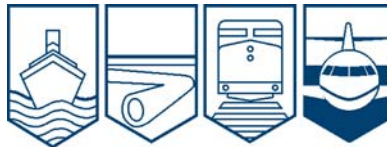


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A09P0187



### RENCONTRE DE TURBULENCE DE SILLAGE ET IMPACT CONTRE LE RELIEF

DU PIPER PA-31-350 CHIEFTAIN C-GNAF  
EXPLOITÉ PAR INTEGRA OPS LTD.  
(S/N CANADIAN AIR CHARTERS)  
À RICHMOND (COLOMBIE-BRITANNIQUE)  
LE 9 JUILLET 2009

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul 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

### Rencontre de turbulence de sillage et impact contre le relief

du Piper PA-31-350 Chieftain C-GNAF  
exploité par Integra Ops Ltd. (s/n Canadian Air  
Charters)  
à Richmond (Colombie-Britannique)  
le 9 juillet 2009

Rapport numéro A09P0187

### *Synopsis*

Le Piper PA-31-350 Chieftain de Canadian Air Charters (immatriculation C-GNAF, numéro de série 31-8052130) assurant le vol APEX 511 selon les règles de vol à vue, effectuée le dernier tronçon d'un vol de transport de marchandises entre Vancouver, Nanaimo, Victoria (Colombie-Britannique) et, de nouveau, Vancouver. Les conditions météorologiques sont propices au vol selon les règles de vol à vue, et les 9 dernières minutes du vol se font de nuit. L'avion est le troisième à l'atterrissage et vire sur la trajectoire d'approche finale à 1,5 mille marin derrière un Airbus A321 plus lourd, qui est en approche de la piste 26 droite de l'aéroport international de Vancouver et à 700 pieds au-dessous de la trajectoire de vol de ce dernier. À 22 h 8, heure avancée du Pacifique, la cible radar d'APEX 511 disparaît de l'écran radar de la tour. L'avion percute le sol dans un secteur industriel de Richmond (Colombie-Britannique) à 3 milles marins du seuil de la piste. Il y a explosion et incendie après l'impact. Les 2 membres d'équipage à bord subissent des blessures mortelles. Des biens sont endommagés, mais personne au sol n'est blessé. La radiobalise de repérage d'urgence à bord est détruite au moment de l'accident et aucun signal n'est capté.

*This report is also available in English.*

1.0	Renseignements de base .....	2
1.1	Déroulement du vol .....	2
1.2	Conditions météorologiques .....	3
1.3	Renseignements sur l'épave .....	4
1.4	Renseignements sur l'aéronef .....	4
1.5	Renseignements sur l'exploitant .....	5
1.6	Exploitation de la tour de Vancouver .....	6
1.7	Formation du contrôleur d'aéroport .....	6
1.8	Mesures prises par le contrôleur .....	6
1.9	Équipage de conduite .....	7
1.10	Fatigue .....	8
1.11	Mesures prises par l'équipage de conduite .....	9
1.12	Espacement visuel .....	10
1.13	Turbulence de sillage .....	12
1.14	Incidents et accidents précédents liés à la turbulence de sillage .....	16
2.0	Analyse .....	18
2.1	Introduction .....	18
2.2	Maintenance – Composants du moteur .....	18
2.3	Espacement visuel et turbulence de sillage .....	18
2.4	Réglementation sur le service de vol .....	19
2.5	Mesures prises par l'équipage de conduite .....	20
2.6	Mesures prises par le contrôleur d'aéroport .....	21
3.0	Conclusions .....	23
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs .....	23
3.2	Faits établis quant aux risques .....	23
3.3	Autre fait établi .....	23
4.0	Mesures de sécurité .....	24
4.1	Mesures de sécurité prises .....	24
4.1.1	Canadian Air Charters .....	24
4.1.2	Bureau de la sécurité des transports du Canada .....	24
4.1.2.1	Avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D3-A1 .....	24
4.1.2.2	Avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D2-A1 .....	24
	Annexe A – Route d'arrivée selon les règles de vol à vue Coal Pile .....	25
	Annexe B – Autres incidents liés à la turbulence de sillage .....	26

## 1.0 Renseignements de base

### 1.1 Déroutement du vol

La piste 26 droite (26R) était la piste en service à l'aéroport international de Vancouver, car les 2 autres pistes étaient fermées pour entretien.

À 21 h 57<sup>1</sup>, alors qu'il se trouvait à 20 milles marins (nm) au sud de l'aéroport et à 1500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), l'équipage d'APEX 511 a communiqué pour la première fois avec la tour de Vancouver. L'avion faisait alors partie d'un groupe de 4 appareils en rapprochement de Vancouver, les 3 autres étant des Airbus plus gros sous le contrôle du contrôleur des arrivées de Vancouver. Le premier entra en étape de base à gauche en provenance du sud-est et les 2 autres arrivaient en ligne droite de l'est. Le contrôleur d'aéroport de la tour de Vancouver a demandé à l'équipage d'APEX 511 de suivre la route d'arrivée selon

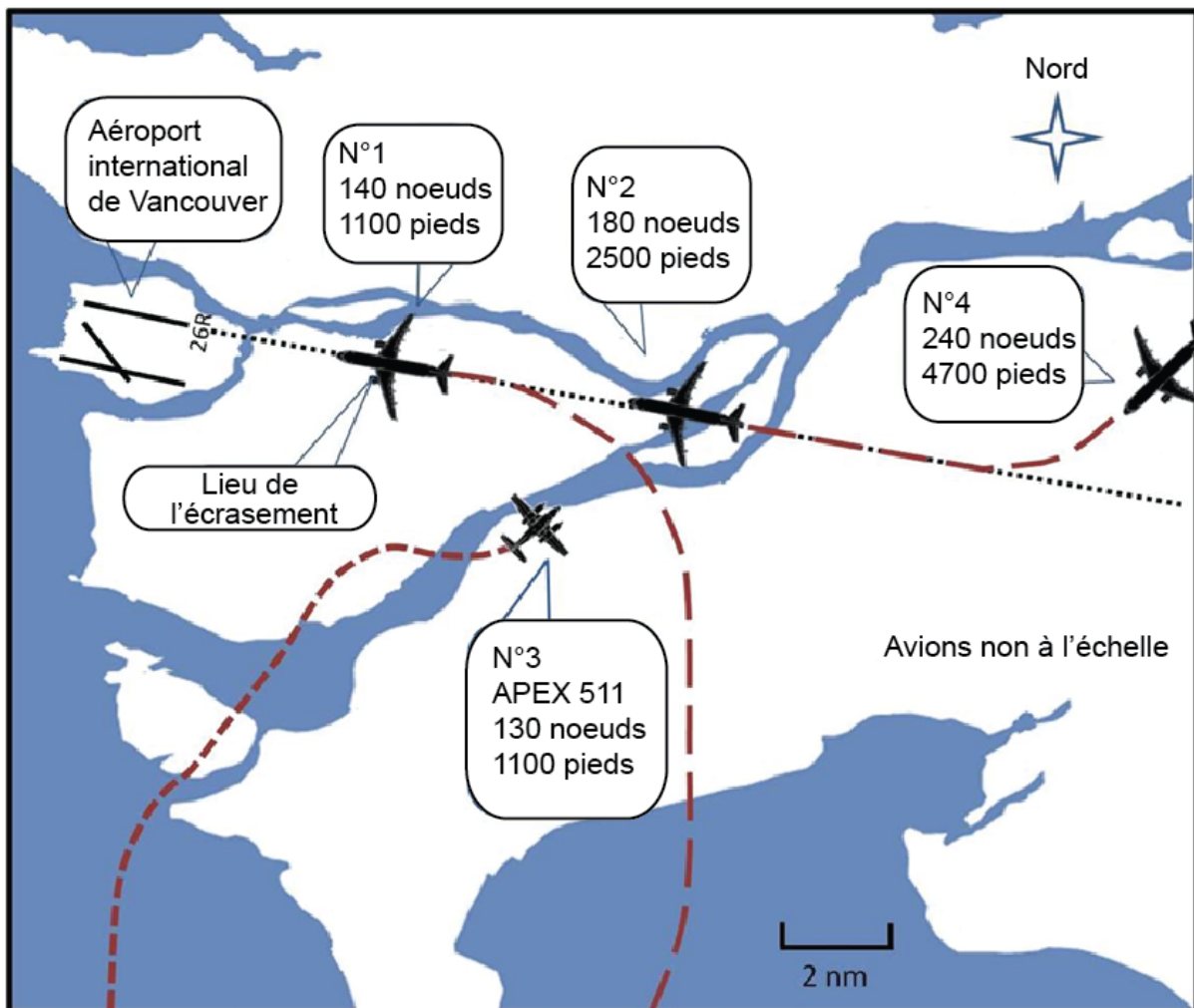


Figure 1. Position des aéronefs à 22 h 4 min 42 s

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

les règles de vol à vue (VFR) Coal Pile publiée pour la piste 26R (voir l'annexe A).

À 22 h 1, la tour de Vancouver a informé APEX 511 qu'il serait le deuxième ou le troisième avion en approche (voir la Figure 1). À 22 h 2, APEX 511 a survolé le VOR (radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence) de Vancouver, 7 nm au sud de l'aéroport, à 1500 pieds asl, en se dirigeant au nord-ouest vers un point de repère situé à environ 2 nm au sud-est de l'aéroport. Après avoir survolé le VOR, APEX 511 est descendu à 1000 pieds asl. À 22 h 3, APEX 511 a été avisé qu'il serait le troisième avion, derrière un Airbus. Le contrôleur d'aéroport a donné l'instruction à APEX 511 de prolonger son approche vers l'est, en vent arrière, et a émis un avertissement de turbulence de sillage en précisant la position de l'avion à suivre. L'équipage d'APEX 511 a demandé au contrôleur d'aéroport s'il devait effectuer un virage à 360°. Le contrôleur d'aéroport lui a confirmé d'élargir son approche vers l'est et de suivre l'avion lorsqu'il serait en vue.

À 22 h 4, le contrôleur d'aéroport a précisé que l'avion était en approche finale à 6,5 nm et passait 3000 pieds asl en descente. APEX 511 a signalé qu'il voyait l'avion. APEX 511 a alors reçu l'instruction de le suivre, mais de ne pas se tenir trop loin, car un autre Airbus se trouvait 8 nm derrière le précédent. APEX 511 a reçu un autre avertissement de turbulence de sillage. L'équipage a répondu qu'il resterait le plus près possible. Il s'agit de la dernière communication d'APEX 511.

L'Airbus qu'APEX 511 devait suivre a signalé sa présence sur la fréquence de la tour au moment où APEX 511 se trouvait en étape de base. Le contrôleur d'aéroport lui a mentionné la présence du Chieftain à 2 nm à sa gauche et lui a donné l'autorisation d'atterrir. Quand APEX 511 a terminé son virage pour se mettre en approche finale, il était à 5,1 nm du seuil et à 1000 pieds asl et se trouvait 1,5 nm derrière l'Airbus, qui avait survolé le même point 33 secondes plus tôt, passant 1700 pieds asl en descente. À ce moment, APEX 511 se trouvait à 6,1 nm devant l'autre Airbus.

APEX 511 a intercepté la trajectoire de vol de l'Airbus par en dessous à environ 3,2 nm du seuil de la piste, 44 secondes après le passage de l'Airbus à ce point. Neuf secondes plus tard, la cible radar indiquait qu'APEX 511 se trouvait à 700 pieds, avant que le contact radar ne soit perdu.

Au moment de l'approche, l'avion s'est mis à osciller d'un côté à l'autre, et un changement de son correspondant à une augmentation de puissance moteur a été perçu. L'avion s'est ensuite cabré à une vitesse nettement plus basse avant de partir dans un piqué très prononcé sur la gauche. APEX 511 n'a mentionné dans aucune de ses communications qu'il éprouvait des difficultés en approche.

## 1.2 Conditions météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 22 h pour l'aéroport international de Vancouver indiquait un vent de 160° vrai (V) à 2 nœuds et une visibilité de 30 milles terrestres, quelques nuages à 4000 pieds agl et une couche de nuages fragmentés à 22 000 pieds agl. La température était de 18 °C et le point de rosée était de 10 °C.

Il n'y avait ni vent perceptible ni aucune instabilité atmosphérique qui aurait pu causer une perte de contrôle de l'appareil ou favoriser la dissipation rapide de la turbulence de sillage causée par le vol précédent.

### 1.3 Renseignements sur l'épave

L'accident est survenu dans un complexe industriel de Richmond, situé à 3 nm à l'est du seuil et à environ 500 pieds au sud du prolongement de l'axe de la piste 26R. Un violent incendie après impact a consumé une bonne partie de l'avion. Au moment de l'impact, l'avion volait vers le sud, soit 80° à gauche par rapport à la trajectoire d'approche.

La queue de l'avion a d'abord heurté une cheminée, puis l'avion a heurté 2 autobus utilisés comme conteneurs de stockage stationnés l'un derrière l'autre. La distance entre le point sur le prolongement de l'axe de la piste où le contact radar a été perdu et le point d'impact avec la cheminée correspond à un angle de descente de 61°. La distance entre le point où l'avion a heurté la cheminée et le point d'impact avec le premier autobus correspond à un angle de descente de 17°. Aucun examen approfondi de la cellule n'a pu être effectué en raison des dommages importants causés par l'impact et l'incendie qui a suivi. Les composants de la cellule qui ont pu être examinés ne présentaient aucune anomalie.

L'examen des moteurs n'a révélé aucun signe d'incendie en vol ou de défaillance de moteur ni aucune défektivité interne qui aurait pu empêcher les moteurs de produire de la puissance. Les marques sur les 2 hélices indiquaient que les moteurs fonctionnaient au moment de l'impact.

### 1.4 Renseignements sur l'aéronef

Lorsque l'avion a quitté Victoria en direction de Vancouver, il y avait 456 livres de carburant et 800 livres de fret à bord. La masse totale au décollage en partance de Victoria était de 6158 livres et la masse estimée à l'atterrissage était de 6068 livres. La masse maximale au décollage de l'avion était de 7368 livres et la masse maximale à l'atterrissage était de 7000 livres. Puisqu'il n'a pas été possible de déterminer la disposition exacte du fret en raison du degré de destruction de l'avion, les données utilisées ont été tirées du plan de vol exploitation. La masse et le centrage étaient dans les limites prescrites.

L'examen technique des dossiers de l'avion n'a révélé aucune défektivité qui aurait pu nuire au vol. Un problème relatif à la maintenance selon état a cependant été noté, mais il n'a pas été considéré comme ayant contribué à l'accident.

L'exploitant avait l'autorisation de suivre le programme de maintenance selon état de moteurs à piston<sup>2</sup> plutôt que le programme de maintenance à périodicité fixe recommandée par le constructeur, qui part du principe que chaque partie d'un aéronef doit subir une révision générale périodique. Dans ce programme, les intervalles entre révisions des composants sont strictement contrôlés et selon celui-ci, l'appareil au complet doit être démonté périodiquement pour subir une révision générale avant d'être réassemblé. Le motoriste recommande un intervalle de révision de 1800 heures pour le modèle de moteur en question. La révision viserait normalement les accessoires du moteur comme la pompe à carburant entraînée par moteur.

---

<sup>2</sup> Les appendices C et D de la norme 625.86(2) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) – Tâches hors calendrier et exigences relatives à la maintenance de l'équipement – permettent la maintenance selon état des moteurs affectés à l'exploitation aérienne commerciale. Les exploitants aériens et les exploitants d'unités de formation au pilotage peuvent inclure de tels programmes dans les calendriers de maintenance de leurs aéronefs.

Grâce à l'expérience, on a conclu que certains composants n'avaient pas besoin d'une révision périodique, de là la création d'un nouveau procédé de maintenance dit « selon état ». Ce procédé s'applique aux composants, comme les moteurs, dont on peut évaluer l'état par une inspection visuelle, des mesures et des essais ou par d'autres moyens qui ne nécessitent pas le démontage ou la révision générale<sup>3</sup>. En vertu de ce programme, le moteur droit de l'avion en question totalisait 11 617 heures de vol depuis sa mise en service initiale et 2531 heures de vol depuis sa dernière révision, et le moteur gauche totalisait 7548 heures de vol depuis sa mise en service initiale et 3418 heures de vol depuis sa dernière révision.

Les exploitants d'aéronefs qui ont l'autorisation de suivre un programme de maintenance selon état peuvent, dans le cadre du processus d'approbation du calendrier de maintenance, prolonger l'intervalle entre 2 inspections récurrentes en se fondant sur les données de fiabilité tirées de leur programme de fiabilité<sup>4</sup>. La Circulaire consultative au Manuel de navigabilité 571.101/1, rubrique 3 c. de Transports Canada traite des programmes de fiabilité pour les exploitants d'une flotte d'au moins 5 appareils. La flotte de l'exploitant comportait 6 Piper Chieftain. L'exploitant n'avait pas de programme de fiabilité, ce qui signifie que les pompes à carburant entraînées par moteur devaient être inspectées aux intervalles prescrits dans le programme de maintenance de l'exploitant et remplacées ou révisées selon les précisions du fabricant.

L'examen du moteur droit (Textron-Lycoming modèle LTIO-540-J2BD, n° de série L-2331-68A) a révélé une anomalie au niveau des cannelures d'entraînement de la pompe à carburant entraînée par moteur. Celles-ci étaient usées au point de présenter des marques de rupture imminente. En raison de l'usure, les cannelures d'entraînement de la pompe à carburant vont éventuellement cesser d'entraîner la pompe, ce qui va causer l'arrêt du moteur par manque de carburant si la pompe à carburant de secours électrique n'est pas utilisée.

Selon le motoriste (Lycoming Engines), la maintenance selon état ne devrait pas être effectuée à des intervalles supérieurs à ceux indiqués dans les recommandations du fabricant. Plus particulièrement, l'intervalle de révision devrait être utilisé comme intervalle maximal pour toute mesure de maintenance selon état.

L'état des cannelures d'entraînement de la pompe à carburant entraînée par moteur de droite (Lear Romec, référence RJ9080J4A, numéro de série D-6872) démontre que la pompe avait été utilisée au-delà de sa durée de vie avant révision et qu'elle n'était pas couverte par un programme d'inspection visant à surveiller son état.

## *1.5 Renseignements sur l'exploitant*

Integra Ops Ltd. est titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne valide délivré par Transports Canada en vertu de la sous-partie 703 du RAC. L'entreprise est exploitée sous le nom commercial de Canadian Air Charters (CAC). Elle offre principalement des services réguliers de fret aérien.

---

<sup>3</sup> Transports Canada, Circulaire consultative au Manuel de navigabilité 571.101/1, rubriques 4 a., b.

<sup>4</sup> Les exigences relatives aux programmes sont données dans l'Avis de navigabilité B041, édition 4, de Transports Canada.

À la suite de l'accident du 9 juillet 2009, l'entreprise a volontairement suspendu ses activités jusqu'au 13 juillet 2009. Le 16 juillet 2009, Transports Canada a effectué une inspection à des fins spéciales afin d'évaluer le niveau de conformité aux exigences réglementaires. L'inspection n'a révélé aucun problème au niveau de la sécurité.

## *1.6 Exploitation de la tour de Vancouver*

Cinq contrôleurs et un superviseur se trouvaient dans la tour, ce qui correspond aux exigences établies. Deux contrôleurs étaient en service dans la vigie de la tour de contrôle, un contrôleur occupait le poste regroupé de contrôle tour nord et sud et un autre occupait le poste regroupé de contrôle sol nord et sud de même que le poste de délivrance des autorisations. Il s'agit d'une configuration normale pour cette période de la soirée, en prévision du changement de quart pour la nuit. L'équipe du quart de nuit, formée de 2 contrôleurs, arrive à 22 h 30 et prend son service à 23 h.

Aucune formation n'était donnée et aucun équipement n'était en panne. Le contrôleur d'aéroport en service revenait d'une pause et a pris en charge le poste de contrôle d'aéroport au moment de la première communication d'APEX 511 avec la tour.

## *1.7 Formation du contrôleur d'aéroport*

En 1995, le contrôleur d'aéroport avait obtenu sa qualification de contrôleur de secteur en route chargé des vols selon les règles de vol aux instruments (IFR) au centre de contrôle régional de Vancouver. En 2007, après avoir demandé une mutation, il a suivi le programme de formation et a obtenu sa qualification à la tour de Vancouver en août 2008. Le contrôleur d'aéroport terminait sa deuxième journée de travail après un repos de 3 jours.

Le plan de cours pour la tour de Vancouver définit les objectifs de formation et comporte une série d'exposés et de séances de simulation traitant de 18 sujets. Les candidats suivent la partie théorique du cours puis se rendent dans la vigie de la tour pour une formation continue en cours d'emploi avec un instructeur en milieu de travail désigné. Tout au long du processus, les candidats sont évalués de façon progressive en fonction des exigences de la norme jusqu'à ce qu'ils soient qualifiés ou que la formation se termine. Les contrôleurs reçoivent de la formation sur les performances des aéronefs et sur la turbulence de sillage (ses causes, comment l'éviter et comment insérer un aéronef en vol VFR dans un groupe d'aéronefs en vol IFR à l'arrivée).

## *1.8 Mesures prises par le contrôleur*

Le défi auquel le contrôleur d'aéroport faisait face consistait à insérer APEX 511, un avion léger et lent en vol VFR, dans le trafic en rapprochement composé d'avions plus lourds et plus rapides en vol IFR, et de diriger tous les avions vers la même piste. La vitesse des avions en vol IFR plus lourds allait changer progressivement et APEX 511 se déplacerait d'abord en vent arrière dans la direction opposée à celle des 2 avions arrivant de l'est.

Deux options d'espacement s'offraient au contrôleur d'aéroport : donner l'instruction à APEX 511 d'effectuer un ou plusieurs virages à 360° jusqu'à ce que l'espacement avec l'avion en approche finale soit suffisant pour lui permettre d'effectuer une étape de base serrée en prévision d'une courte finale avant l'atterrissage, ou lui donner l'instruction de prolonger



l'étape vent arrière. Le contrôleur d'aéroport a choisi la deuxième option et a négocié une augmentation de l'espacement entre les 2 autres avions en vol IFR avec le contrôleur des arrivées.

Aux aéroports sous couverture radar, on applique l'espacement de turbulence de sillage par radar (distance) ou visuellement. Lorsqu'un service de contrôle radar est fourni, l'espacement minimal de turbulence de sillage appliqué pour un avion léger volant derrière un avion de taille moyenne est de 4 nm ou de 1000 pieds au-dessous de l'avion. Que les avions soient en vol VFR ou IFR, il incombe au contrôleur de la circulation aérienne de fournir l'espacement de turbulence de sillage par radar jusqu'à ce que l'espacement visuel soit établi par l'avion plus léger et que ce dernier signale qu'il voit l'avion plus lourd. Lorsque l'espacement visuel est établi, il revient au pilote d'éviter la turbulence de sillage.

Avant qu'APEX 511 ne voie l'avion, le contrôleur d'aéroport a surveillé le vol pour s'assurer qu'il n'y avait aucun conflit de trafic. Après qu'APEX 511 a signalé qu'il voyait l'avion, le contrôleur d'aéroport lui a donné l'instruction de suivre ce dernier et a émis un deuxième avertissement de turbulence de sillage. Il a aussi informé l'Airbus qu'APEX 511 se trouvait devant lui à 2 nm à gauche et qu'il allait venir se placer derrière lui (voir la figure 1).

APEX 511 a été informé des renseignements sur la distance relatifs à l'Airbus qui allait se trouver derrière lui. L'Airbus a aussi été informé de la présence d'APEX 511, et celui-ci a alors signalé qu'il voyait le Chieftain à 5 nm devant. Le contrôleur d'aéroport a alors considéré que l'espacement visuel avait été établi par les 3 avions visés, conformément à la rubrique 394.2 du Manuel d'exploitation (MANOPS) du contrôle de la circulation aérienne (ATC). Environ 30 secondes plus tard, alors que le contrôleur d'aéroport surveillait la piste en prévision de l'arrivée de l'Airbus qui se trouvait devant APEX 511, la cible radar d'APEX 511 a disparu de l'écran radar.

La section 128 du MANOPS ATC de NAV CANADA, intitulée *Turbulence de sillage*, précise aux contrôleurs d'aéroport qu'ils « doivent se montrer vigilants en ce qui concerne les risques éventuels que pose la turbulence de sillage ». Une note connexe précise entre autres que « Tous les aéronefs sont générateurs de tourbillons de sillage en quelque sorte proportionnels à leur masse et [...] étant donné que la turbulence de sillage est invisible, sa présence et son emplacement exact ne peuvent pas être déterminés avec précision ». À cet égard, le MANOPS ATC précise aussi que les contrôleurs d'aéroports avec couverture radar, s'ils le jugent nécessaire, peuvent augmenter l'espacement minimal de turbulence de sillage ou appliquer un espacement minimal de turbulence de sillage dans une situation où aucun autre espacement minimal n'est appliqué. Le MANOPS ATC contient aussi quelques renseignements sur ce qu'est la turbulence de sillage et comment l'éviter. Comme APEX 511 était un vol VFR et qu'il avait signalé qu'il voyait l'avion devant lui, le contrôleur d'aéroport, conformément au MANOPS ATC, a choisi d'émettre un avertissement de turbulence de sillage plutôt que d'établir un espacement de turbulence de sillage.

## 1.9 Équipage de conduite

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Il avait l'habitude d'effectuer des décollages et des atterrissages de nuit à l'aéroport international de Vancouver.

Le commandant de bord était titulaire d'une licence de pilote de ligne et totalisait 2300 heures de vol. Il avait commencé à travailler à temps plein pour CAC en septembre 2006. En août 2008, il avait demandé à travailler à temps partiel pour CAC afin de pouvoir aussi travailler comme entrepreneur autonome. Le commandant de bord avait effectué un vol plus tôt dans la journée pour CAC, il avait travaillé toute la journée comme peintre de maison contractuel puis il avait pris les commandes du vol en question. Les dossiers de temps de vol et de service de CAC n'indiquaient pas les heures de travail consacrées à des tâches autres que des tâches de vol effectuées à l'extérieur, et cela n'est pas exigé par la réglementation<sup>5</sup>. L'examen des périodes de travail et de repos du commandant au cours des 3 jours (72 heures) précédant l'accident a révélé un manque de sommeil accumulé d'environ 3,5 heures. Le commandant de bord s'était levé à 4 h 30 le jour de l'accident.

Le copilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel et totalisait 400 heures de vol. Il travaillait à temps partiel pour CAC depuis juin 2008. Il travaillait aussi 4 heures par jour pour un autre employeur, en après-midi, du lundi au vendredi. Il était affecté à des tâches autres que des tâches de vol. Les dossiers de temps de vol et de service de CAC n'indiquaient pas les heures de travail effectuées chez un employeur autre qu'un transporteur aérien. L'examen des périodes de travail et de repos du copilote au cours des 72 heures précédant l'accident n'a révélé aucun problème.

## 1.10 Fatigue

La fatigue influe sur la perception, l'évaluation des risques et d'autres processus cognitifs, et ses effets peuvent être comparables à ceux de la consommation d'alcool<sup>6</sup>. Chaque personne a besoin d'un minimum de sommeil pour rester vigilante et atteindre un niveau de rendement acceptable. Selon les recherches, plus de 90 % de la population a besoin de 7,5 à 8,5 heures de sommeil par jour. Des périodes de sommeil plus courtes entraînent un manque de sommeil, qui est cumulatif. Par exemple, une heure de sommeil de moins par jour pendant 4 jours peut entraîner les mêmes déficits que 4 heures de sommeil de moins pendant une seule nuit. Si, en situation de manque de sommeil, le rythme circadien est perturbé ou qu'une longue journée de travail est effectuée, les effets peuvent être désastreux. Le manque de sommeil peut entraîner des problèmes d'attention qui peuvent être indiqués par :

- une difficulté à évaluer la gravité de la situation;
- une incapacité à anticiper le danger;
- une diminution de la vigilance;
- une détérioration au niveau de la capacité à résoudre des problèmes qui peut être marquée par :
  - une interprétation erronée de la situation;
  - une mauvaise évaluation de la distance, de la vitesse ou du temps.

---

<sup>5</sup> RAC 700.14, 700.15 et 700.16.

<sup>6</sup> Williamson, A.M., et Anne-Marie Feyer (2000), *Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication*, Occupational Environmental Medicine Online. Adresse confirmée comme étant valide à la date de publication du rapport : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1739867/pdf/v057p00649.pdf>.

## 1.11 Mesures prises par l'équipage de conduite

APEX 511 volait en VFR. L'équipage devait donc utiliser des moyens visuels pour éviter les abordages, franchir le relief et les obstacles et éviter la turbulence de sillage. Au moment où APEX 511 a effectué son approche, il faisait nuit. De plus, APEX 511 effectuait un circuit d'aérodrome élargi et les avions autour étaient plus gros et plus rapides et changeaient de vitesse au moment de l'approche directe à vue. APEX 511 a signalé, pour la première fois, qu'il voyait l'avion devant lui alors qu'il se trouvait à 6,5 nm. Alors qu'APEX 511 se trouvait en étape de base, l'avion devant lui avait une altitude supérieure à la sienne et descendait. L'équipage de l'Airbus a été informé de la présence d'APEX 511 au moment où il a reçu l'autorisation d'atterrir. L'information fournie à ce moment-là donnait à APEX 511 une mise à jour de la situation en indiquant que l'avion devant lui se trouvait à 2 nm, que son attitude était supérieure et qu'il croisait sa trajectoire de gauche à droite. Il n'a pas été déterminé si l'équipage d'APEX 511 a reçu cette information.

Il y avait 2 pilotes à bord d'APEX 511, ce qui est considéré comme une mesure de sécurité par redondance. Lorsque les exploitants utilisent des équipages de 2 pilotes, ils doivent établir des procédures d'utilisation normalisées (SOP) pour assurer une bonne gestion des ressources entre les membres d'équipage. Les SOP de CAC pour le Piper Chieftain précisent que l'équipage doit faire un exposé sur l'approche pour tous les vols. L'avion n'avait pas d'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage et n'était pas tenu d'en avoir un en vertu de la réglementation. Il n'a donc pas été possible de déterminer jusqu'à quel point il y eu collaboration ou communication entre les 2 pilotes.

Même si un avion en vol produit toujours une turbulence de sillage, un avion qui suit ne rencontrera pas nécessairement cette turbulence. APEX 511 volait à environ 2 nm derrière l'Airbus et à une altitude inférieure à celui-ci. Avant la perte de contrôle, il se peut que l'avion n'ait pas subi les effets de la turbulence de sillage. Il est impossible de savoir si les membres d'équipage avaient déjà senti les effets de la turbulence de sillage auparavant.

Selon le plan du contrôleur, différentes options s'offraient à APEX 511 pour entrer dans le circuit d'aérodrome en tenant compte du fait qu'il devait appliquer l'espacement de turbulence de sillage, éviter les abordages et respecter les intervalles d'atterrissage. L'étape de base permettait d'apporter des modifications à la trajectoire de vol comme virer plus tôt et se rendre directement à mi-longueur pour un atterrissage long, diminuer la vitesse pour augmenter l'espacement ou traverser la trajectoire d'approche finale et effectuer des manœuvres du côté nord pour augmenter l'espacement. Il y avait aussi d'autres options comme conserver l'altitude existante et ne pas se placer dans le prolongement de la piste avant d'être au-dessus de la trajectoire de descente ou de la trajectoire de vol de l'Airbus qui se trouvait devant puis s'aligner sur la piste ou refuser le plan du contrôleur et demander une autre séquence d'atterrissage. L'enregistrement radar n'indiquait aucune modification de la trajectoire de vol concordant avec une des options susmentionnées. APEX 511 n'a pas demandé au contrôleur qu'il lui fournisse des vecteurs pour intercepter la trajectoire d'approche finale ou de l'information supplémentaire sur la distance par rapport à l'avion devant lui.

## 1.12 Espacement visuel

Le RAC définit l'espacement visuel comme suit :

Procédure utilisée par les contrôleurs pour espacer les aéronefs évoluant en conditions météorologiques de vol à vue (VMC). a) VFR – Le contrôleur ayant déterminé la possibilité d'un conflit, délivre des autorisations, émet des instructions et (ou) communique des renseignements, au besoin, afin d'aider les aéronefs à se repérer visuellement ou de les aider à éviter d'autres aéronefs.

Le Manuel d'information aéronautique (AIM) traite des opérations VFR à l'intérieur d'un espace aérien de classe C et précise ce qui suit : « On peut recourir à un espacement à vue lorsque le pilote signale qu'il aperçoit l'aéronef qui le précède et reçoit la consigne de le suivre. »

La vision, et plus particulièrement la perception de profondeur<sup>7</sup>, diminue dans le noir. La perception de profondeur est la capacité de déterminer la position des objets dans l'espace<sup>8</sup>. Le jour, on peut identifier des objets qui se trouvent très loin avec une bonne résolution des détails, sauf dans un ciel sans nuage, car les repères normaux de perception de profondeur sont peu nombreux. La capacité d'évaluer les distances est donc faible lorsqu'on est dans les airs plutôt que sur la terre. En pilotage de nuit, la capacité d'évaluer la distance et la taille des objets diminue encore plus<sup>9</sup>, car très peu des repères requis sont visibles et les quelques repères qui peuvent quand même être utilisés dans le noir, comme la parallaxe de mouvement et le mouvement cinétique, sont grandement estompés.

Sur l'Airbus qu'APEX 511 suivait, les feux de navigation courants, les feux anti-collision clignotants rouges dans le haut et le bas du fuselage, les feux à éclats blancs aux extrémités des ailes et sur la queue, les projecteurs d'empennage sur les stabilisateurs qui éclairent les 2 côtés de la dérive et les phares d'atterrissage au bord d'attaque des ailes étaient allumés. Il se peut que les feux d'inspection d'aile n'aient pas été allumés.

Si la direction du vol et l'envergure sont connues, il est possible d'utiliser un groupe de feux pour évaluer la distance. Puisqu'il n'est pas facile, même avec des objets dont on connaît bien la taille, d'évaluer avec précision la distance absolue, cela peut être particulièrement difficile dans un contexte aéronautique, car de nombreux avions de ligne ont la même forme et ne sont que des versions plus grosses ou plus petites d'un même modèle. La parallaxe de mouvement, qui fait que les objets plus rapprochés semblent se déplacer plus rapidement que ceux plus éloignés, et le mouvement cinétique ne sont pas très utiles dans le cas d'un avion qui vole derrière un autre et au-dessous de celui-ci, puisque les vitesses relatives sont semblables et que le ciel nocturne n'offre aucun repère en arrière-plan.

---

<sup>7</sup> U.S. FAA Rotorcraft Flying Handbook, FAA-H-8083-21, Figure 13-4; American Optometric Association, 2006, *The Eye and Night Vision*. Adresse confirmée comme étant valide à la date de publication du rapport : <http://www.aoa.org/x5352.xml?prt>.

<sup>8</sup> The Merck Manuals Online Medical Library. Adresse confirmée comme étant valide à la date de publication du rapport : [www.merck.com/mmhe/sec20/ch225/ch225b.html](http://www.merck.com/mmhe/sec20/ch225/ch225b.html).

<sup>9</sup> U.S. FAA Rotorcraft Flying Handbook, FAA-H-8083-21, Figure 13-4.

Dans les cas d'espacement visuel, l'équipage de conduite est responsable d'établir et de maintenir un espacement de turbulence de sillage et recevra un avertissement de turbulence de sillage. La rubrique 2.9 de la section AIR de l'AIM qui porte sur la turbulence de sillage précise que l'ATC utilise des distances d'espacement précises qui sont données à la rubrique 4.1.1 de la section RAC, mais elle ne précise pas que l'équipage de conduite devrait se servir de ces distances après avoir reçu un avertissement de turbulence de sillage de l'ATC lorsqu'il vole à vue.

En mai 2008, NAV CANADA a publié la circulaire d'information aéronautique (AIC) 12/08 qui précise les plans de mise en œuvre et les procédures connexes relativement aux nouvelles applications de l'espacement visuel entre les aéronefs au départ qui utilisent les règles IFR dans des conditions VMC. En septembre 2008, à la suite de suggestions et de commentaires reçus de différents exploitants, NAV CANADA a publié l'AIC 40/08 afin de fournir des renseignements supplémentaires et compléter l'AIC 12/08. Les points ci-dessous sont tirés des AIC 12/08 et 40/08 :

- Il est prévu que ces procédures d'espacement visuel augmenteront sensiblement l'efficacité de nos aéroports principaux lorsque les conditions météo sont bonnes.
- Contrairement aux normes d'espacement IFR traditionnelles, aucun critère d'espacement n'est lié à l'espacement visuel. Les procédures d'espacement visuel ont été établies conformément aux principes de l'Organisation de l'aviation civile internationale sur la réduction du minimum d'espacement.

Le 1<sup>er</sup> juillet 2010, ces circulaires ont été remplacées par l'AIC 15/10. Ces nouvelles procédures ont été mises en œuvre afin d'optimiser les mesures d'efficacité à la disposition de l'industrie en matière d'espacement visuel entre des aéronefs en vol IFR au départ. Ces mesures d'efficacité n'étaient disponibles auparavant que pour les aéronefs en vol IFR à l'arrivée. Par contre, l'ATC n'utilisera pas l'espacement visuel appliqué par les pilotes entre des aéronefs en vol IFR qui effectuent des départs successifs si un espacement de turbulence de sillage est requis.

### 1.13 *Turbulence de sillage*

Selon l'OACI, la turbulence de sillage est due à des masses d'air tournantes engendrées derrière les extrémités d'aile des aéronefs à réaction de gros tonnage. Le terme « turbulence de sillage » peut s'appliquer à plusieurs types de turbulence produite par un aéronef comme le souffle réacteur, le souffle de l'hélice, le sillage du rotor et les tourbillons en bout d'aile ou de sillage. Les tourbillons de sillage sont produits par les mêmes forces qui fournissent la portance à l'aéronef. L'air haute pression sous l'aile s'écoule vers l'extérieur autour du bout d'aile et rejoint l'air basse pression sur l'aile pour former un tourbillon (tornade horizontale) derrière l'aile. Ce tourbillon tourne dans le sens antihoraire et descend derrière l'aéronef. Le principal danger pour un aéronef qui rencontre ces tourbillons est de partir dans un mouvement de roulis induit impossible à maîtriser<sup>10</sup>.

Au moment de la perte de contrôle, APEX 511 était à 1,9 nm, ou 44 secondes, derrière l'Airbus et s'approchait de sa trajectoire de vol par dessous. Il n'existe aucun système qui permet de diminuer la norme d'espacement actuelle pour les aéronefs alignés tout en maintenant ou en augmentant le niveau de sécurité. Pour les vols en conditions IFR, les services de la circulation aérienne utilisent des normes d'espacement comme moyen de réduire les risques de turbulence de sillage. En conditions météorologiques de vol aux instruments, lorsque l'équipage de conduite vole en VFR ou vole en IFR et accepte d'effectuer une approche visuelle, il est responsable d'assurer l'espacement (y compris l'espacement de turbulence de sillage).

Les effets de la turbulence de sillage sont connus depuis les années 1950, et les risques inhérents à celle-ci ont été présentés dans de nombreuses études effectuées par différents organismes comme la National Aeronautics and Space Administration (NASA), la FAA, le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et des constructeurs d'aéronefs. Les résultats de ces études ont mené à l'établissement de normes d'espacement qui s'appliquent principalement à l'arrivée et au départ des avions. Ces normes ont fait l'objet de modifications, mais elles sont toujours en vigueur. L'espacement est fondé sur la distance dans un environnement radar et sur le temps dans un environnement non radar.

En France, entre 1989 et 1991, 4 accidents et 1 incident ont été causés par la rencontre de turbulence de sillage. Une étude menée sur ces différents cas démontre que le phénomène de la turbulence de sillage n'est pas encore très bien compris et que les pilotes et les contrôleurs ne connaissent peut-être pas toutes les combinaisons de paramètres qui peuvent créer une situation dangereuse. Parmi les éléments qui ont joué un rôle dans le présent accident, on retrouve l'obscurité ainsi que les principaux facteurs communs entre les 5 cas susmentionnés, soit :

- l'avion impliqué était petit;
- il suivait un avion plus gros;
- il effectuait un vol VFR;
- il a rencontré la turbulence de sillage au moment de l'approche;
- la vitesse du vent était inférieure à 8 nœuds;

---

<sup>10</sup> Flight Safety Foundation, Flight Safety Digest, Vol. 21 N° 3-4, mars-avril 2002.

- l'équipage de conduite était conscient de la présence de l'avion devant lui;
- l'espacement était inférieur à 2 minutes et 30 secondes;
- l'équipage de conduite était expérimenté;
- le système de contrôle de la circulation aérienne n'avait pas à assurer l'espacement entre les avions en VFR/VFR et les avions en VFR/IFR<sup>11</sup>.

La NASA a effectué une série d'essais en vol afin de déterminer les caractéristiques de la turbulence de sillage produite par un Boeing 727-200 dans des conditions d'approches à l'aide du système d'atterrissage aux instruments (ILS). Un Lear Jet LR-23 et un Piper PA-30 Twin Comanche ont été utilisés pour provoquer des rencontres intentionnelles avec la turbulence de sillage. À la suite de ces essais, il a été conclu qu'un espacement minimal de 4,5 nm permettrait à un petit avion de maîtriser le mouvement en roulis provoqué par la rencontre en parallèle avec la turbulence de sillage du B727 au moment de l'atterrissage.

Un article publié dans la revue *Flight Safety Digest*<sup>12</sup> de la Flight Safety Foundation précise que 190 accidents et incidents liés à la turbulence de sillage se sont produits aux États-Unis entre janvier 1983 et décembre 2000. Parmi ceux-ci, 14 étaient des accidents mortels qui ont fait 35 victimes. Parmi les 130 accidents liés à la turbulence de sillage inscrits dans la base de données du National Transportation Safety Board (NTSB), 57 % se sont produits au moment de la phase d'approche et d'atterrissage, 98 % se sont produits dans des conditions VMC et 3 % se sont produits la nuit.

Au Canada, les avions qui volent en IFR dans des conditions VMC effectuent des approches visuelles depuis des décennies. Afin que les équipages de conduite puissent établir et maintenir par eux-mêmes l'espacement de turbulence de sillage, ils doivent établir un espacement visuel. Une ébauche d'analyse statistique préliminaire effectuée récemment par Transports Canada, intitulée *L'augmentation du nombre d'événements de turbulence de sillage au Canada*<sup>13</sup>, soulève des questions sur la pertinence des pratiques actuelles et précise que des modèles de prévision valides aideraient les fournisseurs de services de la circulation aérienne à maximiser l'efficacité de leur système tout en assurant la sécurité. Les tentatives d'élaboration de modèles de prévision n'ont eu que peu de succès jusqu'à maintenant.

L'étude comparait le nombre d'événements dans une année au nombre total d'heures de vol des avions commerciaux pour cette même année. Depuis 1999, le nombre d'incidents liés à la turbulence de sillage et le taux d'incidents établis en fonction du nombre d'événements par 100 000 heures de vol des avions commerciaux augmentent, malgré certaines fluctuations en 2006 et 2007.

---

<sup>11</sup> U.S. Department of Transportation, Proceedings of the Aircraft Wake Vortex Conference, juin 1992, Volume I, documents 1 - 29, rapport n° DOT-VNTSC-FAA-92-2-1.

<sup>12</sup> Flight Safety Foundation, (2002), Data Show that U.S. Wake-turbulence Accidents Are Most Frequent at Low Altitude and During Approach and Landing, *Flight Safety Digest*, mars-avril 2002.

<sup>13</sup> Transports Canada – Système de gestion des dossiers, des documents et de l'information (SGDDI) n° 5238009.

L'étude traite de la façon dont l'augmentation du taux d'incidents liés à la turbulence de sillage est liée à l'augmentation des activités aériennes, déterminée en fonction du nombre d'heures de vol des avions commerciaux. Il n'y a pas nécessairement de corrélation linéaire entre les deux. Une augmentation modeste de la circulation aérienne peut se solder par un taux relativement élevé d'incidents liés à la turbulence de sillage, plus particulièrement près des aéroports, et faire augmenter les risques d'accident.

Selon l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), la clé réside dans la détection : « Il faut s'intéresser particulièrement à l'absence de moyens efficaces et fiables d'évaluation et de localisation de la turbulence de sillage<sup>14</sup> ». Puisque la circulation aérienne devrait augmenter de 2 à 3 fois d'ici 2025<sup>15</sup>, si rien n'est fait, le taux d'incidents liés à la turbulence de sillage continuera probablement d'augmenter. Les fournisseurs de services de la circulation aérienne se sentiront forcés d'accélérer la cadence des départs et des arrivées. Il y a des raisons de croire que les normes d'espacement minimal en vigueur ne seraient pas suffisantes en raison du pourcentage élevé d'incidents qui se produisent lorsque les normes d'espacement sont respectées ou dépassées. Dans le cadre de son analyse statistique, Transports Canada a examiné des données tirées du Système de comptes rendus quotidiens des événements de l'aviation civile (SCREAQ) pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 1999 au 31 décembre 2008. Au total, 155 incidents se sont produits dans l'espace aérien du Canada. Il y a aussi eu 70 comptes rendus officiels de turbulence de sillage. Dans 18 des 27 incidents qui se sont produits au moment de l'approche (66 %), les exigences en matière d'espacement de turbulence de sillage avaient été respectées ou de beaucoup dépassées<sup>16</sup>.

Le *Manuel de pilotage des hélicoptères* de Transports Canada (TP 9982) précise ce qui suit : « De nombreux incidents et accidents d'aéronef dans nos aéroports les plus occupés sont le résultat de la turbulence de sillage et ce malgré de nombreuses études sur le sujet et une publicité intense dans la communauté aéronautique. » Vers la fin de la même section, on peut lire ce qui suit : « Il faut remarquer, cependant, que les déplacements des tourbillons ne sont pas vraiment prévisibles. »

La rubrique 2.9 de la section Discipline aéronautique (AIR) du *Manuel d'information aéronautique* (AIM) de Transports Canada (TP 14371) traite de manière approfondie de la turbulence de sillage et fournit des lignes directrices pour éviter la turbulence de sillage, par exemple « Évitement des tourbillons – Il est recommandé d'éviter les zones au-dessous et derrière les autres aéronefs, spécialement à basse altitude ou même une petite turbulence de sillage peut être désastreuse. ».

---

<sup>14</sup> Document de travail de l'OACI, 36<sup>e</sup> session de l'Assemblée; L'urgence des problèmes de sécurité liés à la turbulence de sillage en aviation civile, 13 septembre 2007.

<sup>15</sup> Aeronautics and Space Engineering Board, *Technology Pathways: Assessing the Integrated Plan for a Next Generation Air Transportation System*, National Academics Press, page 17, 2005.

<sup>16</sup> Transports Canada, ébauche d'analyse statistique préliminaire intitulée *L'augmentation du nombre d'événements de turbulence de sillage au Canada*, Transports Canada – Système de gestion des dossiers, des documents et de l'information (SGDDI) n° 5238009.



La rubrique 2.9.2 de la section AIR précise, entre autres, ce qui suit :

L'ATC utilise les termes « ATTENTION – TURBULENCE DE SILLAGE » pour avertir les pilotes de la présence des tourbillons. Il est de la responsabilité des pilotes de prendre les mesures nécessaires pour les éviter

Les contrôleurs de la circulation aérienne appliquent des minimums d'espacement entre les aéronefs. La rubrique 4.1.1 de la section Règles de l'air et services de la circulation aérienne (RAC) de l'AIM décrit les procédures permettant de réduire les dangers de la turbulence de sillage.

Les aéronefs qui effectuent une approche finale IFR devraient rester sur l'alignement de descente, car l'espacement qui leur est fourni devrait leur assurer une marge suffisante pour éviter la turbulence de sillage. Les aéronefs en VFR à l'arrivée devraient essayer de se poser au-delà du point de poser des roues du gros porteur qui les précède et rester au-dessus de sa trajectoire de vol. S'il est nécessaire d'augmenter la distance qui sépare les aéronefs à l'arrivée, ils devraient éviter de trop réduire leur vitesse et de faire une approche finale trop basse. Les pilotes devraient appliquer la puissance requise pour maintenir leur altitude jusqu'à ce qu'ils atteignent la trajectoire normale de descente. C'est dans le dernier demi-mille que le plus grand nombre de turbulences de sillage est signalé.

La rubrique 4.1.1 de la section RAC de l'AIM précise, entre autres, ce qui suit :

Turbulence de sillage – La turbulence de sillage se fait surtout sentir au départ et à l'arrivée. Il ne faut toutefois pas prétendre qu'elle se présente uniquement à proximité des aérodromes. La prudence est de mise lorsqu'un vol est effectué n'importe où derrière un gros aéronef et à moins de 1 000 pi en dessous de ce dernier. [...] De plus, malgré ces mesures, l'ATC ne peut garantir l'évitement des turbulences de sillage.

La rubrique 4.1.1 de la section RAC traite des minimums d'espacement de turbulence de sillage qui s'appliquent aux aéronefs en IFR ou en VFR au départ, mais ne traite pas des minimums d'espacement de turbulence de sillage qui s'appliquent aux aéronefs en IFR ou en VFR à l'arrivée.

L'annexe 4-E du manuel d'exploitation de la compagnie (MEC) de CAC intitulé *Operations in Hazardous Conditions* (Exploitation dans des conditions dangereuses) comprend une copie de la rubrique 2.9 de la section AIR de l'AIM qui porte sur la turbulence de sillage. La section 6 du MEC définit les exigences en matière de formation, mais n'exige aucune discussion, formation en simulateur de vol à reproduction intégrale des mouvements ni formation en vol sur les stratégies visant à prévenir les rencontres de turbulence de sillage, ce qui ne contrevient pas à la réglementation.

La circulaire consultative 90-23E de la FAA des É.-U. comprend les renseignements suivants (voir la **Error! Reference source not found.**) :

[TRADUCTION]

**ZONES À PROBLÈME** - Il est recommandé d'éviter les zones au-dessous et derrière l'aéronef qui produit les tourbillons spécialement à basse altitude, où même une rencontre momentanée de turbulence de sillage peut être dangereuse. Les pilotes devraient être particulièrement vigilants lorsque le vent est calme, car les tourbillons peuvent : a) rester sur la zone d'atterrissage.

**RESPONSABILITÉ DU PILOTE** - Le pilote doit accorder la même importance aux procédures de visualisation et d'évitement de la turbulence de sillage qu'aux procédures d'évitement d'abordage, car les rencontres de turbulence de sillage peuvent souvent être aussi dangereuses que les abordages.

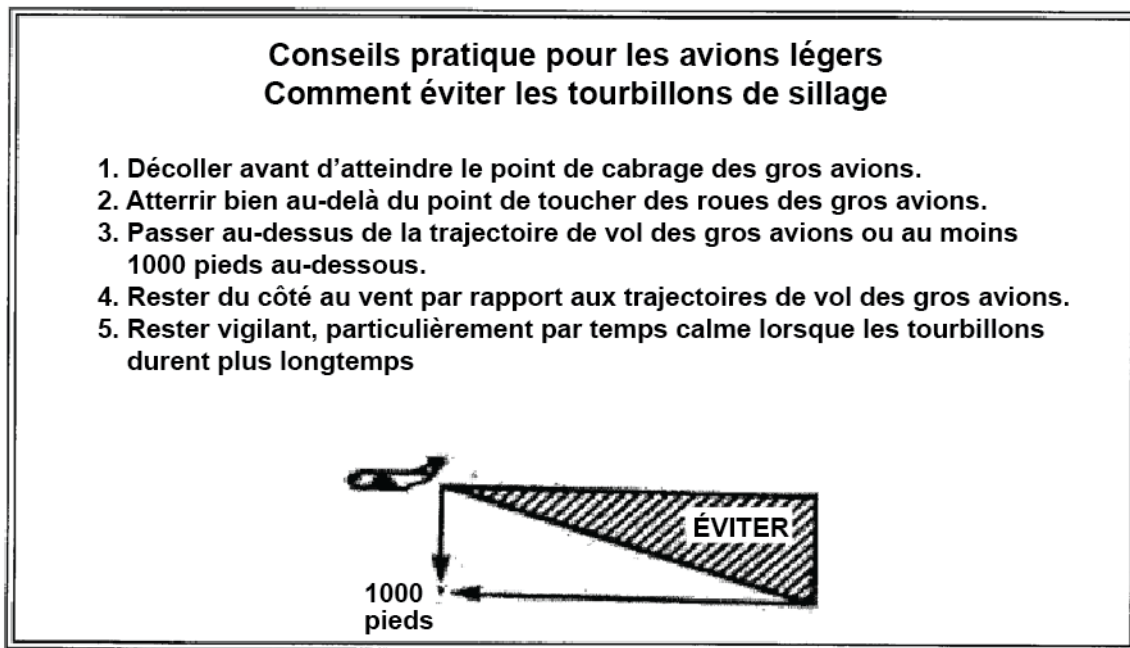


Figure 2. Conseils pratiques tirés de la circulaire consultative 90 23E de la FAA

La turbulence de sillage est un sujet d'examen écrit à tous les niveaux de formation au pilotage au Canada. Malgré les nombreuses études sur le sujet et une publicité intense dans la communauté aéronautique, il continue à y avoir des incidents et des accidents.

### *1.14 Incidents et accidents précédents liés à la turbulence de sillage*

Selon les dossiers du BST, pendant la période de 10 ans s'échelonnant de 1999 à 2009, 25 cas de rencontre de turbulence de sillage ont été signalés, dont 15 se sont produits au moment des phases d'approche et de départ. Parmi les 7 cas qui se sont produits en phase d'approche, 3 ont eu lieu la nuit et au moins 2 alors que l'aéronef effectuait une approche visuelle. Rien n'indiquait que l'espacement visuel était un facteur contributif. Les conséquences signalées vont d'une turbulence mineure à d'importantes oscillations en roulis. Il y a eu aussi une remise des gaz en courte finale. Aucun de ces cas ne s'est soldé par un accident, mais certains ont causé des

blessures mineures aux occupants et des dommages mineurs aux aéronefs. Ces dossiers ne rendent probablement pas compte du nombre réel de cas de rencontre de turbulence de sillage au Canada, car les pilotes des avions dont la masse maximale certifiée au décollage est inférieure à 5700 kg ne sont pas tenus de signaler les incidents liés à la turbulence de sillage et les pilotes des avions de plus de 5700 kg sont tenus de signaler uniquement les incidents au cours desquels ils ont éprouvé des difficultés de pilotage. L'annexe B contient les résumés de 7 événements signalés qui se sont produits au moment de la phase d'approche.

L'étude menée par Transports Canada, intitulée *L'augmentation du nombre d'événements de turbulence de sillage au Canada*, précise que dans 76 des 155 incidents liés à la turbulence de sillage répertoriés entre 1999 et 2008, l'espacement de turbulence de sillage requis entre les avions avait diminué. Ces incidents devaient être signalés même s'ils n'ont entraîné aucune conséquence. Au total, 70 incidents faisaient état de rencontres de turbulence de sillage et, de ce nombre, 27 se sont produits au moment de la phase d'approche. Pour 18 de ces incidents, les exigences en matière d'espacement de turbulence de sillage avaient été respectées ou dépassées.

## 2.0 *Analyse*

### 2.1 *Introduction*

La répartition des débris indique que l'avion était à l'endroit et que les ailes étaient presque à l'horizontale. Le changement dans l'angle de descente a probablement débuté avant que la queue de l'avion heurte la cheminée, ce qui laisse supposer que les commandes de vol fonctionnaient correctement et qu'un rétablissement consécutif à la perte de contrôle a été tenté, mais que le manque d'altitude n'a pas permis d'effectuer un rétablissement complet. L'examen technique de l'avion et des dossiers connexes a permis de déceler un risque pour la sécurité, mais aucune déféctuosité qui pourrait être considérée comme ayant contribué à l'accident.

La présente analyse portera principalement sur les facteurs qui peuvent avoir eu une incidence sur la prise de décision ainsi que sur les conditions et les mesures prises par la suite qui peuvent avoir contribué à l'accident.

L'absence de dispositifs d'enregistrement dans l'avion a nui à l'enquête. Ces dispositifs auraient pu fournir plus de renseignements sur le processus de prise de décision suivi par l'équipage d'APEX 511 et augmenter la possibilité d'en arriver à des messages en matière de sécurité.

### 2.2 *Maintenance – Composants du moteur*

L'état des cannelures d'entraînement de la pompe à carburant entraînée par moteur de droite démontre que la pompe n'a pas été remplacée ni remise en état au moment de l'intervalle de révision de 1800 heures du moteur et qu'elle n'était pas assujettie à des inspections périodiques récurrentes visant à vérifier son état afin qu'elle puisse être mise hors service avant de tomber en panne. L'exploitant n'a pas de programme de fiabilité, comme l'exige son programme de maintenance approuvé, pour évaluer le niveau d'usure et le taux de détérioration des composants, comme les cannelures d'entraînement de la pompe à carburant, afin de prévoir leur durée de vie. Par conséquent, les composants de la flotte de Piper Chieftain de l'exploitant, comme les pompes à carburant, risquent de demeurer en service jusqu'à ce qu'ils tombent en panne. Selon les SOP de CAC pour le Piper Chieftain, les équipages de conduite doivent arrêter les pompes à carburant électriques de secours (une par moteur) pendant la partie du vol effectuée à l'altitude de croisière.

### 2.3 *Espacement visuel et turbulence de sillage*

Les contrôleurs planifient souvent l'écoulement du trafic IFR en fonction de l'utilisation des approches visuelles quand des conditions VMC existent. Ils s'attendent alors à ce que les équipages de conduite acceptent d'effectuer des approches visuelles en leur donnant l'instruction de signaler qu'ils voient l'aéronef devant eux ou l'aéroport. Il se peut aussi qu'un message ATIS annonce que des approches visuelles sont en vigueur. Conformément à la rubrique 9.6.2 de la section RAC de l'AIM, « Lorsque le pilote accepte une autorisation d'approche visuelle, l'ATC tient pour acquis que le pilote devrait être responsable : b) de maintenir un espacement suffisant pour éviter la turbulence de sillage. ».

Lorsque l'espacement visuel est établi en approche, il incombe à l'équipage de conduite d'établir la trajectoire de vol de l'avion, et l'ATC n'est pas responsable des mesures prises par l'équipage de conduite. Ces mesures peuvent faire en sorte que l'espacement de turbulence de sillage recommandé ne soit pas respecté pour les vols IFR. Les recherches démontrent qu'il est difficile pour l'homme d'évaluer les distances, plus particulièrement dans la nuit, et lorsqu'on demande un espacement visuel, la tâche d'évaluer l'espacement revient entièrement aux équipages de conduite. Les paragraphes ci-dessous comparent les départs aux arrivées.

Au moment de l'événement, les essais de mise en œuvre de l'AIC 12/08 étaient en cours à l'aéroport international de Vancouver. L'AIC 12/08 précisait que l'espacement visuel appliqué par le contrôleur ne pouvait pas être utilisé si un espacement de turbulence de sillage était requis entre des aéronefs en vol IFR au départ. Par contre, si l'espacement visuel appliqué par les pilotes était utilisé, l'ATC appliquerait quand même l'espacement de turbulence de sillage à moins que le pilote n'y renonce explicitement.

En juillet 2010, l'AIC 15/10 a été publiée. Elle comporte un changement important à la procédure d'espacement visuel appliqué par les pilotes. Plus particulièrement, l'AIC 15/10 précise que l'ATC n'utilisera pas l'espacement visuel appliqué par les pilotes entre des aéronefs IFR effectuant des départs successifs si un espacement de turbulence de sillage est requis. Cette mesure permet de réduire les risques pour les pilotes de mal évaluer l'espacement par rapport à un autre aéronef. Par contre, cette procédure n'a pas été appliquée aux arrivées.

L'étude de Transports Canada intitulée *L'augmentation du nombre d'événements de turbulence de sillage au Canada* indique que le nombre moyen d'incidents liés à la turbulence de sillage est d'environ 15 par année. Il est important de noter que la tendance est à la hausse, alors qu'on prévoit une augmentation importante du volume de la circulation aérienne pendant les 15 prochaines années. Si l'on tient compte du nombre d'incidents qui se produisent même lorsque les minimums sont respectés ou dépassés, on peut se demander si les normes d'espacement de turbulence de sillage en vigueur sont suffisantes. Puisque le volume de la circulation aérienne continue d'augmenter, le nombre de rencontres de turbulence de sillage risque aussi d'augmenter.

Il y a toujours de la turbulence de sillage derrière un avion en vol, et le présent accident démontre qu'une rencontre de turbulence de sillage, plus particulièrement à basse altitude, peut produire des résultats catastrophiques, sans avertissement, ou si peu. L'espacement visuel, appliqué par le pilote ou l'ATS, pourrait permettre d'améliorer l'efficacité à mesure que le trafic aérien augmentera, mais il se peut que ce moyen ne soit pas suffisant pour établir ou maintenir un espacement de turbulence de sillage adéquat, plus particulièrement la nuit.

## 2.4 *Réglementation sur le service de vol*

Le respect de la politique de l'entreprise et de la réglementation ainsi que la prise de conscience des responsabilités personnelles de la part des pilotes constituent les meilleurs moyens d'éviter la fatigue du pilote. En qui a trait au présent événement, les 2 pilotes travaillaient à temps partiel pour CAC et occupaient un autre emploi en dehors du domaine de l'aviation. Le point essentiel concernant la fatigue est que le commandant de bord était réveillé depuis longtemps et qu'il avait accumulé un manque de sommeil lié au travail, car il s'était levé 3,5 heures plus tôt qu'à son habitude le jour de l'accident et il n'avait pas fait de sieste avant le vol en question.

Certaines heures de travail (service) n'avaient pas été prises en compte pour la gestion de la fatigue, car il ne s'agissait pas de temps de service de vol, ce qui ne va pas à l'encontre du RAC, mais crée des conditions pouvant entraîner de la fatigue. Même si, selon certaines règles, il incombe aux pilotes de déterminer s'ils sont aptes à travailler, le fait d'occuper un autre emploi peut empêcher une personne qui occupe un poste crucial sur le plan de la sécurité de bénéficier d'une période de repos suffisante. Tant que les pilotes ne seront pas tenus de signaler toutes leurs heures de travail, quel que soit l'emploi, cette pratique non sécuritaire perdurera. CAC n'a pas tenu compte de toutes les obligations d'emploi qui pouvaient contribuer à la fatigue de ses pilotes, et elle n'était pas tenue de le faire selon la réglementation. Par conséquent, les méthodes actuelles d'évaluation et de gestion de la fatigue des équipages de conduite ne conviennent pas.

## 2.5 Mesures prises par l'équipage de conduite

APEX 511 a rejoint l'étape vent arrière, conformément aux instructions du contrôleur d'aéroport. Le plan du contrôleur consistait à faire passer APEX 511 entre 2 Airbus. Selon la réglementation, il incombait à l'équipage de conduite de régler sa trajectoire de vol afin d'éviter la turbulence de sillage de l'avion devant lui.

Avant qu'APEX 511 vienne en étape de base, tout semblait aller normalement. L'équipage connaissait probablement bien les points de repères locaux et ne voyait aucune difficulté du point de vue de la sécurité à prolonger l'étape vent arrière. L'équipage a alors dû évaluer, à vue, de nuit et avec le plus de précision possible la distance le séparant de l'avion devant lui, afin de pouvoir passer dans l'espace disponible entre les 2 Airbus, et ce, en suivant un cap perpendiculaire à ces derniers, après avoir été avisé de ne pas trop s'écarter et tout en gardant à l'esprit que l'avion derrière pouvait le rattraper.

En vol IFR, l'espacement minimal de turbulence de sillage pour un avion léger qui vole derrière un avion de masse moyenne est de 4 nm, ou 1000 pieds au-dessous, et il est désigné dans le présent rapport comme la zone de turbulence de sillage. APEX 511 a viré sur la trajectoire d'approche finale à l'intérieur de la zone de turbulence de sillage à 1,5 nm derrière un avion plus lourd et à 700 pieds au-dessous de la trajectoire d'approche de ce dernier. Environ 2 nm après le virage en finale, une rencontre de turbulence de sillage a provoqué une perte de contrôle. L'altitude à laquelle la perte de contrôle s'est produite n'a pas permis à l'équipage d'effectuer un rétablissement.

Les 2 hypothèses suivantes pourraient expliquer les mesures prises par l'équipage de conduite :

- Selon la première hypothèse, l'équipage prévoyait suivre de près l'avion qui le précédait. Puisque l'équipage ne semblait pas avoir subi de conséquences en suivant un avion plus gros au cours de ses vols précédents, il a peut-être sous-estimé les risques de rencontre de turbulence de sillage. Le contrôleur d'aéroport avait donné un avertissement standard de turbulence de sillage en précisant la position et l'altitude de l'avion devant. Par contre, en même temps que cet avertissement, il a été précisé que l'espace disponible pour APEX 511 était restreint. APEX 511 a confirmé son intention de rester le plus près possible en interceptant la trajectoire d'approche finale à 1,5 nm directement derrière l'Airbus. Le message du contrôleur peut avoir eu une influence sur les mesures prises par l'équipage et amené celui-ci à effectuer l'approche visuelle sans trop

tarder et sans nuire à l'avion derrière lui. Même si les conséquences d'une mauvaise manœuvre (rencontre de turbulence de sillage) pouvaient être graves, l'équipage a peut-être évalué que les probabilités qu'un tel incident se produise étaient faibles. Selon cette hypothèse, une sous-estimation des dangers représentés par la turbulence de sillage cadrerait avec des problèmes d'attention dus à la fatigue.

- Selon la deuxième hypothèse, l'équipage d'APEX 511 n'avait pas l'intention de suivre l'avion de si près et qu'il a mal interprété la distance entre les 2 avions. Lorsque APEX 511 a été autorisé à rejoindre l'étape vent arrière en prévision de l'atterrissage, l'établissement de l'espacement visuel a occupé une part importante de la charge de travail de l'équipage de conduite. Par contre, l'équipage d'APEX 511 savait que l'Airbus volait à une altitude supérieure à la sienne et qu'il suivrait une trajectoire en ligne droite jusqu'à la piste 26R. La trajectoire de vol suivie par APEX 511 était conforme à une interception du radiophare d'alignement de l'ILS de la piste 26R. Cela signifiait inévitablement que l'avion intercepterait la composante verticale (trajectoire de descente) de l'Airbus par dessous. Il se peut que l'équipage ait été conscient des risques de turbulence de sillage derrière l'avion plus lourd, mais qu'il ait simplement mal évalué l'espacement en se fiant à son évaluation visuelle de la distance. Les risques d'erreur sont plus élevés la nuit que le jour quand on essaie d'arriver à un espacement donné, car il est plus difficile d'évaluer les distances absolues dans le noir et plus particulièrement avec les lumières de la ville en arrière-plan. La fatigue aurait aussi un effet négatif sur ce type d'exercice mental.

## 2.6 *Mesures prises par le contrôleur d'aéroport*

Le contrôleur d'aéroport estimait que la méthode vent arrière représentait l'option d'arrivée la plus efficace pour APEX 511. Même si le contrôleur d'aéroport a pris des mesures visant à augmenter l'espacement entre les avions, de façon à permettre à APEX 511 de s'insérer dans le trafic, l'avion plus rapide qui suivait APEX 511, la distance entre APEX 511 et l'aéroport ont fait en sorte que l'espace disponible était restreint.

Les équipages de conduite vont souvent apporter des modifications à leur approche afin de faciliter l'exécution du plan du contrôleur. Des demandes, des instructions, des suggestions ou des directives venant des contrôleurs comme « restez le plus près possible », « ne vous éloignez pas trop » ou « maintenez votre vitesse » peuvent laisser croire à l'équipage de conduite que les contrôleurs ont une vue d'ensemble de la circulation (grâce au radar) et peuvent influencer sur la prise de décision du pilote et l'amener à ne pas tenir compte de sa propre évaluation de la situation, existante ou prévue, plus particulièrement la nuit.

Le plan du contrôleur faisait appel à l'espacement visuel et reposait sur l'impression que les pilotes peuvent évaluer les distances avec précision dans le noir. Même si APEX 511 a signalé qu'il voyait l'avion, l'espacement visuel n'assurait pas qu'un espacement de turbulence de sillage suffisant serait établi ou maintenu dans le noir.

Lorsqu'un contrôleur d'aéroport constate une situation qui pourrait poser problème, il doit décider d'intervenir ou non. Ce choix relève de la responsabilité des contrôleurs d'aéroport d'infirmer les décisions prises par l'équipage de conduite en fonction de leur évaluation de la situation. Si le contrôleur d'aéroport avait été préoccupé par le fait qu'APEX 511 était trop près de l'Airbus qui le précédait, il aurait pu fournir à APEX 511 une autre mise à jour sur la position de l'avion. Cette mise à jour a été donnée indirectement environ 60 secondes avant qu'APEX 511 vienne en finale, alors que l'Airbus a été informé de la présence d'APEX 511 et que ce dernier allait se placer derrière lui. Même si le message n'était pas adressé à APEX 511, il n'y avait aucun encombrement sur la fréquence de la tour qui aurait pu empêcher l'équipage d'APEX 511 de l'entendre. Les contrôleurs d'aéroport sont formés pour fournir des vecteurs aux aéronefs en vol VFR<sup>17</sup>. Le contrôleur d'aéroport n'avait aucune raison de croire qu'APEX 511 éprouvait des difficultés et il n'aurait pas pu savoir si APEX 511 avait l'intention d'effectuer des manœuvres du côté nord de la trajectoire d'approche finale afin d'augmenter l'espacement entre lui et l'Airbus avant de virer en finale.

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP146/2009 – *Video Enhancement* (Rehaussement vidéo)

LP158/2009 – *Analysis of Oil Filter Gasket* (Analyse de joint d'étanchéité de filtre à huile)

LP159/2009 – *Fuel Pump Examination* (Examen de pompe à carburant)

LP162/2009 – *Differential Pressure Controller* (Régulateur de pression différentielle)

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.



## 3.0 *Conclusions*

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

1. APEX 511 a viré sur la trajectoire d'approche finale à l'intérieur de la zone de turbulence de sillage derrière l'avion plus lourd et en dessous de ce dernier et a rencontré la turbulence de sillage, laquelle a provoqué une perte de contrôle à une altitude qui empêchait le rétablissement.
2. La proximité de l'avion plus rapide, qui se trouvait derrière APEX 511, a limité l'espace qu'avait ce dernier pour rejoindre la trajectoire d'approche finale et l'a forcé à ne pas trop s'éloigner de l'avion qui le précédait.

### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Les normes d'espacement de turbulence de sillage en vigueur sont peut-être insuffisantes. Puisque le volume de la circulation aérienne continue d'augmenter, le nombre de rencontres de turbulence de sillage risque aussi d'augmenter.
2. L'espacement visuel n'est peut-être pas un moyen approprié de s'assurer qu'un espacement de turbulence de sillage suffisant est établi ou maintenu, surtout la nuit.
3. Ni les pilotes ni Canadian Air Charters (CAC) n'étaient tenus, en vertu de la réglementation, de prendre en compte les heures de travail consacrées à des tâches autres que des tâches de vol effectuées chez un autre employeur. Par conséquent, les risques de fatigue des pilotes étaient accrus.
4. Si les accessoires de moteur ne sont pas maintenus selon les recommandations du fabricant, des systèmes essentiels pour la sécurité peuvent faire défaut.

### 3.3 *Autre fait établi*

1. Le poste de pilotage de l'APEX 511 n'était pas muni d'un dispositif d'enregistrement, et ce n'était pas obligatoire d'en avoir un. Par conséquent, il n'a pas été possible de déterminer le niveau de collaboration entre les 2 pilotes et de confirmer s'il y a eu des discussions en matière de prise de décision.

## 4.0 *Mesures de sécurité*

### 4.1 *Mesures de sécurité prises*

#### 4.1.1 *Canadian Air Charters*

Le 24 juillet 2009, Canadian Air Charters a donné une séance de mise à jour sur la turbulence de sillage à tous ses pilotes.

#### 4.1.2 *Bureau de la sécurité des transports du Canada*

##### 4.1.2.1 *Avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D3-A1*

Le 12 janvier 2011, le BST a envoyé à NAV CANADA, avec copie à Transports Canada, l'avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D3-A1, intitulé *Wake Turbulence Encounters During Visual Operations in Darkness* (Rencontres de turbulence de sillage dans des conditions de vol à vue la nuit). L'avis suggérait à NAV CANADA de trouver des façons de réduire les risques de rencontres de turbulence de sillage dangereuses dans les zones sous couverture radar lorsque prévalent des conditions météorologiques de vol à vue la nuit.

##### 4.1.2.2 *Avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D2-A1*

Le 12 janvier 2011, le BST a envoyé à Transports Canada l'Avis sur la sécurité aérienne A09P0187-D2-A1, intitulé *Pilot Fatigue* (Fatigue du pilote). L'avis suggérait à Transports Canada de trouver des façons de s'assurer que les exploitants et les équipages de conduite tiennent compte du temps consacré à des tâches autres que des tâches de vol dans la gestion de la fatigue des équipages de conduite.

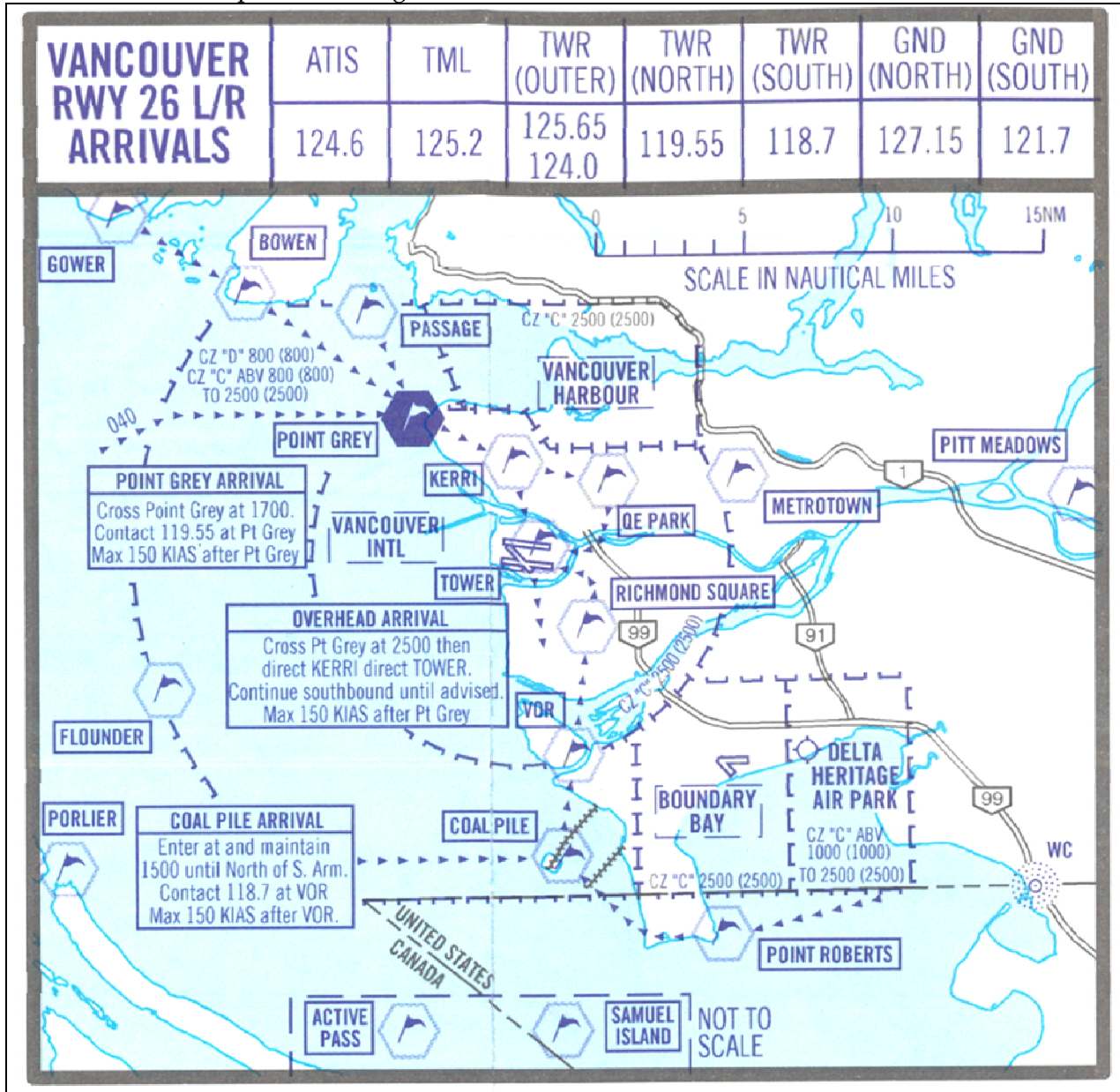
Le 31 mars 2011, Transports Canada a répondu à l'avis et a précisé qu'à l'été 2010 le Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne (CCRAC) avait créé un groupe de travail sur la gestion de la fatigue des équipages de conduite. Ce groupe de travail a comme mandat d'examiner les exigences du RAC relatives aux limites de temps de vol et de service et aux périodes de repos et de faire des recommandations en vue de modifier la réglementation si cela est jugé opportun.

La réponse précisait que le groupe de travail avait déjà commencé à discuter d'exigences normatives, qu'il avait déjà amplement débattu de la question soulevée dans l'avis et qu'il se pencherait davantage sur celle-ci lors de ses délibérations.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 8 avril 2011.*

# Annexe A – Route d'arrivée selon les règles de vol à vue Coal Pile

Ce document est disponible en anglais seulement.



Source : NAV CANADA (2010), carte de région terminale de vol à vue de Vancouver, AIR 1901.

## *Annexe B – Autres incidents liés à la turbulence de sillage*

A01P0238 : Le Cessna 172 immatriculé C-FBOG effectuait un vol d'entraînement local à Nanaimo qui comportait des circuits de nuit sur la piste 16. Un hélicoptère Sikorsky S76, qui effectuait aussi des circuits de la piste 16, a décollé d'un point situé de 200 à 400 pieds au-delà du seuil de la piste 16, alors que C-FBOG se trouvait à 0,5 mille en finale. C-FBOG a reçu un avertissement de turbulence de sillage. En croisant le seuil de la piste, le Cessna a rencontré la turbulence de sillage, s'est déporté sur la droite et a survolé l'aire de trafic principale avant que le pilote puisse reprendre la maîtrise de l'avion et remettre les gaz. Le Cessna a effectué un autre circuit et a atterri sans difficulté. (20 h 54, heure avancée du Pacifique, 24 septembre 2001, obscurité à 19 h 40)

A03O0198 : L'avion De Havilland DHC-8 immatriculé C-FHRC qui assurait le vol Air Canada Jazz 7732 en provenance de London (Ontario), était en approche de la piste 05 de l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson derrière un avion Airbus A330 (vol Air Transat 421) qui se trouvait à 6,2 nm devant lui. Jazz 7732 a rencontré de la turbulence de sillage et s'est incliné de plus de 30° avec un écart par rapport à l'altitude de plus de 200 pieds. Le pilote a augmenté la puissance au maximum, a redressé l'avion à l'horizontale, a poursuivi son approche et s'est posé sans aucun autre incident. L'avion n'a pas été endommagé par la turbulence de sillage, mais les moteurs ont été soumis à un couple excessif au moment de l'augmentation de puissance. (6 h 40, heure avancée de l'Est, 22 juillet 2003)

A05Q0010 : Le CRJ immatriculé C-FVCR était en approche finale vers la piste 24R à l'aéroport international de Montréal/Pierre Elliott Trudeau derrière un 777 d'Air France lorsqu'il a rencontré de la turbulence de sillage et s'est incliné de 45° à 60°. L'inclinaison intempestive n'a duré qu'un moment et l'avion n'a pas dévié de sa trajectoire d'approche normale. Il s'est posé sans aucun autre incident. (17 h 55, heure normale de l'Est, 13 janvier 2005, obscurité à 17 h 8)

A06W0126 : Le Boeing 737-700 de WestJet immatriculé C-FWSF assurait le vol WJA661 entre Toronto (Ontario) et Calgary (Alberta). WJA661 était guidé au radar pour une approche visuelle en vue d'un atterrissage sur la piste 16 de Calgary derrière un autre avion. Lorsque l'équipage de conduite de WJA661 est entré en communication avec la tour de Calgary, on l'a informé qu'il se trouvait à 6 milles derrière un avion lourd et qu'il était deuxième en ligne pour atterrir. Lorsque WJA661 a viré en finale, il a rencontré la turbulence de sillage de l'Airbus A330 qui le précédait. Sa vitesse s'est alors réduite d'environ 15 nœuds, il a effectué un mouvement de roulis vers la droite et est grimpé d'environ 200 pieds. Le pilote automatique a été débrayé au moment où la poussée a été augmentée afin de corriger la situation. Le reste de l'approche s'est fait sans problème. Il a été déterminé que l'Airbus était à une altitude supérieure à celle de WJA661 au moment de l'approche et qu'il a donc effectué une approche visuelle dans un angle plus prononcé. (5 h 10, heure avancée des Rocheuses, 22 juillet 2006, crépuscule à 5 h 6)

A06O0236 : Au moment de l'approche sur Toronto, l'avion De Havilland DHC-8-301 immatriculé C-GHTA assurant le vol Jazz 7832 a rencontré la turbulence de sillage d'un avion Boeing 747-400 (vol Korean Airlines 073) qui se trouvait à 7 nm devant lui et qui était descendu à l'altitude du Dash 8. La turbulence rencontrée a provoqué un mouvement de roulis avec inclinaison de 60° sur la droite puis de 60° sur la gauche. L'équipage a repris la maîtrise de l'avion et a atterri sans problème. L'ATC a maintenu le Dash 8 au-dessus de l'altitude du 747 jusqu'à l'approche finale. L'espacement a toujours été de 7 nm; l'espacement requis pour un

avion moyen qui suit un avion lourd est de 5 nm. (20 h 50, heure avancée de l'Est, 3 septembre 2006, obscurité à 20 h 19)

A08F0151 : Le Boeing 767-300 d'Air Canada (immatriculation C-FTCA, numéro de vol 888) était en approche de la piste 09L à l'aéroport de Londres/Heathrow. L'avion se trouvait à une altitude de 3000 pieds (3 nm derrière un autre B767) lorsqu'il a rencontré de la turbulence de sillage. L'avion a effectué un mouvement de roulis sur la droite avec une inclinaison d'environ 30°. L'équipage de conduite a débrayé le pilote automatique et a effectué une manœuvre de redressement manuelle sans aucun autre incident. L'équipage de conduite a réglé la trajectoire et le profil de l'avion afin d'éviter toute autre turbulence de sillage. (6 h 25Z, 19 septembre 2008)

A09Q0119 : Le DHC-8 immatriculé C-FADT exploité par Air Canada Jazz venait de Québec et passait 7300 pieds en descente vers la piste 24L de Montréal lorsque l'équipage de conduite a signalé qu'il rencontrait de la turbulence de sillage. La trajectoire de vol du DHC-8 croisait celle d'un Boeing 777 exploité par British Airways, qui se trouvait 12 milles devant et qui était passé par la même altitude en descente (7300 pieds) environ 3 minutes plus tôt en approche de la piste 24R. Malgré la turbulence de sillage rencontrée, l'équipage de conduite n'a pas éprouvé de problème de maîtrise, et l'avion a atterri sans aucun autre incident. Par contre, un membre du personnel de cabine a subi de légères blessures en tentant de se retenir pendant la turbulence. L'espacement de turbulence de sillage requis entre ces 2 avions était de 5 milles. (19 h 38, heure avancée de l'Est, 20 juillet 2009)