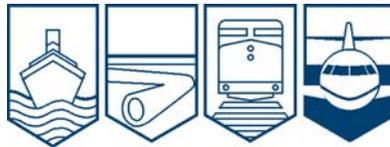


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A05W0109



### DÉCLENCHEMENT DU VIBREUR DE MANCHE À HAUTE ALTITUDE

**DU BOMBARDIER CRJ705 C-FBJZ  
EXPLOITÉ PAR AIR CANADA JAZZ  
À 41 nm AU SUD-EST DE LETHBRIDGE (ALBERTA)  
(INTERSECTION COUTS)  
LE 10 JUIN 2005**

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

### Déclenchement du vibreur de manche à haute altitude

du Bombardier CRJ705 C-FBJZ  
exploité par Air Canada Jazz  
à 41 nm au sud-est de Lethbridge (Alberta)  
(intersection COUTS)  
le 10 juin 2005

Rapport numéro A05W0109

### *Sommaire*

L'avion Bombardier CRJ705 (immatriculation C-FBJZ, numéro de série 15037) exploité par Air Canada Jazz effectue le vol JZA8105 entre Houston (Texas) et Calgary (Alberta). Il transporte 64 passagers et 4 membres d'équipage. L'appareil pénètre dans l'espace aérien canadien, aux environs de l'intersection COUTS, alors qu'il est en croisière au niveau de vol 400. Peu après, à 20 h 46, heure avancée des Rocheuses, l'équipage contacte le Centre d'Edmonton qui l'informe que la procédure de régulation du trafic à destination de Calgary est en vigueur. Le contrôleur indique à l'équipage qu'il doit franchir l'intersection VUCAN à 21 h 21 et lui offre la possibilité de ralentir le vol à sa discrétion. Ce temps de franchissement correspondait à 18 minutes de plus que le temps prévu.

L'équipage se préoccupe des réserves de carburant, car le vol a déjà été dérouté à l'ouest de l'itinéraire prévu aux États-Unis à cause du mauvais temps et des exigences du contrôle de la circulation aérienne. Le pilote réduit la puissance afin de ralentir l'avion en prévision de la régulation de trafic annoncée. Pendant que l'équipage calcule les réserves de carburant pour une période d'attente possible, la vitesse de l'avion diminue au point où le vibreur de manche se met en marche. L'équipage reprend de la vitesse en augmentant la puissance et en amorçant une descente. Il n'y a eu aucun dommage à l'avion et aucun des passagers ni des membres de l'équipage n'a été blessé. Le vol a atterri à Calgary sans autre incident.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

Au moment de l'événement, la masse de l'avion était d'environ 68 000 livres et son centrage s'inscrivait dans les limites prescrites. Il n'y a aucune anomalie technique connue qui aurait pu compromettre les performances de l'avion.

L'avion n'était pas dans les nuages au moment de l'événement et il y avait peu ou pas de turbulence. La prévision du vent en altitude au niveau de vol (FL) 400 était du 260 degrés vrais (T) à 18 nœuds, la température était de -55 °C.

L'incident s'est produit pendant la semaine d'inauguration des vols réguliers du CRJ705 par la compagnie aérienne. Les deux pilotes possédaient de l'expérience sur le modèle CRJ200 (CL-600-2B19) et ils avaient suivi un cours de transformation sur le CRJ705 (CL-600-2D15). Ce cours comprenait de l'instruction théorique, un entraînement en simulateur et un contrôle de compétence pilote (CCP). Le commandant de bord avait terminé sa formation initiale sur les appareils de la série CRJ200 en septembre 2004 et son cours de transformation sur le CRJ705 en mars 2005. Son plus récent CCP périodique sur le CRJ200 avait eu lieu en février 2005. Le copilote avait reçu l'annotation pour le type CRJ200 en octobre 2004, et il avait terminé son cours de transformation sur le CRJ705 en mai 2005. Son plus récent CCP périodique avait eu lieu en février 2005.

Les deux membres d'équipage étaient arrivés à Houston plus tôt le même jour sur le vol JZA8106 vers 2 h, heure avancée des Rocheuses (HAR)<sup>1</sup>. Le commandant de bord avait piloté l'avion en compagnie d'un autre pilote qui agissait à titre de copilote, tandis que le copilote en cause dans l'incident avait voyagé à titre de passager non payant. L'équipage est arrivé à l'hôtel à 3 h. Le commandant de bord a dormi d'un sommeil agité pendant 3,5 heures avant de se lever à 8 h 30 et il n'était pas bien reposé avant le vol à destination de Calgary. Le décollage du vol de retour (JZA8105) à Calgary était prévu à 17 h 25.

La fatigue compromet la vigilance et les performances. Une personne fatiguée a tendance à concentrer son attention sur des problèmes mineurs et elle n'anticipera pas aussi bien le danger, son raisonnement pourra manquer de logique et elle pourra prendre des mesures correctives inappropriées<sup>2</sup>. La fatigue peut grandement compromettre les performances reliées aux tâches critiques pour la sécurité. Voici certains des effets souvent reliés à la fatigue :

- attention réduite;
- préoccupation à l'égard d'une seule tâche ou des éléments d'une seule tâche;
- omission d'un élément d'une tâche séquentielle ou inversion de son ordre d'exécution.

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en HAR (temps universel coordonné moins six heures).

<sup>2</sup> Référence : *A Guide for Investigation for Fatigue* – TSB, August 1997 (*Guide d'enquête sur la fatigue* – BST, août 1997)

En prévision de la régulation du trafic à destination de Calgary, le commandant de bord, qui était le pilote aux commandes, a réduit la puissance afin de passer de la vitesse de croisière normale de 0,77 M<sup>3</sup> à la vitesse en régime de croisière optimal de 0,70 M. Le directeur de vol était réglé en mode de contrôle automatique de l'altitude et le pilote automatique était embrayé. Le commandant de bord a ensuite concentré son attention sur le système de gestion de vol (FMS) sur la banquette centrale afin d'aider le copilote à déterminer les réserves de carburant pour une période d'attente possible. Quelque 90 secondes plus tard, le copilote a remarqué que la vitesse avait diminué à moins de 0,70 M et il en a avisé le commandant de bord. Ce dernier a réagi en poussant les manettes des gaz. L'avion a continué à décélérer en se cabrant davantage tout en demeurant au FL 400. Le commandant de bord a alors commencé à programmer une descente dans le mode vitesse verticale du calculateur de commandes de vol (FCC). Immédiatement après, la vitesse a diminué à 0,61 M (vitesse indiquée de 180 noeuds (KIAS)), le vibreur de manche s'est mis en marche et le pilote automatique s'est désembrayé. Les deux pilotes ont poussé le volant de commande vers l'avant pour diminuer l'assiette longitudinale, ce qui entraîné une descente et une augmentation de la vitesse. L'équipage a subséquemment redonné une assiette en tangage à l'avion, ce qui s'est traduit par une augmentation de l'angle d'attaque du fuselage et de la force d'accélération G<sup>4</sup>. Le vibreur de manche s'est de nouveau mis en marche 11 secondes après la première fois. Pendant ce temps, l'appareil subissait des tremblements et des oscillations dans l'axe de roulis de quelque 10 degrés. L'assiette en tangage a diminué davantage et la vitesse est revenue à 0,82 M (250 KIAS). L'altitude s'est brièvement stabilisée au FL 386 avant que l'équipage, en coordination avec l'ATC, poursuive la descente jusqu'au FL 380 à cause d'un conflit de trafic. (Voir les tracés de l'enregistreur numérique de données de vol aux annexes A et B.)

---

<sup>3</sup> M correspond au nombre de Mach, qui est le rapport entre la vitesse vraie d'un aéronef et la vitesse du son à une température donnée.

<sup>4</sup> Pour les corps qui subissent une accélération ou une décélération, G est utilisé comme unité de charge.

La vitesse de traînée minimale ( $V_{md}$ ) est définie comme étant la vitesse à laquelle la traînée totale de l'aéronef est la plus faible et pour laquelle il faut le moins de poussée pour maintenir le vol en palier. Cette vitesse est reliée à la vitesse d'endurance. À une altitude constante, une réduction progressive de la vitesse vraie sous la  $V_{md}$  entraîne une augmentation concomitante de la traînée totale, ce qui fait diminuer encore plus la vitesse. Par conséquent, les valeurs de vitesse inférieures à la  $V_{md}$  peuvent entraîner une stabilité négative (voir la figure 1). Lorsque la vitesse de croisière devient inférieure à la  $V_{md}$ , on peut rétablir la vitesse en augmentant la puissance des moteurs, en amorçant une descente, ou en combinant les deux.

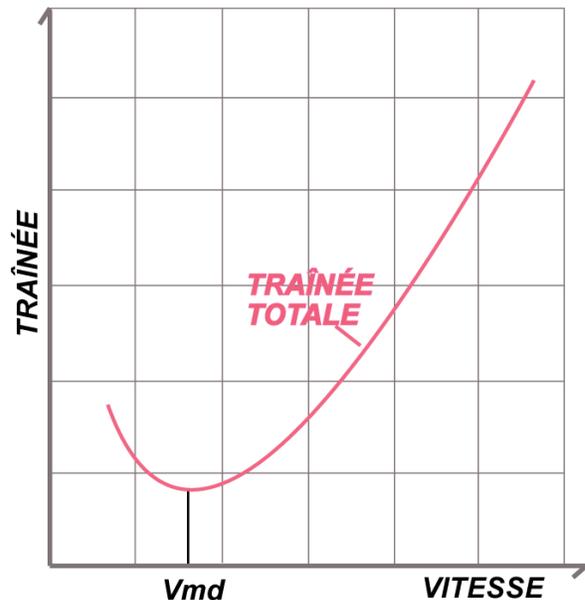


Figure 1. Traînée par rapport à la vitesse (adapté du module de formation d'Air Canada Jazz)

La puissance requise pour maintenir la  $V_{md}$  augmente à mesure que l'altitude et (ou) la masse de l'aéronef augmente. À haute altitude, la puissance requise pour maintenir la  $V_{md}$  peut n'être que légèrement inférieure à celle requise pour le vol de croisière. Le fait de retarder la descente en choisissant plutôt d'augmenter la puissance peut faire en sorte que la vitesse de l'appareil diminue au point où le vibreur de manche se déclenche et le pilote automatique se désembraye. Les données fournies par Bombardier Aérospatiale indiquent que, dans les conditions d'exploitation où le vol JZA8105 se trouvaient au moment de l'incident, la  $V_{md}$  était de 0,75 M, ce qui était proche de la vitesse de croisière de 0,77 M. Dans le CRJ200, la  $V_{md}$  était inférieure à la vitesse en régime de croisière optimal publiée dans toutes les conditions de vol normales, tandis que dans le CRJ705, pour certaines altitudes et masses de l'avion, la  $V_{md}$  pouvait être supérieure à la vitesse en régime de croisière optimal.

Le rapport d'un comité d'évaluation opérationnelle (RCEO) préparé par Transports Canada en 2002, et révisé en 2004, a établi les principales différences au niveau de la formation, de la vérification des pilotes et des exigences de récence pour les pilotes qui exploitent les avions de la série CL-65. Les tableaux des exigences acceptables relatives aux différences entre les exploitants du RCEO contient le détail des différences et des exigences de formation entre les divers modèles et les diverses versions d'avions. Les exploitants commerciaux canadiens, dont Air Canada Jazz, pourraient se servir de ce rapport pour élaborer des programmes de formation et de vérification des compétences des équipages de conduite conformément aux dispositions du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Les caractéristiques de vol reliées aux réactions aérodynamiques de l'avion aux changements de vitesse étaient incluses dans les définitions. Toutefois, puisque l'on considérait que les caractéristiques de vol étaient semblables, on n'avait pas inclus les tableaux des différences entre le CRJ200 et le CRJ705/900 en regard de la  $V_{md}$ .

Le programme de formation des pilotes d'Air Canada Jazz comprenait des parties consacrées à la dépressurisation et à la physiologie du vol à haute altitude, conformément au RAC. Au cours de la formation sur type initiale sur le CRJ200, les pilotes de la compagnie avaient reçu de la

formation sur les caractéristiques aérodynamiques du vol à haute altitude et à grande vitesse spécifiques au type. La formation sur les techniques de reconnaissance de l'imminence d'un décrochage et de sortie de décrochage était limitée à une altitude de 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) et ne couvrait pas les différences significatives entre les techniques à basse altitude et celles à haute altitude et grande vitesse. En juin 2005, on a ajouté au programme de formation périodique du CRJ un entraînement en simulateur sur les techniques de rétablissement de la vitesse à haute altitude, lequel insistait notamment sur une réduction en temps opportun de l'inclinaison longitudinale. Les deux pilotes en cause avaient reçu leur formation périodique avant cet ajout et n'avaient par conséquent pas suivi cet entraînement.

Avant l'incident, le manuel d'exploitation de l'avion CRJ705 de la compagnie recommandait une vitesse d'attente normale de 225 KIAS aux altitudes supérieures à 14 000 pieds. Il n'y avait aucune mention du fait qu'une telle vitesse pouvait être très inférieure à la  $V_{md}$  aux altitudes proches des altitudes de croisière maximales. Même si des données reliées à la  $V_{md}$  étaient incluses dans le manuel de planification de vol et de conduite de vol en croisière de Bombardier, cette information n'était pas facilement disponibles pour les équipages de conduite dans le poste de pilotage. L'information n'était pas incluse dans les documents à consultation rapide ni dans les manuels d'utilisation de l'avion.

Étant donné la longueur du vol qu'il restait à parcourir au moment de l'incident, les données pertinentes enregistrées par l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage avaient été remplacées par d'autres. L'enregistreur numérique de données de vol (DFDR) a été déposé et analysé par le Laboratoire technique du BST. On a déterminé que, au cours du vol en question, l'écart entre le temps enregistré par le DFDR et celui du temps universel coordonné (UTC) basé sur le GPS était d'une seconde à toutes les 10 minutes environ. Au moment de l'incident, le temps enregistré par le DFDR était de 23 secondes de plus que le temps UTC enregistré. Cet écart correspondait à une différence de 0,16 pour cent entre les paramètres de synchronisation. L'article 625.33 du RAC stipule que les limites de précision relatives à l'écart du temps enregistré doivent être de  $\pm 0,125$  pour cent par heure. L'écart observé laisse croire que les exigences de stabilité mentionnées dans le RAC n'étaient pas respectées. Puisque le temps UTC enregistré par le GPS devait être très précis, il est probable que l'écart de temps devait provenir du concentrateur de données (DCU) (référence DCU-4004) du DFDR. Cette information a été communiquée au constructeur de l'avion et au fournisseur du composant pour fins d'évaluation.

## *Analyse*

Ni les conditions météorologiques ni l'état de service de l'avion n'ont été des facteurs contributifs à cet événement. Par conséquent, l'analyse portera principalement sur les mesures prises par l'équipage et sur les programmes de formation de la compagnie.

L'équipage du vol JZA8105 avait reçu son entraînement initial sur le CRJ200, ce qui incluait la formation sur les performances et les limites de l'avion. L'équipage avait acquis de l'expérience en pilotage du CRJ200 avant de suivre le cours de transformation sur le CRJ705 d'Air Canada Jazz. Ce cours était basé sur le RCEO de Transports Canada, lequel soulignait les exigences relatives aux différences pour la formation de transformation entre les diverses versions de CL-65. Ni le RCEO ni le programme de formation de transformation sur le CRJ705 d'Air

Canada Jazz ne couvraient les caractéristiques du vol de croisière à haute altitude. En outre, les documents de consultation rapide dans le poste de pilotage du CRJ705 d'Air Canada Jazz ne comprenaient pas d'information relative aux limites de la  $V_{md}$ . Par conséquent, l'équipage du vol JZA8105 ne savait pas que, contrairement au CRJ200, la vitesse en régime de croisière optimal du CRJ705 pouvait être inférieure à la  $V_{md}$  aux altitudes proches du plafond de service de l'avion. Par conséquent, la décision de ralentir l'avion jusqu'à 0,70 M, une vitesse inférieure à la  $V_{md}$  de 0,75 M, tout en cherchant à maintenir une altitude constante, n'était pas appropriée.

Lorsque le copilote a avisé le commandant de bord que la vitesse était descendue sous la vitesse visée de 0,70 M, la technique la plus efficace à utiliser pour rétablir la vitesse aurait été d'amorcer une descente et d'augmenter ensuite la puissance. Lorsque le commandant de bord a poussé les manettes des gaz, la puissance moteur disponible au FL 400 n'était que légèrement supérieure à celle requise pour le vol de croisière, et l'avion ne pouvait accélérer au-delà de la  $V_{md}$  en vol en palier. Lorsque la vitesse a continué à diminuer, le commandant de bord a sélectionné le mode vitesse verticale du FCC. Au moment où le vibreur de manche allait se mettre en marche, la meilleure mesure à prendre aurait été de désembrayer le pilote automatique et de réduire manuellement l'inclinaison longitudinale. La deuxième activation du vibreur de manche a sans doute été causée par le fait que l'équipage a introduit une commande de cabrage, ce qui a augmenté l'angle d'attaque et le facteur de charge. L'équipage a finalement rétabli la vitesse en réduisant l'assiette en tangage de manière plus énergique et prolongée.

La nuit avant le vol en cause, le commandant de bord n'avait dormi que peu de temps d'un sommeil agité, même s'il avait disposé d'un temps de repos suffisant. Le fait qu'il se soit préoccupé du FMS après avoir réduit la puissance plutôt que d'avoir surveillé la vitesse, ce qui était un tâche plus critique, correspond à un type de diminution des performances relié à la fatigue.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP 058/2005 — DFDR Examination (Examen du DFDR).

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

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

1. Les pilotes connaissaient mal le rapport entre la vitesse de croisière et la vitesse de traînée minimale ( $V_{md}$ ) à haute altitude du CRJ705. Le cours de transformation sur le CRJ705 d'Air Canada Jazz, qui était basé sur l'évaluation des diverses versions de CL-65 contenue dans un rapport de comité d'évaluation opérationnelle (RCEO) de Transports Canada, ne comprenait pas les différences dans les caractéristiques de vol relatives à la  $V_{md}$ .

2. L'équipage de conduite du vol JZA8105 ne savait pas que, dans ses conditions de vol, une faible marge de puissance était disponible pour maintenir le vol en palier à l'altitude de croisière à une vitesse inférieure à la  $V_{md}$ . Par conséquent, l'équipage a amorcé une décélération jusqu'à une vitesse inférieure à la  $V_{md}$  à partir de laquelle l'appareil était incapable d'accélérer sans perdre de l'altitude.
3. Le commandant de bord n'était pas bien reposé avant le vol. Les effets de la fatigue sont sans doute responsables de sa perte de concentration et de son omission prolongée de surveiller la vitesse après avoir réduit la puissance. L'équipage a donc laissé la vitesse chuter sous la valeur recherchée.
4. La formation offerte par la compagnie sur le rétablissement de la vitesse du CRJ était limitée à 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) et ne couvrait pas les différences significatives entre les techniques de rétablissement de la vitesse à basse altitude et à haute altitude. N'ayant pas reçu la formation pertinente, le commandant de bord est d'abord intervenu pour rétablir la vitesse d'une manière inefficace, ce qui a conduit au déclenchement du vibreur de manche.

### *Autre fait établi*

1. Un écart de temps engendré par l'enregistreur numérique de données de vol (DFDR) a introduit une imprécision de 0,16 pour cent alors que la norme prescrivait un écart maximal de 0,125 pour cent. Même si l'écart en question n'a pas eu de conséquence sur la présente enquête, une telle imprécision dans la synchronisation du temps pourrait compromettre la valeur des données de l'enregistreur de données de vol dans d'autres enquêtes où il serait important d'établir avec précision la séquence des événements.

### *Mesures de sécurité prises*

À la suite de cet événement, Bombardier Aérospace a publié un message à l'intention de tous les exploitants des versions CRJ705/900 du CL-65. Le message mentionnait que les exploitants ne sont peut-être pas au courant du fait que, dans certaines conditions de vol, la vitesse de montée peut être inférieure à la vitesse de traînée minimale ( $V_{md}$ ). On recommandait de n'effectuer aucun vol à une vitesse inférieure à la  $V_{md}$  telle que définie dans la section des renseignements généraux sur la vitesse du manuel de planification de vol et de conduite de vol en croisière de ce type d'avion. De plus, Bombardier Aérospace ajoutera les tableaux des  $V_{md}$  à l'index des procédures (QRH) afin de fournir aux équipages de conduite une information rapidement disponible sur les limites de vitesse.

La compagnie Air Canada Jazz a introduit un programme de formation en neuf modules intitulé « High Altitude and High Speed Training » (formation au vol à haute altitude et à grande vitesse) à l'intention des pilotes de CRJ705. L'utilisation du type d'appareil en cause par la compagnie a été limitée au FL 350 jusqu'à ce que tous les pilotes aient suivi la formation. Air Canada Jazz a également élaboré un graphique à consultation rapide que les pilotes peuvent utiliser pour calculer la  $V_{md}$  en fonction de la masse de l'avion, de l'altitude et de la température extérieure. Des modifications ont été apportées au manuel d'exploitation de la compagnie afin

d'avertir les équipages de l'importance de suivre les vitesses de montée publiées. On insiste également sur le fait que le CRJ705 pourrait ne pas être en mesure d'accélérer ou de maintenir l'altitude de croisière si on laisse la vitesse descendre sous la  $V_{md}$ . On a porté sur un graphique les vitesses minimales recommandées pour l'attente et les manœuvres en fonction de l'altitude.

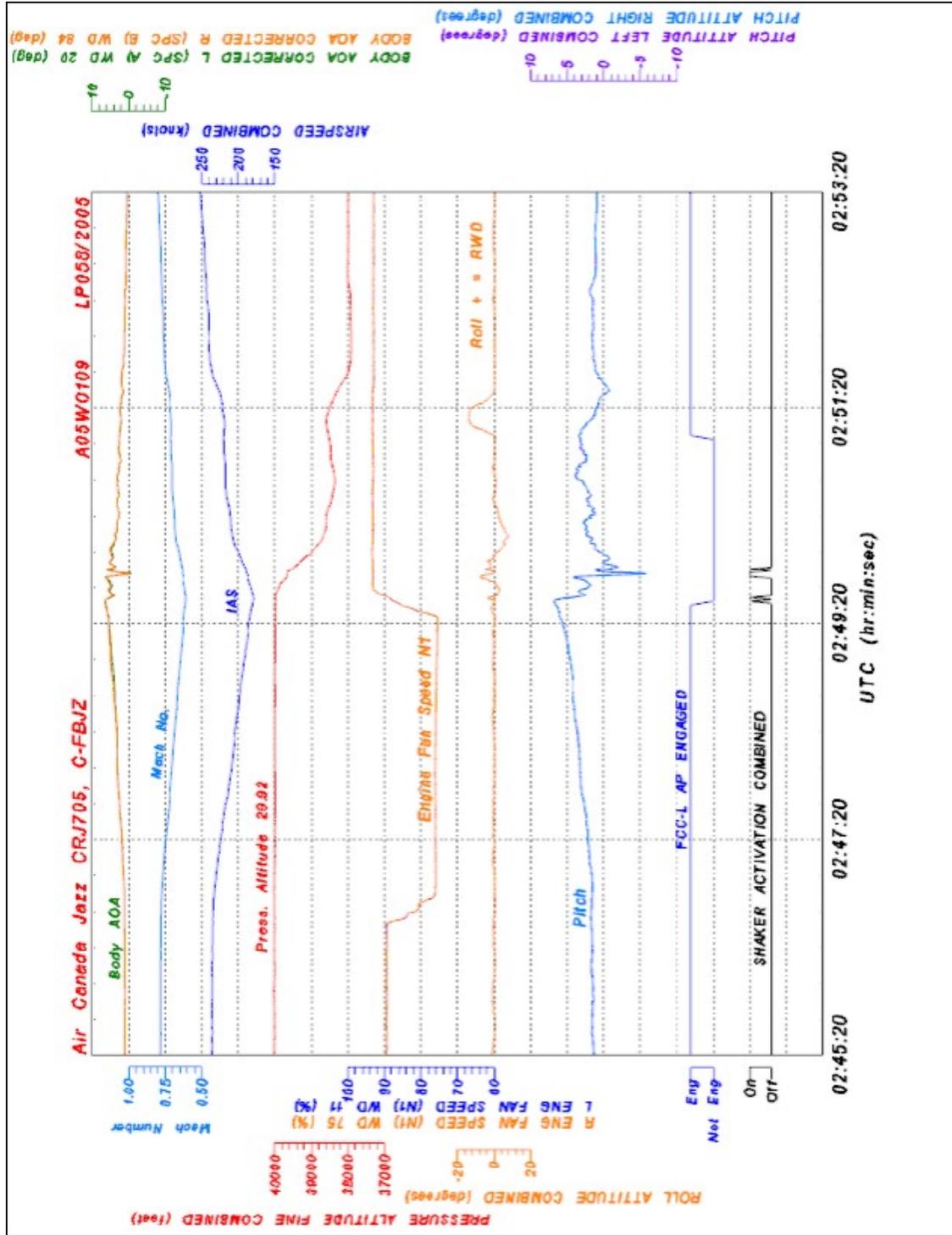
En août 2005, Transports Canada a publié la Circulaire d'information de l'Aviation commerciale et d'affaires n° 0247. Cette circulaire fournissait des lignes directrices et des recommandations aux exploitants sur la formation aux techniques de sortie de décrochage et sur le contrôle de compétence, dans le but de s'assurer que les équipages de conduite soient en mesure de reconnaître les signes précurseurs d'un décrochage imminent et d'appliquer les mesures de redressement appropriées afin d'éviter un décrochage ou une perte d'altitude de l'avion.

*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 27 juillet 2006.*

*Visitez le site Web du BST ([www.tsb.gc.ca](http://www.tsb.gc.ca)) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.*

# Annexe A – Tracé de l'enregistreur numérique de données de vol – Vue globale de l'événement

Ce document n'existe pas en français.



# Annexe B – Tracé de l' enregistreur numérique de données de vol – Vue détaillée de l'événement

Ce document n'existe pas en français.

