



RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A13O0098



ATTERRISSAGE BRUTAL ET CONTACT QUEUE-SOL

PORTER AIRLINES INC.
BOMBARDIER DHC-8-402 C-GLQO
AÉROPORT DE SAULT STE. MARIE
SAULT STE. MARIE (ONTARIO)
LE 26 MAI 2013

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

Rapport d'enquête aéronautique A13O0098

Atterrissage brutal et contact queue-sol

Porter Airlines Inc.
Bombardier DHC-8-402 C-GLQO
Aéroport de Sault Ste. Marie
Sault Ste. Marie (Ontario)
Le 26 mai 2013

Résumé

L'avion Bombardier DHC-8-402 de Porter Airlines Inc. (immatriculé C-GLQO, numéro de série 4270) effectue le vol régulier POE689 au départ de l'aéroport Billy Bishop de Toronto (Ontario) à destination de l'aéroport de Sault Ste. Marie (Ontario). Au toucher des roues sur la piste 30 à 22 h 16, heure avancée de l'Est, la queue heurte la piste. Après l'atterrissage, l'avion roule jusqu'à la porte pour le débarquement des passagers. Il n'y a aucun blessé parmi les passagers et les membres d'équipage; par contre, l'avion a subi d'importants dommages. L'événement est survenu pendant les heures d'obscurité. La radiobalise de repérage d'urgence n'a pas été actionnée.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Il s'agissait du premier vol de la journée pour l'équipage de conduite. L'itinéraire prévu consistait en un vol au départ de l'aéroport Billy Bishop de Toronto (CYTZ) (Ontario) à destination de l'aéroport de Sault Ste. Marie (CYAM) (Ontario), suivi d'un vol de retour à CYTZ.

L'avion transportait un équipage composé de 4 personnes, soit le commandant de bord, qui agissait comme pilote surveillant, le copilote, qui agissait comme pilote aux commandes, et 2 membres d'équipage de cabine, en plus de 59 passagers.

À l'arrivée à CYAM, l'équipage de conduite a reçu une autorisation d'approche à vue sur la piste 30.

La vitesse d'approche de référence d'atterrissage (VREF)¹ fondée sur le poids de l'avion que l'équipage de conduite a utilisée pour cette approche était de 121 nœuds.

Un exposé d'approche a été donné avant la descente, et toutes les listes de vérification pertinentes ont été remplies pendant l'approche, comme l'exigent les procédures d'utilisation normalisées (SOP)² de l'entreprise. Le pilote aux commandes avait peu d'expérience sur cet appareil. Le pilote surveillant lui a rappelé que le DHC-8-400 est un avion lourd et qu'il est nécessaire de réduire sa vitesse et de le stabiliser pendant l'approche.

L'information de l'enregistreur de données de vol sur le profil de vol vertical de l'appareil, à 4,75 milles marins (NM) et à 1,5 NM du seuil, se trouve dans les annexes A et B.

L'aéronef a été autorisé à atterrir à 22 h 13 min 32 s³; il se trouvait alors à 5 NM de l'aéroport et en descente à 2500 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL). À ce moment (3 minutes avant le toucher des roues), le pilote aux commandes a désactivé le pilote automatique pour effectuer le reste de l'approche manuellement.

À 22 h 14 min 31 s, au moment où l'appareil descendait sous 1640 pieds ASL, la vitesse indiquée passait sous la barre des 133 nœuds (VREF +12), et l'appareil suivait l'alignement de descente appropriée de 3° selon l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI). En pilotant manuellement, le pilote aux commandes faisait parfois dévier l'avion un peu au-dessus ou au-dessous de l'alignement de descente, mais il corrigeait au moyen de légers changements de tangage et de poussée. Alors que l'approche se poursuivait, le pilote surveillant a dû diviser son attention entre la surveillance des instruments et l'approche à vue.

¹ Selon la définition du manuel d'utilisation d'avion de Bombardier (*DASH 8 Q400 Aeroplane Operating Manual*, volume 1, révision 25), « VREF » fait référence à la vitesse d'approche à une hauteur de 50 pieds au-dessus de la piste en configuration d'atterrissage.

² Porter Airlines Inc., *Standard Operating Procedures*, révision 9, 1^{er} janvier 2012.

³ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

À 22 h 15 min 22 s, alors que l'appareil se trouvait à 500 pieds au-dessus de la zone de toucher des roues (HAT), la vitesse indiquée était stable à 127 nœuds (VREF +6). Le pilote surveillant a fait les annonces de vol stabilisé requises et a indiqué que la piste était à 12 heures; le pilote aux commandes a signifié qu'il avait compris. L'appareil a commencé à dériver au-dessus de l'alignement de descente, mais le pilote surveillant n'a rien dit puisque le pilote aux commandes apportait des correctifs. Le pilote aux commandes a mis l'avion légèrement en piqué, et la vitesse indiquée a commencé à augmenter, mais l'avion a continué de dériver au-dessus de l'alignement de descente.

À 22 h 15 min 47 s, alors que l'appareil atteignait 250 pieds HAT, la vitesse indiquée avait augmenté à 131 nœuds (VREF +10), et l'avion effectuait une montée progressive vers l'alignement de descente PAPI de 3,5°. Le pilote aux commandes a réduit le couple moteur (poussée) de 13 % à 5 % (ralenti de vol) et piqué légèrement. À partir de ce moment, la vitesse de l'aéronef a commencé à baisser rapidement, tandis que la vitesse verticale de descente augmentait. Le pilote surveillant suivait l'approche à vue à ce moment et n'a pas remarqué la réduction de poussée, la baisse rapide de vitesse propre ni l'augmentation de la vitesse verticale de descente.

À 22 h 16 min 0 s, alors que l'appareil franchissait la marque des 90 pieds HAT, la vitesse propre descendait sous la VREF. Le pilote aux commandes a réagi en effectuant un cabré et en augmentant le couple moteur à 7 %.

À 22 h 16 min 4 s, le système d'avertissement de proximité du sol amélioré (EGPWS) a commencé à annoncer les hauteurs, à partir de 50 pieds HAT, pendant que l'avion descendait rapidement. Lorsque l'appareil a franchi le seuil à 40 pieds, la vitesse baissait sous 116 nœuds (VREF -5) et la trajectoire suivie par l'avion était en-dessous de l'alignement de descente PAPI de 2,5°. Le pilote surveillant a remarqué que la poussée avait été réduite presque jusqu'au ralenti de vol et que l'avion descendait rapidement (environ 900 pieds par minute). Le pilote surveillant a demandé l'augmentation de la poussée des moteurs quelques secondes avant le toucher des roues. Le pilote aux commandes a rapidement cabré l'appareil, puis mis les gaz au moment où les roues touchaient le sol, à 22 h 16 min 7 s.

Le dessous de la queue de l'avion a heurté la surface de la piste pendant le toucher des roues.

L'assiette en tangage maximale enregistrée pendant l'atterrissage a été de 7,3°. Il se pourrait que la valeur la plus élevée n'ait pas été enregistrée en raison de l'intervalle d'échantillonnage; l'angle de tangage réel pourrait donc avoir été supérieur à 7,3°. La valeur d'assiette en tangage enregistrée était celle à laquelle on aurait pu s'attendre d'un train d'atterrissage entièrement ou presque entièrement comprimé au moment du contact de la queue. Le facteur de charge⁴ à l'atterrissage était de 3,05 g.

Domages à l'aéronef

L'examen de l'aéronef a révélé des marques d'impact et des éraflures sur le revêtement, les raidisseurs de la structure et les longerons dans le bas de la partie arrière du fuselage (photo 1).

⁴ Mesure de la force d'accélération; 1 g correspond à la force normale que la gravité exerce sur un corps.

Il a notamment fallu remplacer le revêtement de fuselage, ainsi que les raidisseurs de la structure et les longerons endommagés.

Photo 1. Dommages à l'aéronef (Source : Altech Adjusters et BST)



Équipage de conduite

Les membres de l'équipage de conduite possédaient les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. C'était la première fois qu'ils travaillaient ensemble et chacun avait bénéficié de plus de 15 heures hors service la nuit précédente.

Le commandant de bord a été embauché par Porter Airlines Inc. le 26 mars 2007. Au moment de l'événement, le commandant de bord avait accumulé environ 8410 heures de vol au total, dont 3835 heures sur le DHC-8-400, à Porter Airlines Inc. Le commandant de bord avait obtenu sa qualification de type initiale sur le DHC-8-400 en avril 2007. Le 7 février 2013, le commandant de bord avait suivi une formation de sensibilisation périodique sur le tangage. En plus de ses tâches normales de pilotage, le commandant de bord était aussi commandant instructeur depuis le mois d'août 2011. Toutefois, ce n'était pas un vol d'entraînement, et il agissait donc uniquement comme commandant de bord, et non comme commandant instructeur.

Le copilote a été embauché par Porter Airlines Inc. le 14 janvier 2013. Au moment de l'événement, le copilote avait accumulé environ 2484 heures de vol au total, dont 134 heures sur le DHC-8-400 à Porter Airlines Inc. Il avait obtenu sa qualification de type initiale sur le DHC-8-400 le 24 février 2013 et suivi la formation de sensibilisation sur le tangage par la même

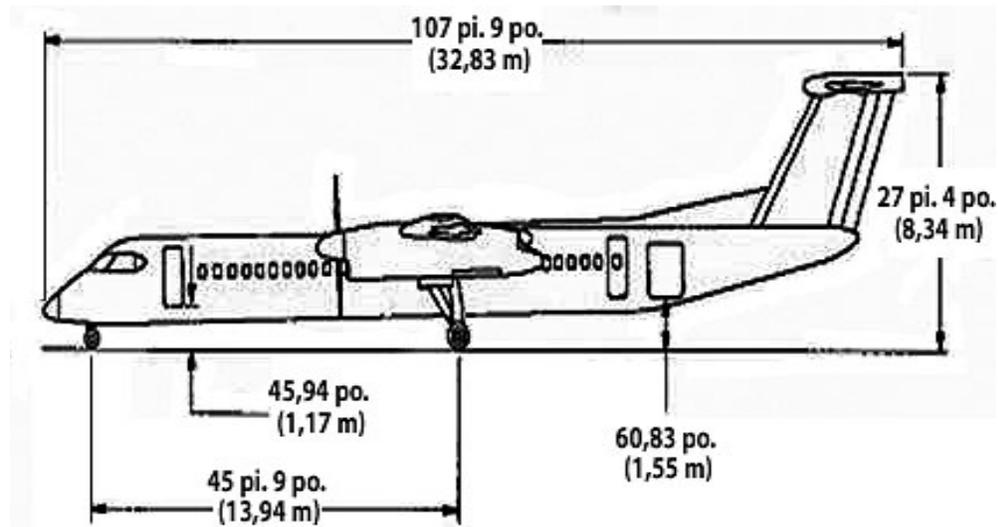
occasion. Pendant l'expérience préparatoire en vol initiale sur le DHC-8-400 du copilote, les commandants instructeurs avaient noté des améliorations à apporter, notamment : gestion appropriée de la poussée et du tangage en approche et élimination des grandes variations de poussée pour chasser la vitesse en descente. L'expérience préparatoire en vol avait pris fin le 6 avril 2013.

Le copilote a volé 5 jours au total en mai, soit les 1, 2, 23 et 24 mai. Le dernier vol de nuit du copilote avait eu lieu le 2 mai 2013. Le vol au cours duquel l'événement s'est produit, le 26 mai, était le premier et le seul vol de la journée. Avant de travailler pour Porter Airlines Inc., le copilote avait été instructeur de vol sur de petits avions pendant plusieurs années. Par la suite, il avait accepté en 2011 un poste de copilote d'aéronefs Piper Navajo et King Air 350 pour une petite entreprise.

Aéronef

Le C-GLQO est un avion Dash 8 de la série 400 (DHC-8-402) construit par Bombardier Inc. en 2009. Il s'agit d'un biturbopropulseur moderne mesurant 107 pieds et 9 pouces de longueur (figure 1). Ses hélices mesurent 13,5 pieds de diamètre, et sa masse maximale au décollage est de 63 930 livres. L'appareil peut transporter un maximum de 78 passagers.

Figure 1. Dimensions de l'avion (Source : Bombardier Aéronautique)



Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Il a été établi que la masse et le centre de gravité se trouvaient à l'intérieur des limites prescrites. L'appareil était équipé d'une radiobalise de repérage d'urgence, mais les forces de l'impact n'ont pas suffi à l'actionner.

Système d'avertissement de proximité du sol amélioré

L'aéronef était équipé d'un EGPWS. Ce système avertit l'équipage si la vitesse de rapprochement du sol pourrait être dangereuse. Pendant l'approche avec les volets en position d'atterrissage, le système émet des signaux sonores à 2500, 100, 50, 40, 30, 20 et 10 pieds au-dessus du sol selon le radioaltimètre.

Géométrie de l'avion DHC-8-402

L'assiette en tangage normale du DHC-8-402 en configuration d'atterrissage avec les volets à 15° est de 3,5° en cabré sur une trajectoire d'approche finale de 3° à la VREF⁵.

L'avionneur a déterminé que l'assiette en tangage nécessaire pour que la queue entre en contact avec la piste dépend de l'extension de la jambe du train d'atterrissage principal comme suit :

- Lorsque les jambes sont en extension maximale, l'angle de tangage est d'environ 10,2°, en supposant que le bombé de la piste est nul⁶;
- Lorsque les jambes sont en compression maximale, l'angle de tangage est d'environ 6,9°, en supposant que le bombé de la piste est nul;
- Un bombé de piste peut réduire l'angle de tangage d'au plus 0,5°⁷.

Exploitation

La formation de sensibilisation obligatoire sur le tangage de Porter Airlines Inc. insiste sur la nécessité pour l'équipage de conduite d'augmenter la poussée plutôt que l'assiette en tangage pour corriger les vitesses verticales de descente supérieures à la normale sous 100 pieds HAT en approche.

La section 2.6.1. du manuel d'utilisation de l'avion DHC-8-400 indique que la vitesse d'approche normale est de 170 nœuds jusqu'à environ 5 NM de l'aéroport, point à partir duquel une réduction graduelle de la vitesse propre doit être amorcée. La vitesse propre doit être stabilisée à VREF à 500 pieds HAT ou avant.

En ce qui concerne les approches stabilisées, la section 2.15.2, *Stabilized Approach*, des SOP de Porter Airlines Inc. (révision 9.1) stipule ce qui suit [traduction] :

Une approche stabilisée se caractérise par un profil d'approche à angle constant et une vitesse verticale de descente constante qui prend fin à proximité du point de toucher des roues, où commencent les manœuvres d'atterrissage. Il faut terminer tous les exposés d'approche et toutes les listes de vérification pertinentes avant d'atteindre une hauteur au-dessus du toucher des roues (HAT) de 1000 pieds en conditions de vol aux instruments (IMC) ou de 500 pieds HAT en conditions de vol à vue (VMC). Les

⁵ Tableau de hauteur entre les yeux du pilote et les roues d'un aéronef de Bombardier

⁶ Le bombé de la piste est son point le plus haut latéralement.

⁷ Document numéro SPAL-02-00558 de Bombardier.

équipes doivent respecter les critères d'approche stabilisée en tout temps pendant l'approche.

Une approche est stabilisée si tous les critères suivants sont maintenus à partir de 1000 pieds HAT jusqu'au toucher des roues :

1. L'avion suit la bonne trajectoire;
2. L'avion présente la configuration d'atterrissage appropriée;
3. Après l'interception de l'alignement de descente ou après le repère d'approche finale (FAF) :
 - l'écart d'alignement de descente < 1 point
 - l'écart d'alignement de piste < 1 point
4. La vitesse verticale de descente ne dépasse pas 1000 pi/min;
5. Si la vitesse verticale de descente prévue est >1000 pi/min, un exposé d'approche spécial est nécessaire.

À 500 pieds HAT, le pilote surveillant annoncera que l'approche est stabilisée (« STABILIZED ») si les conditions suivantes sont respectées :

- La vitesse est égale à $V_{REF} + 10$ nœuds / - 0 nœud.

Remarque : Même avec une augmentation de la vitesse pour tenir compte d'un vent en rafales, la vitesse doit respecter les critères d'approche stabilisée (c.-à-d. $V_{REF} + 10 / - 0$ nœuds, y compris les rafales).

Remarque : Lors de l'atterrissage avec le commutateur INCR REF en position ON, l'augmentation de vitesse dépasse le critère ci-dessus, alors aucune tolérance supplémentaire n'est permise pour la vitesse (c.-à-d. qu'avec INCR REF à ON : $V_{REF} + 20$ nœuds/15 nœuds max.).

Remarque : La configuration d'approche et la configuration d'atterrissage sont censées être identiques. Par conséquent, les vitesses V_{REF} et V_{APP} seront les mêmes, et les vitesses d'approche et d'atterrissage seront fondées sur une seule vitesse de référence, soit V_{REF} .

Le pilote aux commandes confirmera en répondant : « CHECK ».

Si une des conditions ci-dessus n'est pas respectée entre 1000 pieds HAT et 500 pieds HAT, le pilote surveillant annoncera que l'approche n'est pas stabilisée (« NOT STABILIZED ») et le pilote aux commandes répondra qu'il apporte des correctifs (« CORRECTING ») ou qu'il remet les gaz et vérifie la puissance (« GO-AROUND, CHECK POWER »).

Si une des conditions ci-dessus n'est pas respectée à 500 pieds HAT ou plus bas, le pilote surveillant demandera au pilote aux commandes de remettre les gaz (« GO-AROUND ») et celui-ci confirmera en répondant qu'il remet les gaz et vérifie la puissance (« GO-AROUND, CHECK POWER »).

La section 2.16.2 des SOP, qui fournit plus de détails sur l'importance du tangage et les annonces, dit que sous 100 pieds HAT en approche, le pilote surveillant doit annoncer l'assiette en tangage lorsque l'angle de tangage est égal ou supérieur à 5°. Si l'assiette en tangage atteint 6°, le pilote aux commandes doit soit répondre « Correcting » et réduire l'angle de tangage, soit

remettre les gaz. Les SOP indiquent également [traduction] : « Pour réduire la vitesse verticale de descente à l'atterrissage et éviter de dépasser une assiette en tangage de 6 degrés, chaque fois que la vitesse verticale de descente est supérieure à la valeur souhaitée, il faudra mettre les gaz pendant la phase d'arrondi jusqu'au toucher des roues. »

D'autre part, le manuel d'utilisation de l'avion indique [traduction] : « NE PAS dépasser 6° en cabré pendant l'arrondi pour éviter un contact du fuselage avec la piste. »

Les SOP définissent les annonces pour le pilote aux commandes et le pilote surveillant, mais ne décrivent pas les responsabilités du pilote surveillant et ne précisent pas non plus ce que le pilote surveillant devrait vérifier pendant les différentes phases du vol.

Approche stabilisée et gestion d'énergie

Conformément aux recommandations de son groupe de travail sur la réduction des accidents à l'approche et l'atterrissage (*Approach and Landing Accident Reduction - ALAR*)⁸, la Fondation pour la sécurité aérienne (FSF) a créé et distribué une trousse sur la ALAR visant à réduire le nombre d'accidents durant l'approche et l'atterrissage.

Cette trousse définit ce qu'est l'approche stabilisée et prescrit notamment l'altitude minimale à laquelle une approche devrait être stabilisée, ainsi que tous les éléments d'une approche stabilisée⁹. L'un des éléments reconnus est que la vitesse devrait se situer entre VREF et VREF +20 nœuds. Comme elle précise les écarts à ne pas dépasser pour les éléments d'approche, ainsi qu'une valeur limite pour l'altitude de stabilisation, la trousse fournit aux pilotes (aux commandes et surveillant) un point de référence commun, ce qui réduit la possibilité d'ambiguïté. Dans un tel contexte, les écarts sont détectés plus rapidement, et les annonces sont plus rapides et plus précises.

En 2012, la flotte aérienne mondiale d'avions à réaction commerciaux construits en Occident de masse totale maximale supérieure à 60 000 livres exploités par l'aviation civile a effectué 24,4 millions de départs¹⁰. Un article publié dans *AeroSafety World*¹¹ mentionne que, bien que seulement 3,5 % à 4 % des approches ne soient pas stabilisées, 97 % des approches non stabilisées se poursuivent jusqu'à l'atterrissage, et seulement 3 % donnent lieu à une remise des gaz.

Le BST a souligné la nécessité de réduire l'incidence des approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage dans son rapport d'enquête sur l'accident du vol FAB6560 à Resolute Bay (Nunavut) (A11H0002). Par suite de cette enquête, le Bureau a recommandé que :

⁸ Réduction des accidents en approche et à l'atterrissage (ALAR) de la Fondation pour la sécurité aérienne (FSF)

⁹ « ALAR toolkit, FSF ALAR Briefing Note 7.1: Stabilized Approach ».

¹⁰ *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959–2012*, Boeing Commercial Airplanes (août 2013).

¹¹ FSF, « Failure to Mitigate », *AeroSafety World* (février 2013).

Transports Canada exige que les exploitants régis par la sous-partie 705 du RAC surveillent les approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage et en réduisent la fréquence.

Recommandation A14-01 du BST

En réponse à la recommandation A14-01, Transports Canada (TC) a émis une alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) le 27 juin 2014 (ASAC 2014-03). Cette ASAC avait pour but d'encourager les exploitants régis par la sous-partie 705 à utiliser leur système de gestion de la sécurité (SGS) pour déterminer la fréquence des approches non stabilisées et élaborer des mesures d'atténuation du risque qu'elles posent. L'ASAC encourageait aussi la participation volontaire des exploitants régis par les sous-parties 703 et 704 pour atténuer le risque posé par les approches non stabilisées. De plus, l'ASAC soulignait la valeur des programmes de suivi des données de vol (SDV) volontaires pour mieux comprendre les facteurs influant sur la fréquence des approches non stabilisées.

Un an après la publication de l'ASAC, TC a l'intention d'utiliser le système de surveillance existant pour examiner l'efficacité des exploitants à déterminer la fréquence des approches non stabilisées et de la mise en œuvre de mesures d'atténuation. Un exploitant aérien qui indiquerait ne pas avoir de problèmes avec les approches non stabilisées dans le cadre de ses activités devra démontrer comment il en est venu à cette conclusion. De plus, TC envisage d'effectuer un suivi auprès des pilotes pour vérifier si les approches non stabilisées sont signalées et suivies au moyen du SGS.

La réponse de TC repose sur la protection existante des SGS pour atténuer le risque et indique que le SDV demeurera un programme volontaire. Les SGS sont en place depuis plusieurs années pour les exploitants régis par la sous-partie 705; et pourtant, la fréquence des approches non stabilisées n'a pas été abordée efficacement. Même si la proposition d'utiliser le SGS pour déterminer de façon précise la fréquence des approches non stabilisées et mettre en œuvre des stratégies d'atténuation constitue un pas dans la bonne voie, il faudra du temps avant que l'efficacité de cette mesure soit validée. De plus, sans l'exigence d'un programme de SDV, il se peut que les exploitants n'aient pas les données nécessaires pour évaluer le risque que posent les approches non stabilisées dans le cadre de leurs activités.

Par conséquent, la réponse à la recommandation A14-01 a été jugée en partie satisfaisante.

Les accidents à l'approche et à l'atterrissage figurent sur la Liste de surveillance de 2014

La Liste de surveillance renferme les enjeux qui font courir les plus grands risques au système de transport du Canada; le BST la publie pour attirer l'attention de l'industrie et des organismes de réglementation sur les problèmes qui nécessitent une intervention immédiate.

Comme l'événement à l'étude l'a démontré, des accidents à l'atterrissage continuent de se produire aux aéroports canadiens.

Le BST demande à Transports Canada et aux exploitants de faire davantage pour réduire le nombre d'approches non stabilisées qui se poursuivent jusqu'à l'atterrissage.

Transports Canada doit également terminer son analyse fondée sur les risques et apporter les modifications nécessaires à la réglementation.

Aux aéroports, des solutions adaptées doivent être mises en place afin de prolonger les aires de sécurité à l'extrémité des pistes ou d'installer d'autres systèmes et structures conçus pour arrêter en toute sécurité les avions qui sortent en bout de piste.

[Pour de plus amples détails sur cet enjeu, consulter la Liste de surveillance.](#)

Conditions météorologiques

Selon le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 22 h, les conditions météorologiques à CYAM étaient les suivantes : vent à 280° vrais de 4 nœuds, visibilité 15 milles terrestres, quelques nuages à 21 000 pieds ASL, température de 8 °C, point de rosée de 2 °C, calage altimétrique de 30,25 pouces de mercure.

Renseignements sur l'aéroport

CYAM a 2 pistes asphaltées : la piste 04/22, qui mesure 5990 pieds de longueur sur 200 pieds de largeur, et la piste 12/30, qui fait 5991 pieds de longueur sur 200 pieds de largeur. La piste 30 est dotée d'un balisage lumineux d'approche omnidirectionnel, d'un balisage lumineux de seuil et d'extrémité de piste, ainsi que de feux de bord de piste à haute intensité (5 réglages d'intensité différents). L'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) de la piste 30 à CYAM est installé à 1100 pieds du seuil et disposé de manière à indiquer une pente de 3° pour un aéronef dont la hauteur entre les yeux du pilote et les roues est de 10 pieds ou moins.

Systèmes d'indicateur de pente d'approche

Les renseignements suivants sont tirés de la section AGA, article 7.6.1, du *Manuel d'information aéronautique* de Transports Canada (en vigueur du 18 octobre 2012 au 4 avril 2013) :

Un indicateur de pente d'approche est un dispositif lumineux visible à une distance d'au moins 4 NM (2,5 NM pour les dispositifs simplifiés) et disposé de façon à fournir une indication visuelle de la pente d'approche souhaitée vers une piste (généralement de 3 degrés). Un aéronef suivant l'indication « sur la pente » d'un aéroport agréé est assuré de franchir les obstacles en toute sécurité, avec un minimum de 6 degrés de part et d'autre du prolongement de l'axe de piste, et ce, jusqu'à une distance de 4 NM du seuil de la piste.

Les indicateurs de pente d'approche ou indicateurs visuels de pente d'approche comprennent différents types de systèmes, dont les PAPI. Un PAPI est composé de 4 feux disposés en barre de flanc du côté gauche de la piste. Lorsque les 2 feux les plus proches du bord de la piste semblent rouges et les deux autres, blancs, cela signifie que l'avion suit la pente d'approche nominale de 3°. Lorsque la pente d'approche est de 3,5° ou plus, les 4 feux apparaissent blancs (trop haut), tandis que si la pente d'approche est de 2,5° ou moins, les 4 feux apparaissent rouges (trop bas) (figure 2).

Vues en perspective, ces limites sont similaires à un cône dont la pointe serait proche du point de toucher des roues. La pente d'approche nominale de 3° est l'axe central de ce cône, tandis que les pentes de 3,5° et 2,5° se trouvent au-dessus et au-dessous de la trajectoire nominale. Par conséquent, plus l'aéronef est loin du seuil, plus l'écart vertical admissible par rapport à l'alignement de descente est grand. À mesure que l'aéronef s'approche de la piste, la section du cône qui représente les écarts permis diminue.

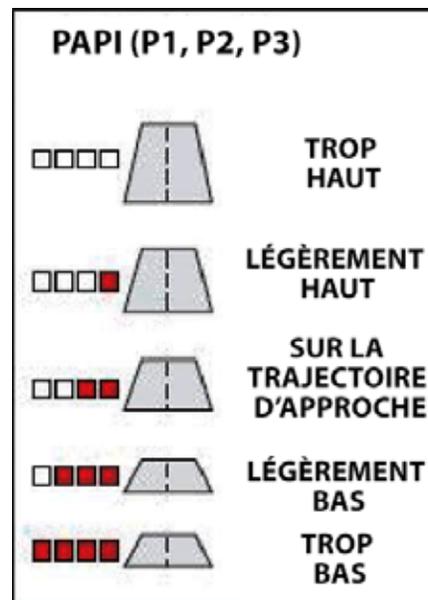
Événements antérieurs

C'était la deuxième fois que la partie arrière du fuselage d'un avion de Porter Airlines Inc. heurtait le sol à l'atterrissage. L'événement précédent s'était produit le 21 avril 2009 à Ottawa (Ontario) (rapport d'enquête aéronautique A09O0073 du BST) dans des circonstances très semblables. Porter Airlines Inc. dispose d'un SGS approuvé pour surveiller les événements qui surviennent au sein de l'entreprise, enquêter à leur sujet et prendre des mesures correctives. Après l'événement de 2009, Porter Airlines Inc. a mené une enquête SGS et diffusé un bulletin d'opérations aériennes, intitulé *Pitch Awareness Training*, à propos de la formation de sensibilisation sur le tangage (17 août 2009). Ce bulletin clarifie les exigences des SOP quant aux annonces de tangage et rappelle qu'il faut se servir des gaz pour corriger les vitesses verticales de descente anormales.

Le BST a également enquêté sur un contact queue-sol d'un avion de la série DHC-8-300 (rapport d'enquête aéronautique A12Q0161 du BST). Il s'agissait d'un autre atterrissage brutal avec tangage excessif au toucher des roues.

Selon les statistiques en date de 2013 de Bombardier, il y a eu 20 contacts queue-sol impliquant un DHC-8-400 à l'échelle mondiale¹². Bombardier a produit une vidéo de formation intitulée « Pitch Awareness » et recommande aux exploitants de rédiger des SOP sur l'importance du tangage. La vidéo fait ressortir l'importance de contrôler l'assiette en cabré lors de l'atterrissage des avions des séries DHC-8-300 et DHC-8-400.

Figure 2. PAPI (Source : *Manuel d'information aéronautique* de Transports Canada, TP 14371 [18 octobre 2012], section AGA – Aérodrômes, article 7.6.2.3)



¹² Bombardier Inc., Tailstrikes Totals Q400, 2000 to 2013.

Bien que le DHC-8-400 soit 23 pieds plus long que le DHC-8-300, lorsque la jambe de train d'atterrissage est comprimée pendant un atterrissage brutal, un impact du fuselage a lieu dans les deux avions à un cabré d'environ 7°. La vidéo souligne également l'importance de contrôler une vitesse verticale de descente excessive en augmentant la poussée plutôt que l'assiette en cabré à proximité du sol. Une augmentation de la poussée aura pour effet d'augmenter le débit d'air au-dessus des ailes juste derrière les hélices et, par conséquent, d'augmenter la portance même si la vitesse longitudinale reste inchangée

Rapports du laboratoire du BST

Le rapport du laboratoire du BST suivant a été finalisé :

- LP 98/2013 – *Flight Data Recorder Download and Analysis* (Téléchargement et analyse du contenu de l'enregistreur de données de vol)

Analyse

L'équipage de conduite possédait les qualifications nécessaires, conformément à la réglementation. L'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation. Les conditions météorologiques ne sont pas considérées comme un facteur ayant causé l'événement à l'étude. À partir du moment où le pilote automatique a été désactivé jusqu'à 500 pieds au-dessus de la zone de toucher des roues (HAT), le vol s'est déroulé sans incident et conformément aux procédures d'utilisation normalisées (SOP). L'analyse portera donc sur le profil d'approche à partir du moment où le pilote automatique a été désactivé (3 minutes avant le toucher des roues) et pendant les 43 dernières secondes, soit de 500 pieds HAT jusqu'au toucher des roues.

Dès que le pilote aux commandes a désactivé le pilote automatique et a commencé à piloter manuellement, il y a eu de légers écarts au-dessus et au-dessous de l'alignement de descente idéal de 3°. On pourrait considérer qu'il s'agissait de variations normales dues au fait que le pilote aux commandes s'ajustait au pilotage manuel de l'avion. Le pilote aux commandes a corrigé ces écarts au moyen de légères variations de l'assiette en tangage et de poussées des moteurs. Lorsque l'avion était au-dessus de l'alignement de descente idéal, il réduisait légèrement l'assiette en tangage et la poussée. Lorsque l'avion était un peu en-dessous de l'alignement de descente idéal, il augmentait légèrement l'assiette en tangage et la poussée.

À 500 pieds HAT, l'avion était sur la trajectoire et en configuration d'atterrissage, la vitesse verticale de descente était d'environ 400 pieds par minute (pi/min) et la vitesse indiquée était de 127 nœuds (vitesse de référence d'atterrissage [VREF] +6). À ce moment, l'avion respectait tous les critères d'approche stabilisée de l'entreprise; le pilote surveillant a donc fait l'annonce appropriée « Stabilized ».

Les données de l'enregistreur de données de vol (FDR) démontrent que, quelques secondes avant de franchir 500 pieds HAT, l'appareil avait dérivé légèrement sous l'alignement de descente et qu'une correction avait été appliquée pour le ramener sur l'alignement. Pendant que l'approche se poursuivait, l'avion a continué à dériver au-dessus de l'alignement de descente. Le pilote aux commandes a tenté de corriger au moyen d'un léger piqué et d'une faible réduction de poussée. Lorsque l'appareil est passé sous 300 pieds HAT, la vitesse indiquée avait augmenté à 131 nœuds; elle était donc toujours dans une marge de VREF +10. Cependant, l'avion a continué de dériver au-dessus de l'alignement de descente idéal de 3° signalée par l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI). Quelques secondes plus tard, lorsque l'appareil est descendu sous 250 pieds HAT, le pilote aux commandes a réduit la poussée du moteur de 13 % à environ 5 % (ralenti de vol) et piqué légèrement. Cette réduction de puissance aurait réduit considérablement le débit d'air au-dessus des ailes et la portance. De plus, la traînée de profil des hélices, qui auraient été au petit pas pendant le ralenti de vol, aurait ralenti l'aéronef. La vitesse indiquée a commencé à baisser immédiatement. Toutefois, l'avion a continué à dériver au-dessus de l'alignement de descente et, à 0,4 milles marins et 200 pieds HAT, il a atteint l'alignement de descente PAPI de 3,5°; à partir de ce point, la vitesse verticale de descente a commencé à augmenter.

Alors que l'appareil se trouvait à environ 90 pieds HAT, la vitesse propre a chuté sous VREF et a continué de diminuer. Au même moment, la vitesse verticale augmentait au-dessus de -800 pi/min et l'avion dérivait sous l'alignement de descente PAPI idéal de 3°. Le pilote surveillant n'a pas remarqué l'augmentation de la vitesse verticale de descente, sans doute

parce qu'il surveillait l'approche à vue par le hublot plutôt que les instruments à ce moment-là. Par conséquent, le pilote surveillant n'a pas demandé de remettre les gaz comme l'exigeaient les SOP de l'entreprise lorsque la vitesse propre a chuté sous VREF. Poursuivre l'approche lorsque l'aéronef ne satisfait pas aux critères d'approche stabilisée constitue l'un des facteurs contributifs dans 66 % des accidents et incidents graves à l'approche et à l'atterrissage selon la Fondation pour la sécurité aérienne. Ni l'un ni l'autre membre d'équipage n'a signalé que la vitesse propre avait chuté sous VREF, que le vol ne respectait plus les critères d'approche stabilisée et qu'une remise des gaz était nécessaire.

Les SOP sont très claires : sous 500 pieds HAT, si l'aéronef n'est plus stabilisé, il faut demander une remise des gaz. Le pilote surveillant savait que le pilote aux commandes avait réduit la puissance à 250 pieds HAT pour corriger l'augmentation de la vitesse propre et l'approche trop haute, mais ne s'était pas rendu compte de l'ampleur de cette réduction. Tout semblait encore relativement normal à ce moment et conforme aux paramètres d'approche stabilisée établis par l'entreprise. Quand la vitesse propre a chuté sous VREF, l'approche n'était plus stabilisée selon les SOP. Lorsque le pilote surveillant s'est rendu compte qu'il y avait un problème, il était trop tard pour réagir ou apporter des correctifs. Si les SOP ne décrivent pas clairement les responsabilités du pilote surveillant, il y a un risque accru que des conditions de vol dangereuses se créent.

À 40 pieds HAT, le pilote surveillant s'est rendu compte que l'aéronef avait trop ralenti et descendait trop rapidement. Il a alors demandé au pilote aux commandes d'augmenter la poussée juste avant l'impact. Le pilote aux commandes a réagi avec un cabré prononcé, suivi d'une augmentation de poussée. Toutefois, la vitesse propre descendait sous 113 nœuds (VREF -8), et la vitesse verticale avait dépassé -900 pi/min et augmentait toujours. Lorsque la vitesse verticale de descente est trop élevée à proximité du sol, l'avionneur recommande aux pilotes d'avoir recours à la poussée plutôt qu'au cabré pour réduire cette vitesse et de ne pas dépasser une assiette en cabré de 6°. Les deux membres de l'équipage de conduite avaient reçu une formation de sensibilisation sur le tangage et savaient qu'il faut limiter le tangage au moment du toucher des roues et se servir de la poussée pour limiter la vitesse verticale de descente.

Le pilote aux commandes avait peu d'expérience sur un avion de la taille du DHC-8-400 et avait terminé l'expérience préparatoire en vol à peine 2 mois avant l'événement. Pendant la formation du pilote aux commandes sur le DHC-8-400, on avait noté deux améliorations à apporter : une gestion appropriée de la poussée et du tangage en approche et l'élimination des grandes variations de puissance pour chasser la vitesse en descente. Au début de l'approche en cause dans l'événement, le pilote aux commandes utilisait de légères variations de poussée et de tangage pour corriger l'alignement de descente et la vitesse propre. Pendant l'approche, les écarts au-dessus ou au-dessous de l'alignement de descente étaient relativement constants; cependant, une fois que l'appareil a passé sous 500 pieds HAT, ces légères variations n'étaient plus aussi efficaces parce que la tolérance était moindre et qu'il restait moins de temps pour que leur effet se fasse sentir. Comme l'avion dérivait encore plus au-dessus de l'alignement de descente et que la vitesse propre augmentait, le pilote aux commandes a réagi de manière excessive en réduisant le régime du moteur au ralenti de vol. Alors que l'aéronef approchait rapidement du sol, le pilote surveillant a demandé une augmentation de poussée pour réduire la vitesse verticale de descente; le pilote aux commandes a alors réagi instinctivement en tirant le manche, ce qui a augmenté l'assiette en tangage. Le pilote aux commandes a commandé un cabré supérieur aux limites prescrites par les SOP et par la formation de sensibilisation sur le

tangage de l'avionneur. Cette mesure n'a pas eu pour effet de réduire la vitesse verticale de descente, tel qu'escompté. La grande vitesse verticale de descente, la poussée et l'assiette en cabré excessive de l'avion ont provoqué l'atterrissage brutal qui a comprimé les jambes du train d'atterrissage, de sorte que la queue de l'avion a heurté la piste.

Les SOP de l'entreprise définissent les critères d'approche stabilisée; toutefois, elles ne mentionnent pas l'alignement de descente lors de l'utilisation d'indicateurs visuels de pente d'approche, comme le PAPI. Les SOP fournissent des indications sur l'écart d'alignement de descente pour le système d'atterrissage aux instruments (ILS), qui s'appliqueraient pendant une approche ILS, mais aucune limite pour les approches à vue. Les données du FDR indiquent clairement qu'après la désactivation du pilote automatique, l'avion déviait constamment au-dessus et au-dessous de l'alignement de descente, et pourtant, selon les SOP de l'entreprise, l'aéronef satisfaisait à tous les critères d'approche stabilisée alors qu'il franchissait 500 pieds HAT. Le seul paramètre établi indiquant que l'approche n'était pas stabilisée était la baisse de la vitesse indiquée sous VREF à 90 pieds HAT. Si les SOP ne définissent pas clairement les exigences relatives à une approche à vue stabilisée, il y a un risque accru que la poursuite du vol mène à un accident à l'atterrissage.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Ni l'un ni l'autre membre d'équipage n'a signalé que la vitesse propre avait chuté sous la vitesse de référence d'atterrissage, que le vol ne respectait plus les critères d'approche stabilisée et qu'une remise des gaz était nécessaire.
2. Le pilote surveillant n'a pas remarqué la baisse de la vitesse propre et l'augmentation de la vitesse verticale de descente assez tôt pour prévenir le pilote aux commandes ou pour intervenir.
3. Lorsque le pilote surveillant lui a demandé d'augmenter la poussée, le pilote aux commandes a commandé un cabré supérieur aux limites prescrites par les procédures d'utilisation normalisées et par la formation de sensibilisation sur le tangage de l'avionneur.
4. La grande vitesse verticale de descente et l'assiette en cabré excessive de l'avion ont provoqué l'atterrissage brutal qui a comprimé les jambes du train d'atterrissage, de sorte que la queue de l'avion a heurté la piste.

Faits établis quant aux risques

1. Si les procédures d'utilisation normalisées ne définissent pas clairement les exigences relatives à une approche à vue stabilisée, il y a un risque accru que la poursuite du vol mène à un accident à l'atterrissage.
2. Si les procédures d'utilisation normalisées ne décrivent pas clairement les responsabilités du pilote surveillant, il y a un risque accru que des conditions de vol dangereuses se créent.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

Porter Airlines Inc.

Immédiatement après l'événement à l'étude, Porter Airlines Inc. a mené une enquête du système de gestion de la sécurité. Les mesures correctives mises en œuvre sur le champ comprenaient une révision du document *Pitch Awareness Training* (rév. 6.0 / 29 mai 2013) pour souligner les événements passés et la nécessité d'utiliser la poussée plutôt que le tangage pour réduire les vitesses verticales de descente excessives.

En outre, l'entreprise a pris les mesures suivantes :

- Elle a revu la formation des commandants instructeurs et pilotes de ligne;
- Elle a revu l'utilisation du braquage volets en approche;
- Elle a ajouté des éclaircissements sur la procédure d'approche stabilisée;
- Elle a rappelé les dangers de l'exploitation de nuit.

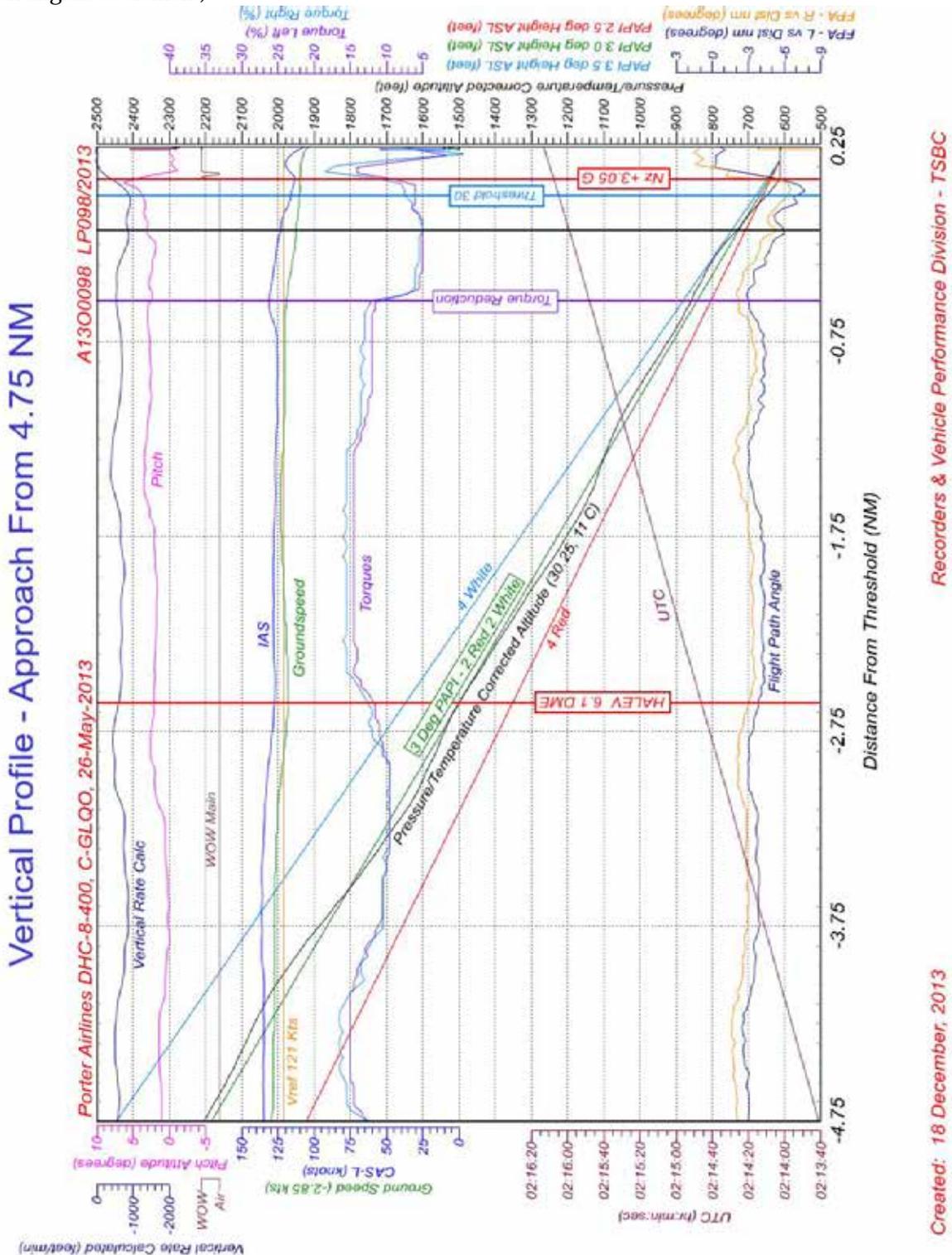
Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 28 janvier 2015. Le rapport a été officiellement publié le 12 février 2015.

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

Annexes

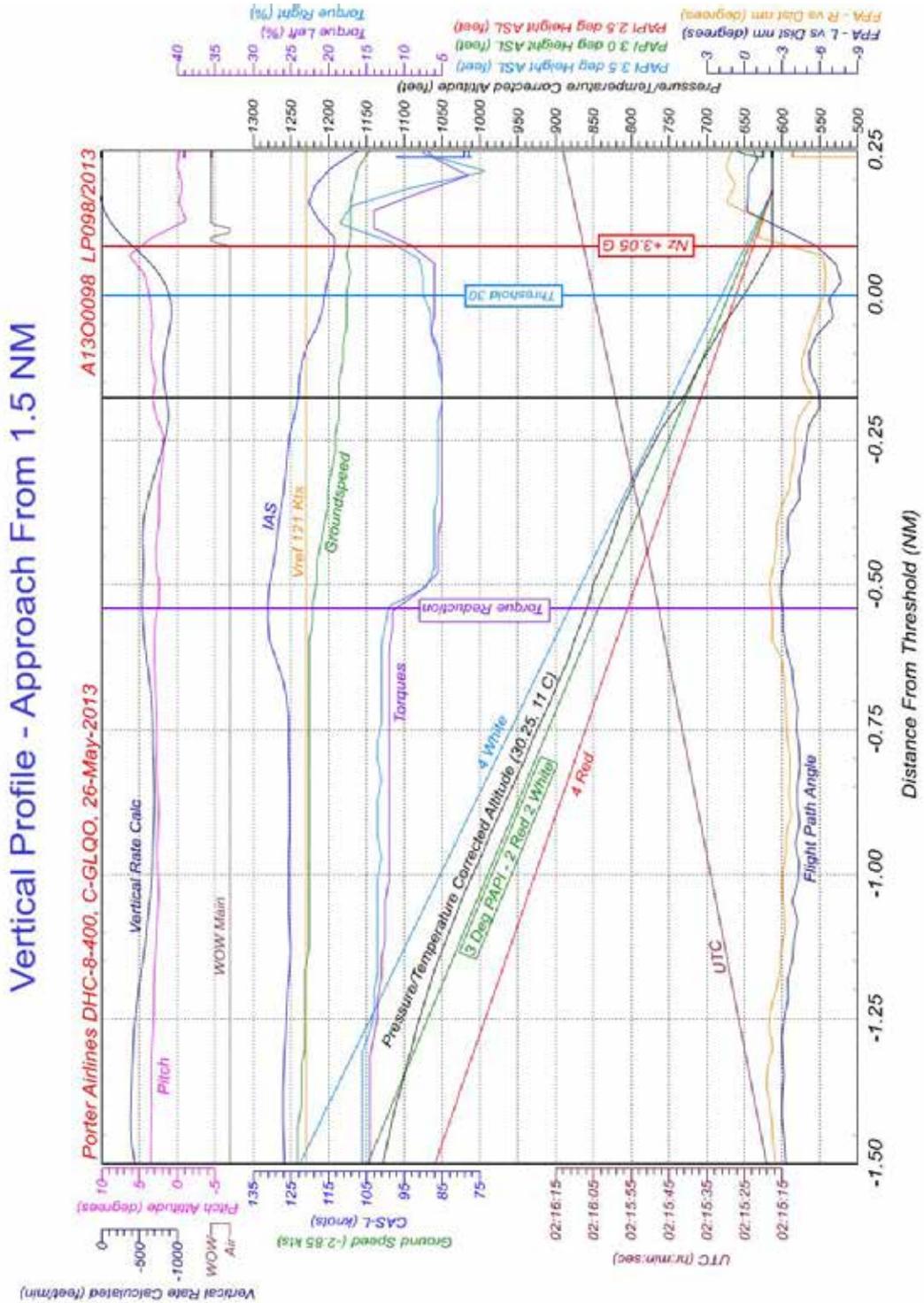
Annexe A – Profil de vol vertical à partir de 4,75 milles marins

(en anglais seulement)



Annexe B – Profil de vol vertical à partir de 1,5 mille marin

(en anglais seulement)



Created: 18 December, 2013

Recorders & Vehicle Performance Division - TSBC