 h 1 min 39 s (2480 pieds), il y a eu une réduction graduelle de l'assiette en tangage, et une augmentation de la vitesse anémométrique de 152 KCAS à 171 KCAS;
- à 19 h 1 min 44 s (2350 pieds), on a débrayé le pilote automatique et cabré fortement la gouverne de profondeur; l'assiette en tangage de l'aéronef a immédiatement augmenté de  $-5^{\circ}$  à  $0^{\circ}$  accompagnée d'une accélération verticale de 1,7 *g*. L'assiette en tangage a ensuite varié de  $-1^{\circ}$  à  $+2^{\circ}$  pendant les 8 secondes que l'aéronef est demeuré en palier à 2340 pieds;
- les oscillations en tangage de l'aéronef étaient conformes au mouvement de la gouverne de profondeur, sans désaccord apparent entre le déplacement de cette dernière et la réponse en tangage de l'aéronef;
- rien n'indiquait de piqué intempestif de l'aéronef;
- il n'y avait aucun signe de blocage de la gouverne de profondeur;
- il n'y avait aucun écart par rapport au profil d'approche prévu, avant ou après la mise en palier à 2340 pieds.

Accélération verticale *g* (données de turbulence) :

- entre 19 h 1 min 39 s (2480 pieds) et 19 h 2 min 14 s (2000 pieds), l'accélération verticale a varié de 0,4 *g* à 1,9 *g*;

- entre 19 h 2 min 14 s et 19 h 2 min 40 s (1540 pieds), l'accélération verticale a varié de 0,6 g à 1,4 g;
- de 19 h 2 min 40 s (1540 pieds) à l'atterrissage, l'accélération verticale a varié principalement de 0,8 g à 1,3 g.

### 1.11.2.1 Calcul de la température totale

Un aéronef en vol comprime l'air ambiant et fait augmenter sa température. On parle alors de température totale (TAT). En général, cette température sert à estimer la probabilité d'accumulation de givre sur les bords d'attaque de l'aéronef. La formule simplifiée correspondant à cette augmentation de température (Aug. T)<sup>23</sup> donne une TAT approximative aux différentes vitesses d'approche à l'étude comme suit (tableau 4) :

Tableau 4. Chronologie des fluctuations de température pendant la descente

Légende		Heure (UTC -5)	Alt. asl (pieds)	Vitesse (nœuds)	OAT* (°C)	Aug. T (°C)	TAT (°C)
Début/fin conditions de givrage	Dépassement $V_{LE}$ et PA débrayé						
Descente		23 h 54 min 48 s	10 200	172	-4	3,9	-0,1
Descente		23 h 54 min 56 s	10 100	178	-3,9	4,2	0,3
Descente		23 h 55 min 1 s	10 000	182	-3	4,4	1,4
Sortie virage en finale		0 h 40 s	4020	149	-1	2,9	1,9
Augmentation graduelle de vitesse		0 h 1 min 31 s	2720	164	-3,6	3,6	0,0
TAT abaissée sous 0 °C		0 h 1 min 32 s	2670	166	-3,8	3,6	-0,2
Dépassement $V_{LE}$ et PA débrayé		0 h 1 min 44 s	2360	185	-5,8	4,4	-1,4
Sortie nuages (1800 agl)		0 h 2 min 15 s	1970	142	-6	2,7	-3,3
500 AGL		0 h 3 min 34 s	670	136	-5,7	2,4	-3,3

\* OAT : température extérieure.

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

Sans objet.

## 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'enquête, rien n'indique que des facteurs physiologiques aient pu nuire au rendement de l'équipage.

## 1.14 Incendie

Sans objet.

<sup>23</sup> Augmentation de température =  $V^2 / 87^2$  où V est la vitesse vraie de l'aéronef.

## 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

## 1.16 Essais et recherches

### 1.16.1 Rapports de laboratoire du Bureau de la sécurité des transports du Canada

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

- LP045/2016 – FDR Data Analysis (analyse des données de l’enregistreur de données de vol)

## 1.17 Renseignements sur l’entreprise et sur la gestion

### 1.17.1 Jazz Aviation LP

#### 1.17.1.1 Généralités

Jazz Aviation LP, exploitant autorisé par Transports Canada, est titulaire d’un certificat d’exploitation aérienne valide. Au moment de l’événement à l’étude, la compagnie exploitait une flotte de 116 aéronefs, incluant 88 modèles différents de DH8A, DH8C et DH8D. Ces aéronefs étaient exploités conformément à la sous-partie 705 du RAC (Exploitation d’une entreprise de transport aérien). Depuis 2007, la compagnie respecte les exigences relatives au système de gestion de la sécurité (SGS) conformément à la sous-partie 7 de la partie 1 du RAC.

#### 1.17.1.2 Contrôle d’exploitation

La compagnie fonctionne selon les règles d’un système de contrôle d’exploitation de type A complexe et en coresponsabilité<sup>24,25</sup> qui satisfait aux exigences réglementaires d’exploitation de la sous-partie 705. Avant que le CdB n’accepte le plan de vol exploitation et jusqu’au lâcher des freins pour le décollage, le régulateur de vol et le CdB exercent conjointement le contrôle d’exploitation. Le CdB confirme la réception et l’acceptation du plan de vol exploitation en signant à l’endroit prévu à cet effet dans le carnet de route de l’aéronef<sup>26,27</sup>.

---

<sup>24</sup> Jazz Aviation LP, *Jazz Company Operations Manual*, révision 18, 1<sup>er</sup> avril 2015, alinéa 2.3.5: Flight Dispatch Overview.

<sup>25</sup> « Le contrôle d’exploitation désigne l’exercice du droit de formuler, d’exécuter et de modifier le plan de vol d’exploitation d’un vol donné. » (Source : Norme RAC 725, Section III : Opérations aériennes, article 725.20 : Système de contrôle d’exploitation : Généralités)

<sup>26</sup> Jazz Aviation LP, *Jazz Company Operations Manual*, révision 18 (1<sup>er</sup> avril 2015), alinéa 2.3.7: Relationship and Authority of Captain and Flight Dispatcher.

<sup>27</sup> « Aux fins des systèmes de contrôle d’exploitation, on considère que le vol est “ amorcé ” après le lâcher des freins en vue du décollage. » (Source : Norme RAC 725, Section III : Opérations aériennes, article 725.20 : Système de contrôle d’exploitation : Description des systèmes.)



### 1.17.1.3 Critères d'une approche stabilisée

Selon le manuel d'exploitation du Dash 8 de Jazz, les facteurs requis pour une approche stabilisée sont les suivants :

#### **[traduction] À 1000 pieds au-dessus de l'altitude d'aérodrome (AFE)**

- Train d'atterrissage sorti.
- L'aéronef suit les trajectoires latérale et verticale correctes (selon le système de guidage ou les repères visuels).
- La vitesse anémométrique tend vers la vitesse cible de 120 KIAS [vitesse indiquée en nœuds] ou la vitesse curseur pour l'approche, selon la valeur la plus élevée.
- Le taux de descente normal est de 500 à 800 pieds par minute (pi/min). Le taux de descente ne doit pas dépasser 1000 pi/min.

#### **À 500 pieds AFE**

- Train d'atterrissage sorti.
- Volets configurés pour l'atterrissage (15 ou 35 degrés).
- L'aéronef suit les trajectoires latérale et verticale correctes (selon le système de guidage ou les repères visuels).
- Normalement, la vitesse anémométrique stabilisée est égale à la vitesse curseur pour l'approche.
- Des écarts de + 10 nœuds à -5 nœuds sont acceptables si la vitesse anémométrique tend vers la vitesse curseur pour l'approche.
- Le taux de descente normal est de 500 à 800 pi/min. Il ne doit pas dépasser 1000 pi/min.
- Aucun virage ne doit être effectué sous 500 pieds AFE à l'approche et à l'atterrissage.
- La puissance est stabilisée pour maintenir la vitesse d'approche finale sur la trajectoire de vol voulue.

#### **Altitudes minimales de stabilisation (1000 ou 500 pieds AFE)**

Si l'approche n'est pas stabilisée aux altitudes minimales indiquées plus haut, ou devient instable sous ces altitudes, il faut immédiatement remettre les gaz.

Des écarts de courte durée sont acceptables à condition d'apporter rapidement les corrections nécessaires<sup>28</sup>.

Selon ces critères, l'approche à l'étude a été considérée comme stabilisée; les volets étaient sortis à 15 degrés, le réglage de puissance était stabilisé, la vitesse anémométrique tendait vers la cible et l'aéronef demeurait sur son profil d'approche.

#### 1.17.1.4 Déclaration obligatoire d'un incident

Selon le sous-alinéa 2(1)(b)(iv) du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, lorsque « des difficultés de pilotage surviennent en raison d'une défaillance de l'équipement de l'aéronef, d'un phénomène météorologique, d'une turbulence de sillage, de vibrations non maîtrisées ou du dépassement du domaine de vol de l'aéronef »<sup>29</sup>, l'événement doit être déclaré au BST.

De plus, le sous-alinéa 2.7.17.1 du manuel d'exploitation de la compagnie Jazz donne comme exemple qu'un incident est à déclaration obligatoire lorsque « des difficultés de pilotage surviennent en raison d'une défaillance de l'équipement de l'aéronef, d'un phénomène météorologique, d'une turbulence de sillage, de vibrations non maîtrisées ou du dépassement du domaine de vol de l'aéronef »<sup>30</sup>.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Conscience situationnelle

La conscience situationnelle (CS) est définie comme étant [traduction] « la perception des éléments dans l'environnement, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans le futur<sup>31</sup> ». Plusieurs facteurs peuvent influencer ces 3 processus de CS, notamment les attentes, les mécanismes de traitement de l'information et la charge de travail<sup>32</sup>. Les 3 processus comprennent plusieurs étapes de traitement de l'information où des failles peuvent survenir et donner lieu à des évaluations incomplètes ou insuffisantes de la situation. La charge de travail mental et la CS s'entremêlent, car elles font toutes deux appel aux mêmes capacités limitées de traitement de l'information. Dans certains cas, une charge de travail élevée peut se traduire par une CS accrue, tandis que dans d'autres, c'est le contraire : la CS diminue<sup>33</sup>.

<sup>28</sup> Jazz Aviation LP, *Jazz Dash 8 Aircraft Operating Manual*, volume 2, révision 8, 1<sup>er</sup> juillet 2015, alinéa 2.7.27 : Stabilized Approach Factors.

<sup>29</sup> *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, DORS/2014-37, sous-alinéa 2(1)(b)(iv).

<sup>30</sup> Jazz Aviation LP, *Jazz Company Operations Manual*, révision 18, 1<sup>er</sup> avril 2015, sous-alinéa 2.7.17.1 : Transportation Safety Board of Canada Reportable Incidents.

<sup>31</sup> M. R. Endsley, « Design and evaluation for situation awareness enhancement », *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting*, Santa Monica (CA), 1988, p. 97 à 101.

<sup>32</sup> M. R. Endsley, « Situation awareness in aviation systems », dans J. A. Wise, V. D. Hopkin et D. J. Garland (éds.), *Handbook of Aviation Human Factors*, 2<sup>e</sup> édition, Boca Raton (FL), CRC Press, 2016, p. 257 à 276.

<sup>33</sup> M. A. Vidulich et P. S. Tsang, « Mental workload and situation awareness », dans G. Salvendy (éd.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Toronto, John Wiley & Sons, 2012, p. 243 à 248.

Plusieurs biais cognitifs peuvent avoir un impact sur la collecte et le traitement de l'information, ainsi que sur la manière dont les mesures sont prises. Ces biais peuvent influencer les perceptions et les actions des pilotes. Par exemple, le biais de confirmation crée une tendance à mettre l'accent sur des éléments qui confortent une conviction préexistante de l'environnement<sup>34</sup>.

### *1.19 Techniques d'enquête utiles ou indiquées*

Sans objet.

---

<sup>34</sup> M. Martinussen et D. R. Hunter, *Aviation Psychology and Human Factors*, Boca Raton (FL), CRC Press, 2009, p. 64 à 65.

## 2.0 Analyse

### 2.1 Généralités

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément aux règlements en vigueur et aux procédures approuvées. On n'a relevé aucune anomalie mécanique sur l'aéronef.

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur, et rien n'indique que des facteurs physiologiques comme la fatigue aient atténué les capacités de l'équipage de conduite.

Pendant toute la durée de l'approche et de l'atterrissage, les conditions météorologiques prévues étaient propices à de la turbulence modérée et du fort givrage à des températures inférieures au point de congélation alors que l'aéronef traversait un front chaud en descente incorporant des altocumulus castellanus (ACCAS) et un courant-jet à basse altitude.

À environ 6 nm du seuil de piste, l'aéronef a rencontré de la turbulence modérée pendant laquelle la vitesse maximale train d'atterrissage sorti ( $V_{LE}$ ) a été dépassée. Le pilote aux commandes (PF) a débrayé le pilote automatique et immédiatement exécuté une mise en palier pour réduire la vitesse anémométrique. Pendant la période de turbulence, le PF a senti un changement brusque dans la force de gouverne de profondeur; il l'a perçu comme une réduction d'efficacité de la commande qui, ultérieurement, a été interprétée par le PF comme un décrochage de l'empennage.

L'aéronef était équipé d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR); toutefois, les enregistrements n'ont pas été conservés et des données possiblement utiles pour l'enquête ont été perdues.

Par conséquent, l'analyse portera sur la conservation des éléments de preuve, les conditions météorologiques, la descente et l'approche, la difficulté à maîtriser l'aéronef et les données de l'enregistreur de données de vol (FDR).

### 2.2 Déclaration obligatoire d'un incident et conservation des éléments de preuve

Selon le paragraphe 8(1) du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*, « toute 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>. Peu après l'atterrissage, le commandant de bord (CdB) a signalé l'événement à la compagnie. Cependant, l'événement n'était pas déclaré par le CdB au BST que plusieurs jours après qu'il se soit produit. Si les événements à déclaration obligatoire ne sont pas rapidement signalés au BST, de l'information temporaire peut être perdue, ce qui pourrait empêcher la

---

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

détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.

Le disjoncteur du CVR n'a pas été tiré après l'événement à l'étude; alors ces données n'ont pas été conservées. Sans les enregistrements du CVR, il a été impossible de vérifier complètement les points suivants :

- communication entre les membres de l'équipage;
- niveau de distraction;
- gestion de la charge de travail et partage des tâches;
- conscience situationnelle générale.

Il est donc possible que certaines lacunes de sécurité n'aient pas été décelées. Par conséquent, si l'enregistrement des conversations dans le poste de pilotage n'est pas disponible dans le cadre d'une enquête, cela peut empêcher la détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.

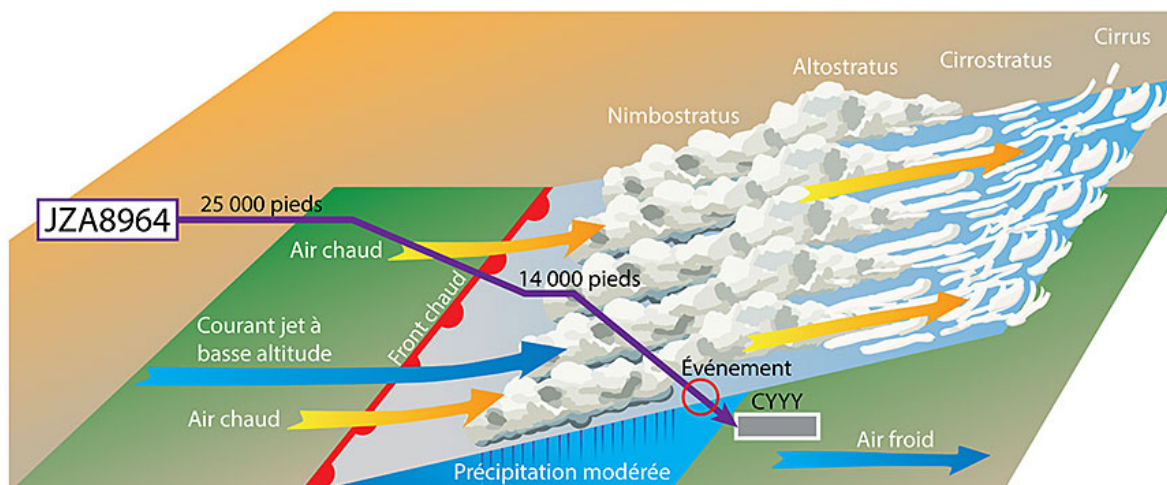
### 2.3 Conditions météorologiques

Pendant le vol de l'aéroport de Sept-Îles (CYZV) (Québec) à l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (CYUL) (Québec), l'équipage était préoccupé par les mauvaises conditions météorologiques à CYYY. À l'arrivée à CYUL, le CdB a communiqué avec le régulateur pour évaluer la viabilité du vol à destination de l'aéroport de Mont-Joli (CYYY) (Québec) et en discuter.

Comme le front chaud approchait de CYYY, les prévisions indiquaient une évolution des précipitations de neige légère en grésil léger, puis en pluie verglaçante, et ce, à environ 120 nm en avant du front. Les prévisions annonçaient donc, à l'intérieur de ces 120 nm, des conditions de givrage modéré mixte de 3000 à 18 000 pieds et de fort givre transparent de la surface jusqu'à 3000 pieds. Le message de renseignements météorologiques significatifs (SIGMET) J8 a été émis à 18 h 38, augmentant à 6000 pieds l'altitude supérieure de la zone de fort givrage. Cette zone de fort givre transparent provenant du sud-ouest approchait de CYYY à une vitesse de 20 nœuds et, selon les prévisions, devait y arriver à 20 h 38.

Le JZA8964 a décollé de CYUL à 17 h 57. Il était prévu qu'il atterrisse à CYYY à 19 h 15. Bien que la traversée du front chaud en descente ait été inévitable, la trajectoire d'approche (figure 5) demeurait au-dessus de la zone des conditions de fort givrage et le JZA8964 devait atterrir à CYYY avant le début des précipitations verglaçantes.

Figure 5. Section transversale du front chaud et de la trajectoire de descente



## 2.4 Descente et approche

À 18 h 37, l'équipage a amorcé la descente vers CYYY et a ultérieurement effectué une mise en palier à 14 000 pieds, juste au-dessus du sommet des nuages, pour réduire au minimum l'exposition aux conditions de givrage. La présence d'ACCAS indiquait une activité convective et, par conséquent, un potentiel de givrage et de turbulence importants réduisant la visibilité locale à  $\frac{1}{2}$  sm dans des averses de neige et de la poudrière élevée.

L'équipage n'avait pas conscience de la présence de l'activité convective en approche et n'a pas utilisé le radar météorologique, faute de penser que cette activité était un facteur à prendre en compte pendant le vol à l'étude (figure 6). Par conséquent, si les équipages n'utilisent pas le radar météorologique à proximité d'une activité frontale incorporant des ACCAS, il y a un risque de non-détection d'une activité convective et d'exposition d'un aéronef à des conditions susceptibles de nuire à la sécurité du vol.

### 2.4.1 Givrage

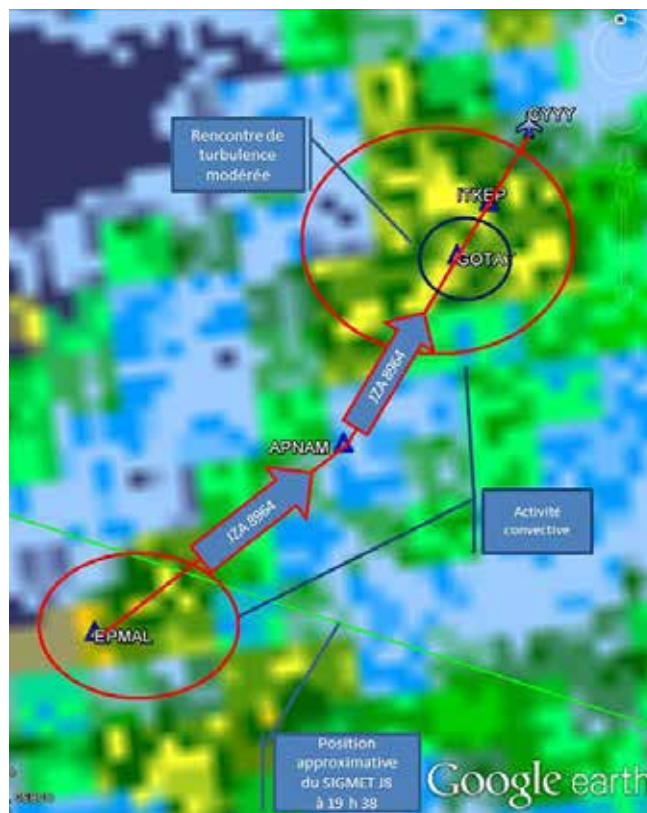
Tout au long de la descente sous les 14 000 pieds, l'aéronef a été soumis à des conditions de givrage mixte dans les nuages, de léger à modéré. L'équipage a utilisé les phares d'inspection de la voilure et les lampes de l'écran anti-éblouissement pour vérifier la présence de givre. Le système semblait fonctionner normalement, même si, peu après la difficulté rapportée relative à la maîtrise de l'aéronef, le PF avait remarqué que le voyant de signalisation du boudin de dégivrage TAIL d'extrême gauche n'allumait pas.

L'aéronef a survolé la limite de la zone SIGMET J8, située à environ 20 nm de CYYY, alors qu'il franchissait 7800 pieds en descente, évitant donc la zone de fort givrage prévue.

L'analyse des données du FDR a montré que la température totale (TAT) est demeurée au-dessus du point de congélation dans l'air chaud en altitude pendant la descente de 10 000 à 2720 pieds environ. La base des nuages signalée à CYYY était à 1972 pieds (1800 pieds agl). Par conséquent, l'aéronef a traversé des conditions potentielles de givrage de 2720 pieds à 2350 pieds, altitude à laquelle la difficulté de maîtrise de l'aéronef a été observée. L'aéronef est sorti des conditions potentielles de givrage à 1972 pieds. Pendant la dernière partie de la descente dans de l'air froid sous le front chaud, la température a diminué de 0 °C à 2720 pieds à -7 °C au sol.

Considérant que l'aéronef a volé dans des conditions potentielles de givrage pendant 12 secondes avant que le pilote automatique ne soit débrayé et que la difficulté temporaire de maîtrise de l'aéronef ne se manifeste, il est improbable qu'il y ait eu givrage de la cellule. De plus, la période totale de vol dans des conditions potentielles de givrage a été de 43 secondes, et tout givre accumulé pendant cette période aurait encore été présent sur l'aéronef après l'atterrissage dans l'air plus froid. Comme nulle trace n'en a été trouvée sur l'aéronef au cours de l'inspection après atterrissage, il est possible de conclure que l'aéronef n'a pas subi d'importante accumulation de givre au cours de l'approche.

Figure 6. Trajectoire d'approche finale du JZA8964 superposée à l'image radar de 19 h (Source : Google Earth et station Val d'Irène d'Environnement Canada, avec annotations du BST)



#### 2.4.2 Radiotransmission de renseignements météorologiques significatifs

À 18 h 55, le JZA8964 a communiqué avec la station d'information de vol (FSS) de CYYY et a signalé sa position à 12 nm du repère EPMAL en approche de navigation de surface vers la piste 06. Afin de réduire au minimum l'exposition au givrage et à la turbulence, l'équipage a décidé d'effectuer une descente plus raide.

À 18 h 56, la FSS a demandé à l'équipage du JZA8964 s'il avait reçu le SIGMET J8, ce à quoi il a répondu détenir l'information. Environ 2 minutes plus tard, la FSS a transmis le contenu du SIGMET J8 en français et en anglais, ce qui a duré 90 secondes. Le PF a discuté avec la FSS de la distraction causée par cette transmission alors que l'aéronef était juste sur le point d'effectuer le virage en finale à 12 nm.

Bien que requises par les procédures du *Manuel d'exploitation, Services d'information de vol* pour la FSS, des diffusions de ce type peuvent créer une source potentielle de distraction pendant l'approche et empêchent toute autre communication sur la fréquence.

Comme les capacités d'attention de l'être humain sont limitées, il est possible que des tâches à haute priorité soient retardées ou abandonnées lorsqu'un ordre bien établi est interrompu par un événement extérieur inattendu. Par conséquent, si de longs SIGMET sont transmis sur la fréquence pendant que les équipages de conduite sont dans une phase de vol à lourde charge de travail, cela peut perturber le rendement d'exécution des tâches à haute priorité.

#### 2.4.3 Turbulence, cisaillement du vent et dépassement de la vitesse maximale train d'atterrissage sorti

Les images radar ont confirmé la présence d'une activité convective (ACCAS) à environ 10 nm à l'ouest de CYYY alors que l'aéronef effectuait le virage final à environ 4300 pieds.

Les sondages tracés sur téphigrammes confirment la présence du courant-jet à basse altitude dans les environs et de vents du sud-ouest de 50 à 60 nœuds à 4000 pieds, alors que les vents de surface soufflaient du sud-est à 10 nœuds.

Lorsque l'aéronef est descendu de 3340 à 2350 pieds en finale, le pilote automatique a été embrayé en mode vitesse verticale (VS) et la puissance réglée au ralenti. Pendant ce temps, la vitesse anémométrique a augmenté de 150 KCAS (vitesse corrigée en nœuds) à 171 KCAS; les données du FDR montrent une réduction graduelle de l'assiette en tangage alors que le pilote automatique maintenait le réglage VS. Un cisaillement en fonction du changement de rendement a produit cette augmentation de vitesse causée par le vent arrière diminuant. Cela est cohérent avec la sortie de l'aéronef du courant-jet à basse altitude.

À 2480 pieds, l'aéronef a rencontré de la turbulence modérée. Les données du FDR ont confirmé un soudain accroissement des oscillations de l'aéronef, une accélération verticale jusqu'à 1,5 g, et une brusque augmentation de vitesse de 15 nœuds en 2 secondes, conduisant au dépassement de la  $V_{LE}$  jusqu'à un maximum de 185 KCAS. Aucun changement de puissance n'a été observé pendant cette période. Par conséquent, il est possible de conclure que le dépassement de la  $V_{LE}$  s'est produit parce que l'aéronef a rencontré un cisaillement



positif important en sortant d'un courant-jet à basse altitude avec le pilote automatique embrayé en mode vitesse verticale.

## 2.5 Difficulté de maîtrise de l'aéronef

Lorsque le dépassement de la  $V_{LE}$  a été remarqué, le PF a débrayé le pilote automatique et immédiatement exécuté une mise en palier pour réduire la vitesse en cabrant fortement la gouverne de profondeur. L'assiette en tangage de l'aéronef est passée approximativement de  $-5^\circ$  à  $0^\circ$ , ce qui s'est traduit par une accélération verticale de 1,7 g. L'aéronef est demeuré à une altitude de 2340 pieds pendant environ 8 secondes alors que la vitesse diminuait de 185 KCAS à 163 KCAS. La descente a été reprise à une vitesse d'environ 160 KCAS avec la puissance toujours réglée au ralenti (tableau 5).

Tableau 5. Chronologie des turbulences pendant l'événement à l'étude

Légende		Heure UTC	Alt. asl (pieds)	Vitesse (KCAS)	Dist. est. (nm)
Début/fin rencontre de turbulence					
Début/réd./fin dépassement $V_{LE}$					
Début turbulence (tang. $-5,4^\circ$ )		0 h 1 min 39 s	2480	171	6,1
Dépassement $V_{LE}$ (max.)		0 h 1 min 44 s	2360	185	5,8
Pilote auto.débrayé (vit. $V_{LE}$ )		0 h 1 min 44 s	2350	183	5,8
Mise en palier (1,7 g vert.)		0 h 1 min 45 s	2340	180	5,8
Sous $V_{LE}$ (172 kt)		0 h 1 min 47 s	2340	172	5,7
Reprise descente		0 h 1 min 53 s	2320	163	5,4
g vert. max. (1,9)		0 h 2 min 5 s	2130	158	4,9
Réduction g vert.		0 h 2 min 14 s	2000	148	4,5
Sortie nuages (1800 agl)		0 h 2 min 15 s	1970	142	4,5
Réduction g vert.		0 h 2 min 40 s	1540	146	3,5

Pendant les 35 premières secondes de cette période de turbulence modérée, l'accélération verticale a varié de 0,4 g à 1,9 g. Ensuite, la turbulence a diminué d'intensité pour devenir légère 26 secondes plus tard et l'accélération verticale a varié de 0,8 g à 1,3 g jusqu'à l'atterrissage.

## 2.6 Données de l'enregistreur de données de vol

Les données de l'enregistreur de données de vol (FDR) ont été analysées pour tenter d'expliquer la difficulté à maîtriser l'aéronef signalée par le PF. Elles l'ont été en particulier pour évaluer la réponse de l'aéronef aux commandes afin de déterminer si ce dernier avait

subi un blocage de gouverne de profondeur, une réduction d'efficacité de la commande de profondeur ou un décrochage de l'empennage.

### 2.6.1 *Blocage de gouverne de profondeur*

Les paramètres limités du FDR n'incluent pas la force de gouverne ou la position de la commande de profondeur. Par conséquent, cela ne permet pas d'exclure un blocage de la gouverne de profondeur exclusivement au moyen des données du FDR. En revanche, selon les données du FDR, la gouverne de profondeur s'est beaucoup déplacée; le PM a observé le déplacement du manche et le PF n'a pas perçu de blocage de la gouverne de profondeur. Par conséquent, il est improbable qu'il y ait eu un blocage de gouverne de profondeur.

### 2.6.2 *Réponse de l'aéronef aux commandes*

Pendant l'approche, le PF a remarqué que le voyant de signalisation du boudin de dégivrage TAIL d'extrême gauche était éteint. Par conséquent, il est possible que le boudin de dégivrage de la partie extérieure du stabilisateur horizontal gauche ne se soit pas complètement gonflé. Toutefois, l'enquête a conclu que l'aéronef n'avait pas subi d'accumulation de givre importante pendant l'approche (voir section 2.4.1).

Pendant toute la durée de l'événement à l'étude, rien n'indique un écart intempestif par rapport au profil d'approche. La commande initiale de cabrer la gouverne de profondeur lorsque le dépassement de la  $V_{LE}$  a été remarqué est visible dans les données du FDR : elle est immédiatement suivie d'une augmentation de l'assiette en tangage accompagnée simultanément d'une accélération verticale de 1,7 g, et d'une mise en palier à 2340 pieds.

Bien que les données du FDR ne fournissent pas de réaction de tangage en temps réel de l'aéronef en réponse au déplacement de la gouverne de profondeur pendant cette turbulence modérée, elles montrent des oscillations conformes au déplacement de cette gouverne, sans désaccord apparent entre les commandes et la réponse de l'aéronef (exemple de désaccord : une position plein cabré de la gouverne tandis que l'aéronef continue en piqué). Par conséquent, en l'absence de désaccord entre la position de la gouverne et la réponse de l'aéronef aux commandes, il est possible de conclure qu'il n'y a eu aucun problème de commande de profondeur pendant l'événement à l'étude.

### 2.6.3 *Décrochage de l'empennage*

En général, un décrochage de l'empennage se produit immédiatement après la sortie des volets et que le stabilisateur horizontal ait été contaminé par du givre. Au cours du processus de certification du DHC-8-102, l'aéronef n'a présenté aucune caractéristique de décrochage de l'empennage lié à une accumulation de givre sur la queue de l'aéronef. L'analyse des données du FDR réalisée par le laboratoire du BST et par l'avionneur a permis d'affirmer qu'il n'y avait aucun signe de décrochage de l'empennage provoqué par du givre.

Pendant cet épisode rapporté de difficulté de maîtrise de l'aéronef, ce dernier ne se trouvait pas dans des conditions de givrage important, la configuration des volets était inchangée et la procédure d'intervention en cas de panne n'a pas été appliquée. De plus, les données

du FDR ne montrent pas de piqué intempestif de l'aéronef et la réponse de ce dernier concordait avec la commande de profondeur. Par conséquent, l'analyse des conditions météorologiques, de la configuration de l'aéronef et des données du FDR confirme qu'il ne s'est produit aucun décrochage de l'empennage.

#### 2.6.4 Réponse de l'aéronef aux conditions météorologiques

Les conditions météorologiques antérieures à la turbulence modérée étaient propices à un cisaillement en fonction du changement de rendement; cela est confirmé par le FDR qui a enregistré une réduction progressive de l'assiette en tangage (plus de 31 secondes) pour maintenir une vitesse verticale fixe.

Les données du FDR confirment également la soudaine manifestation de la turbulence modérée suivie de la réaction immédiate de l'aéronef à la commande de profondeur visant à le mettre en palier à 2340 pieds. De plus, les données du FDR ont permis d'établir ce qui suit :

- il n'y a pas eu de blocage de gouverne de profondeur;
- il n'y a pas eu d'écart intempestif par rapport au profil d'approche;
- les oscillations en tangage de l'aéronef étaient conformes au déplacement de la gouverne de profondeur;
- il n'y a pas eu de désaccord apparent entre les commandes et la réponse de l'aéronef.

Bien que les données du FDR présentait de nombreux et brusques déplacements de gouverne pendant la période de turbulence modérée, l'aéronef n'a pas dévié du profil d'approche prévu pendant l'événement à l'étude. L'activité convective et l'important cisaillement du vent (vitesse et direction) au moment où l'aéronef sortait du courant-jet à basse altitude ont ensemble produit la turbulence modérée au cours de l'événement à l'étude. Par conséquent, l'enquête a permis de conclure que la turbulence et le cisaillement ont ensemble contribué à la difficulté temporaire de maîtrise de l'aéronef en approche.

## 2.7 Perception liée à l'efficacité de la commande de profondeur

L'analyse des données du FDR n'a révélé aucun problème de commande de profondeur pouvant expliquer pourquoi ce pilote de DHC-8 chevronné a perçu une difficulté de maîtrise de l'aéronef. Dans le cadre de l'enquête, on s'est donc intéressé à la manière dont la perception humaine peut être influencée par des circonstances comme celles dans lesquelles l'approche à l'étude a été exécutée.

Le PF s'attendait à des conditions de givrage important à l'approche, mais pas à de la turbulence de convection combinée à une turbulence causée par un cisaillement en fonction du changement de rendement. De plus, le PF avait remarqué un problème potentiel dans une partie du système de dégivreur pneumatique du stabilisateur horizontal et il avait donc possiblement l'idée préconçue que du givre s'était accumulé à cet endroit.

Le PF a été distrait par les radiotransmissions sur la fréquence et par la discussion qu'il a eue subséquemment avec la FSS à ce sujet. Peu après, il y a eu la période de turbulence modérée et le dépassement de la  $V_{LE}$ ; le PF a alors débrayé le pilote automatique. Sa charge de travail

a considérablement augmenté quand le pilote a mis manuellement l'aéronef en palier pour réduire rapidement la vitesse anémométrique.

Le pilote s'est concentré sur cette opération pendant que l'aéronef se trouvait dans la zone de turbulence modérée et à une altitude élevée à l'approche par vent arrière. Une lourde charge de travail de ce genre peut nuire à la conscience situationnelle et à la perception, car la capacité d'attention limitée de l'être humain est de plus en plus accaparée par une tâche principale, en l'occurrence, réduire la vitesse anémométrique. Une lourde charge de travail doublée d'un rétrécissement de l'attention peut modifier la perception des temps de réaction aux commandes.

En outre, les nombreux déplacements de gouverne de profondeur observés dans les données du FDR pendant l'événement à l'étude peuvent avoir été provoqués par le pilote, mais aussi avoir été en partie amplifiés par l'effet de la turbulence de convection modérée sur la surface de la gouverne, modifiant ainsi la sensation sur le manche. Ces changements de rétroaction sur le manche associés à un rétrécissement de l'attention peuvent avoir contribué à la perception du PF, à savoir une réduction d'efficacité de la commande de profondeur. Par conséquent, il est probable que l'attente de conditions de givrage important, la lourde charge de travail, la turbulence modérée et le rétrécissement de l'attention aient concouru à ce que le pilote aux commandes ait perçu une réduction d'efficacité de la commande de profondeur.

Avec le recul, le PF est parvenu à la conclusion qu'il s'était produit un décrochage de l'empennage. De nombreuses oscillations de la gouverne de profondeur associées à de possibles changements de rétroaction sur le manche peuvent être des symptômes d'un décrochage de l'empennage. Toutefois, en général, ce type de décrochage se produit pendant les changements de configuration des volets et en présence d'un givrage important du stabilisateur horizontal. Lors de l'événement à l'étude, il n'y a eu aucune accumulation de givre importante sur l'aéronef, les volets ont été sortis après l'événement et l'analyse des données du FDR a permis de conclure qu'il ne s'est produit aucun décrochage de l'empennage.

### 3.0 *Faits établis*

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

1. Le dépassement de la vitesse maximale train d'atterrissage sorti s'est produit parce que l'aéronef a rencontré un cisaillement positif important en sortant d'un courant-jet à basse altitude avec le pilote automatique embrayé en mode vitesse verticale.
2. La turbulence et le cisaillement ont ensemble contribué à la difficulté temporaire de maîtrise de l'aéronef en approche.
3. Il est probable que l'attente de conditions de givrage important, la lourde charge de travail, la turbulence modérée et le rétrécissement de l'attention aient concouru à ce que le pilote aux commandes ait perçu une réduction d'efficacité de la commande de profondeur.

#### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si les événements à déclaration obligatoire ne sont pas rapidement signalés au BST, de l'information temporaire peut être perdue, ce qui pourrait empêcher la détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.
2. Si l'enregistrement des conversations dans le poste de pilotage n'est pas disponible dans le cadre d'une enquête, cela peut empêcher la détermination et la communication de lacunes de sécurité servant à l'amélioration de la sécurité des transports.
3. Si les équipages n'utilisent pas le radar météorologique à proximité d'une activité frontale incorporant des altocumulus castellanus, il y a un risque de non-détection d'une activité convective et d'exposition d'un aéronef à des conditions susceptibles de nuire à la sécurité du vol.
4. Si de longs messages de renseignements météorologiques significatifs sont transmis sur la fréquence pendant que les équipages de conduite sont dans une phase de vol à lourde charge de travail, cela peut perturber le rendement d'exécution des tâches à haute priorité.

#### 3.3 *Autres faits établis*

1. L'aéronef n'a pas subi d'importante accumulation de givre au cours de l'approche.
2. Comme il y avait absence de désaccord entre la position de la gouverne et la réponse de l'aéronef aux commandes, il est possible de conclure qu'il n'y a eu aucun problème de commande de profondeur pendant l'événement à l'étude.

3. L'analyse des conditions météorologiques, de la configuration de l'aéronef et des données de l'enregistreur de données de vol confirme qu'il ne s'est produit aucun décrochage de l'empennage.

## 4.0 *Mesures de sécurité*

### 4.1 *Mesures de sécurité prises ou problème de sécurité*

#### 4.1.1 *Mesures de sécurité prises*

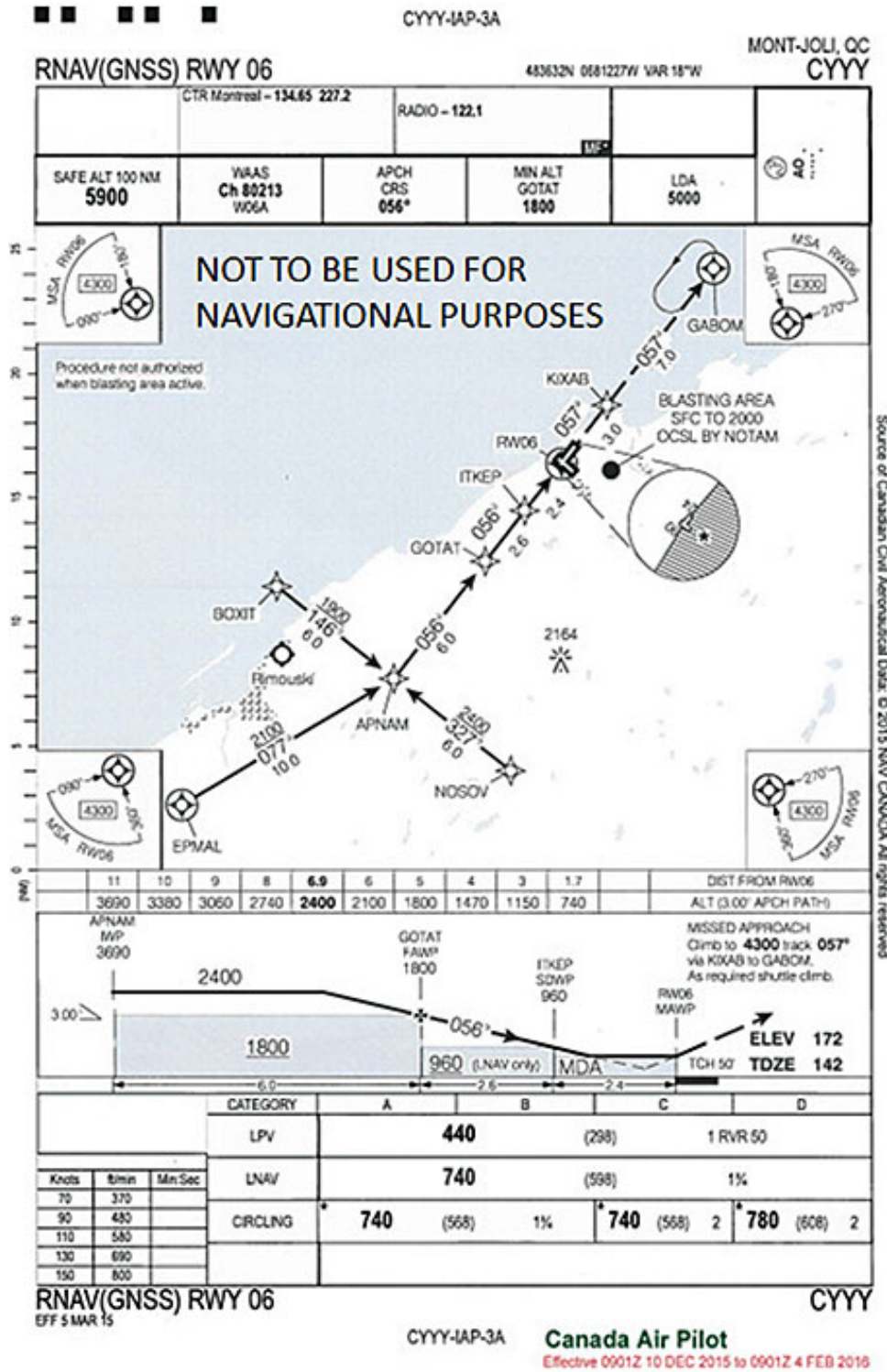
Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

*Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 2 août 2017. Le rapport a été officiellement publié le 8 août 2017.*

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

# Annexes

## Annexe A – Données d’approche



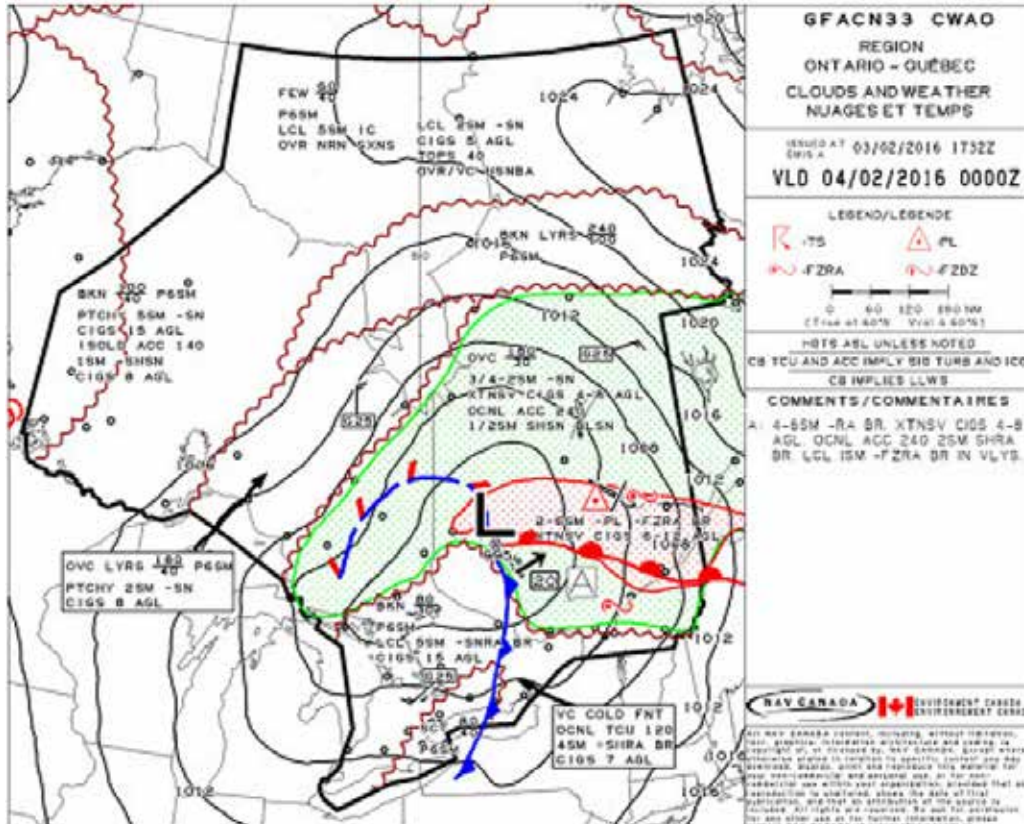
Source : NAV CANADA, *Canada Air Pilot*, en vigueur du 10 décembre 2015 à 0901Z au 4 février 2016 à 0901Z



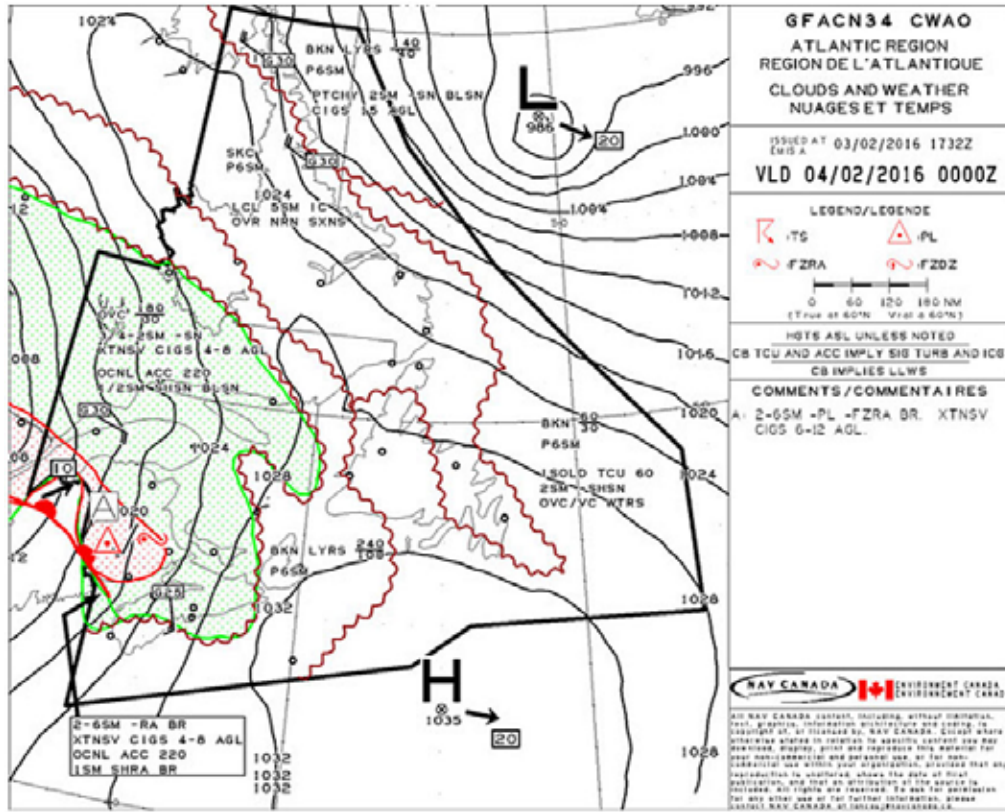
# Annexe B – Prédiction de zone graphique

## Nuages et conditions météorologiques

Prédiction de zone graphique (GFA) CN33 valide à 19 h (région de l'Ontario et du Québec)

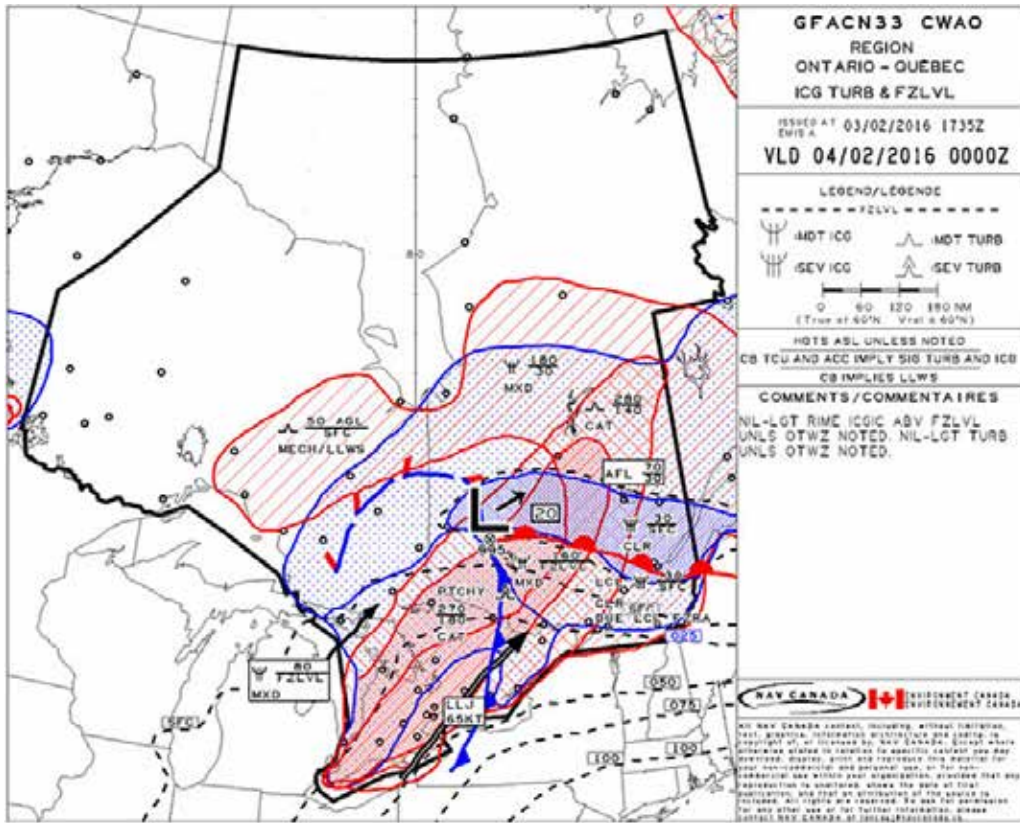


GFACN34 valide à 19 h (région de l'Atlantique)

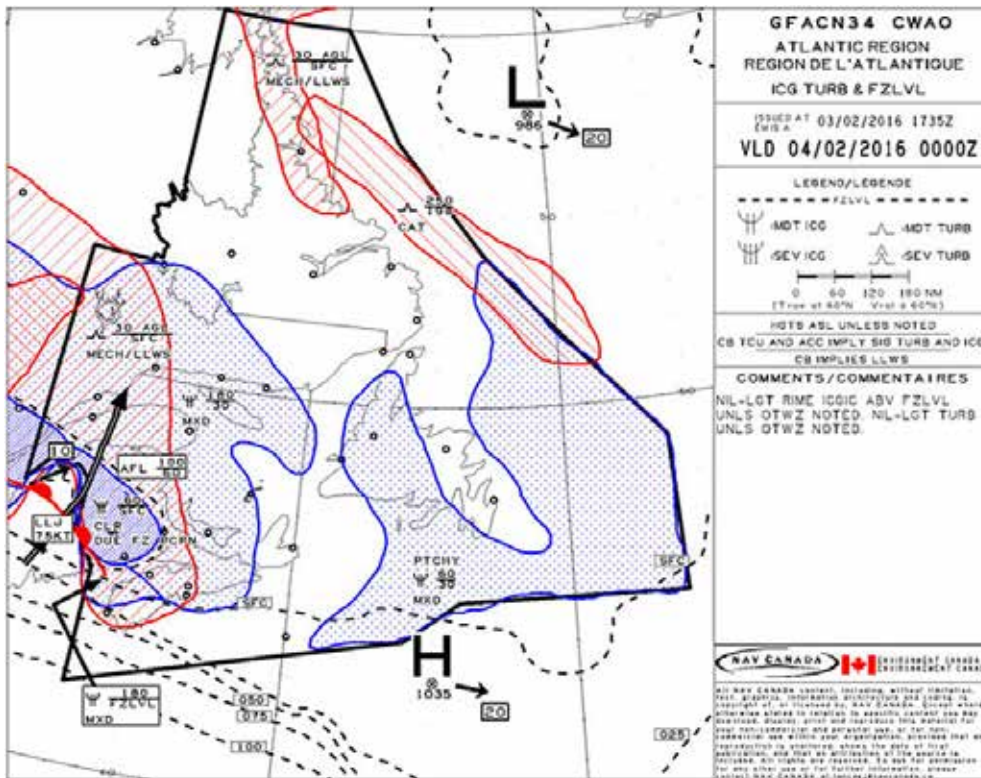


*Givrage et turbulence*

GFACN33 valide à 19 h (région de l'Ontario et du Québec)



GFACN34 valide à 19 h (région de l'Atlantique)



## *Annexe C – Renseignements météorologiques significatifs J8*

Renseignements météorologiques significatifs (SIGMET) J8

WSCN25 CWAO 032338

CZUL SIGMET J8 VALID 032335/040335 CWUL-

CZUL MONTREAL FIR SEV ICG (FZRA) FCST WTN /N4639 W07354/60 W CYRQ -

/N4550 W07037/45 NE CYSC - /N4728 W06913/60 W CYSL - /N4712 W06903/45 W CYSL -

/N4714 W06743/5 NE cysl - /N4802 W06833/30 SW CYYY - /N4916 W07300/60 NW CYRJ -

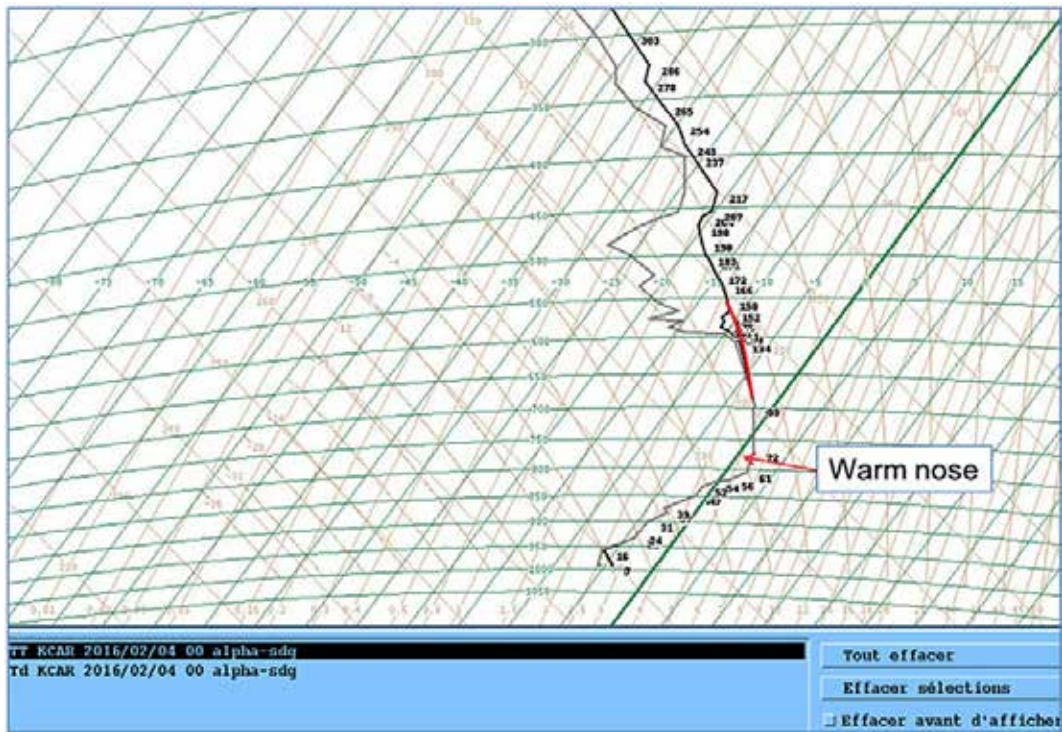
/N4639 W07354/60 W CYRQ SFC /FL060 MOV NE 20KT NC

RMK GFACN34 GFACN33/CZQM MONCTON FIR SIGMET R2

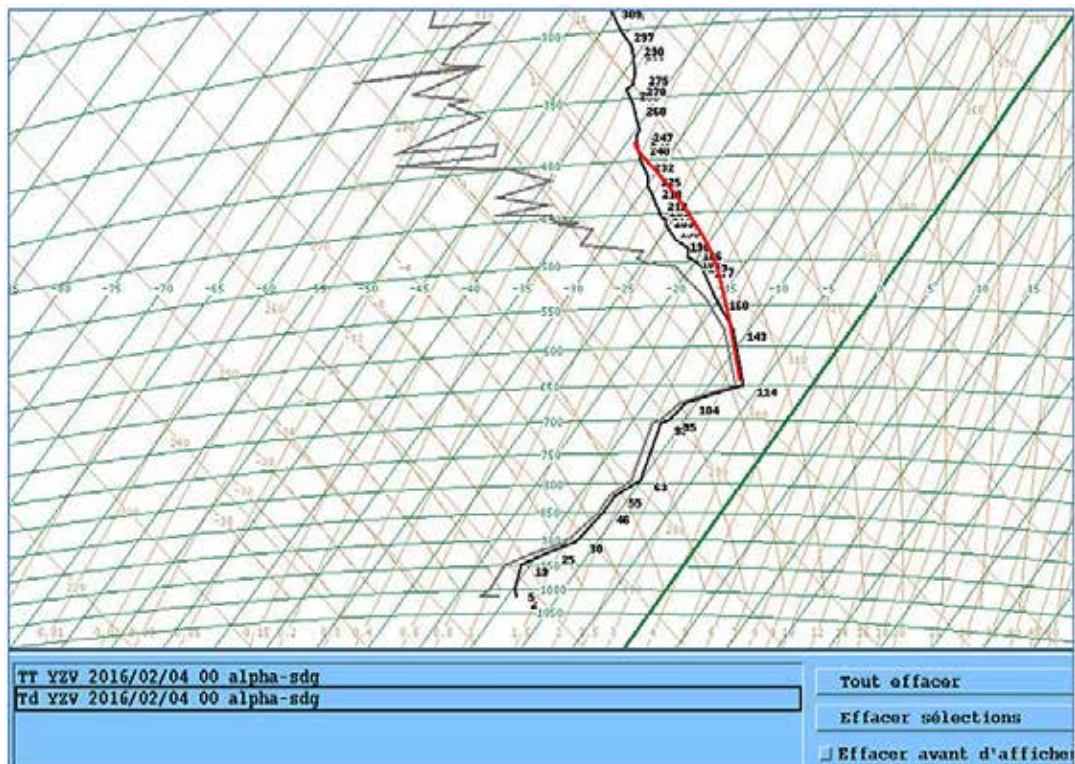


## Annexe D – Sondages tracés sur téphigrammes

Sondage tracé sur téphigramme – Caribou, 19 h, le 3 février 2016



Sondage tracé sur téphigramme – Sept-Îles, 19 h, le 3 février 2016



## *Annexe E – Prévisions d'aérodrome et messages d'observation météorologique régulière pour l'aéroport de Mont-Joli (CYYY)*

### **Prévisions d'aérodrome (TAF) pour CYYY**

#### **3 février 2016**

CYYY 031338Z 0314/0402 13008KT P6SM FEW015 SCT030 OVC140 TEMPO 0314/0315 3SM -SN OVC015 FM031500 12010KT 2SM -SN BKN020 OVC025 TEMPO 0315/0317 6SM -SN OVC025 FM031700 12010KT 1SM -SN OVC012 TEMPO 0321/0401 3/4SM -SN VV006 FM040100 12010KT 2SM -SNPL OVC010 RMK NXT FCST BY 032000Z=

AMD CYYY 031548Z 0315/0402 14010KT 11/2SM -SN OVC020 TEMPO 0315/0317 2SM -SN OVC025 FM031700 12010KT 1SM -SN OVC012 TEMPO 0321/0401 3/4SM -SN VV006 FM040100 12010KT 2SM -SNPL OVC010 RMK NXT FCST BY 032000Z=

AMD CYYY 031629Z 0316/0402 12010KT 1SM -SN OVC012 TEMPO 0316/0401 3/4SM -SN VV006 FM040100 12010KT 2SM -SNPL OVC010 RMK NXT FCST BY 032000Z=

AMD CYYY 031822Z 0318/0402 10010KT 3/4SM -SN VV008 TEMPO 0318/0324 1SM -SN OVC012 FM040000 12010KT 11/2SM -SNPL OVC010 TEMPO 0400/0402 3SM -FZRA BR RMK NXT FCST BY 032000Z=

CYYY 031938Z 0320/0408 09008KT 1SM -SN OVC015 TEMPO 0320/0323 3/4SM -SN VV008 FM032300 12010KT 11/2SM -SNPL OVC010 TEMPO 0323/0404 3SM -FZRA BR FM040400 16012KT P6SM OVC015 TEMPO 0404/0408 5SM -RA BR RMK NXT FCST BY 040200Z=

AMD CYYY 032026Z 0320/0408 09008KT 2SM -SN OVC015 TEMPO 0320/0323 3/4SM -SN VV008 FM032300 12010KT 11/2SM -SNPL OVC010 TEMPO 0323/0404 3SM -FZRA BR FM040400 16012KT P6SM OVC015 TEMPO 0404/0408 5SM -RA BR RMK NXT FCST BY 040200Z=

AMD CYYY 032317Z 0323/0408 11008KT 11/2SM -SN OVC015 TEMPO 0323/0403 3SM -SNPL BR OVC010 FM040300 16010KT 11/2SM -SNPL OVC010 TEMPO 0403/0405 3SM -FZRA BR FM040500 19008KT P6SM OVC015 TEMPO 0405/0408 5SM -RA BR RMK NXT FCST BY 040200Z=

#### **4 février 2016**

CYYY 040143Z 0402/0414 11010KT 3SM -SNPL BR OVC020 TEMPO 0402/0403 11/2SM -SN OVC010 FM040600 19008KT P6SM OVC015 TEMPO 0406/0409 2SM -RA BR OVC008

FM040900 20010KT P6SM -SHRA BKN070 FM041200 21015G25KT P6SM BKN070 BECMG 0412/0414 24015G30KT RMK NXT FCST BY 040800Z=

### **Messages d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) pour CYYY**

**3 février 2016**

METAR CYYY 031800Z CCA 10009KT 5/8SM R06/3500FT/N -SN VV008 M10/M13 A3022  
RMK SN8 /S02/ PRESFR SLP240=

SPECI CYYY 031821Z 07008G16KT 060V130 1SM R06/5500VP6000FT/U -SN OVC015  
M10/M12 A3018 RMK SN5SC3 PRESFR SLP226=

METAR CYYY 031900Z 06008KT 1SM R06/5500VP6000FT/D -SN OVC015 M10/M12 A3015  
RMK SN5SC3 /S01/ PRESFR SLP215=

METAR CYYY 032000Z 05006KT 010V110 1SM R06/6000FT/U -SN OVC015 M10/M12  
A3010 RMK SN5SC3 /S02/ PRESRR SLP199=

SPECI CYYY 032009Z 08006KT 010V110 2SM -SN OVC020 M10/M12 A3008 RMK SC8  
PRESFR

SLP193=

SPECI CYYY 032031Z 07005KT 1 1/4SM -SN OVC018 M09/M11 A3007 RMK SC8 PRESFR

SLP188=

METAR CYYY 032100Z 12010KT 1 1/4SM -SN OVC018 M08/M11 A3005 RMK SC8 /S04/

SLP183=

METAR CYYY 032200Z 12011G17KT 1 1/4SM -SN OVC018 M08/M10 A3001 RMK SC8  
/S05/ PRESFR SLP167=

METAR CYYY 032300Z 10008KT 1 1/4SM -SN OVC018 M08/M10 A2996 RMK SC8 PRESFR  
SLP150=

SPECI CYYY 032338Z 13010KT 3SM -PLSN OVC018 M07/M10 A2993 RMK SC8 SLP141=

**4 février 2016**

METAR CYYY 040000Z 12011KT 3SM -PLSN OVC020 M07/M10 A2990 RMK SC8 /S07/  
PRESFR SLP133=

METAR CYYY 040100Z 11009KT 3SM -PLSN OVC020 M06/M09 A2985 RMK SC8 SLP115=

METAR CYYY 040200Z 11008KT 10SM -PL OVC020 M05/M08 A2978 RMK SC8 PRESFR  
SLP091=

SPECI CYYY 040247Z 11007KT 6SM -FZRA OVC020 M04/M06 A2976 RMK SC8 PRESFR  
SLP082=

METAR CYYY 040300Z 11005KT 6SM -FZRA OVC020 M04/M06 A2975 RMK SC8 SLP079=



SPECI CYYY 040350Z 06007KT 15SM BKN018 M04/M05 A2972 RMK SC7 SLP070=

METAR CYYY 040400Z 08007KT 15SM BKN018 M03/M05 A2971 RMK SC7 PRESFR  
SLP066=

METAR CYYY 040500Z 05004KT 15SM BKN018 M03/M04 A2969 RMK SC7 SLP058=

METAR CYYY 040600Z 17002KT 15SM BKN018 M03/M04 A2966 RMK SC7 SLP048=

Annexe F – Données de l'enregistreur de données de vol

