



**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE**  
**A04O0188**



**SORTIE EN BOUT DU PISTE**

**DU EMBRAER EMB-145LR N829HK**  
**EXPLOITÉ PAR US AIRWAYS EXPRESS**  
**À L'AÉROPORT INTERNATIONAL D'OTTAWA/  
MACDONALD CARTIER**  
**LE 14 JUILLET 2004**

Le Bureau de la sécurité des transports (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 et pénales.

## Rapport d'enquête aéronautique

### Sortie en bout de piste

du Embraer EMB-145LR N829HK  
exploité par US Airways Express  
à l'aéroport international d'Ottawa/  
Macdonald Cartier (Ontario)  
le 14 juillet 2004

Rapport numéro A04O0188

### *Sommaire*

L'avion Embraer 145LR de US Airways Express (Trans States Airlines) (vol LOF3504, immatriculation N829HK, numéro de série 145281) quitte Pittsburgh (Pennsylvanie) en direction de l'aéroport international d'Ottawa/Macdonald Cartier (Ontario) avec à son bord 2 membres d'équipage de conduite, 1 agent de bord et 28 passagers. À 17 h 20, heure avancée de l'Est, l'avion atterrit sur la piste 25 à Ottawa, sort en bout de piste et s'immobilise à environ 300 pieds de l'extrémité de la piste sur une surface gazonnée. Personne n'est blessé. Le pneu intérieur gauche du train d'atterrissage principal de l'avion est légèrement endommagé. Au moment de l'atterrissage, il pleuvait légèrement. Lorsque la pluie a cessé, les passagers ont quitté l'avion et ont été amenés à l'aérogare par autobus.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

### *Déroulement du vol*

Le vol à partir de Pittsburgh s'est déroulé sans incident. À l'approche d'Ottawa, l'avion a été guidé au radar pour contourner des cellules orageuses et effectuer une approche en alignement arrière vers la piste 25 de l'aéroport international d'Ottawa/Macdonald-Cartier. L'avion se trouvait à environ 1,5 mille au nord du radiophare non directionnel (NDB) d'Ottawa et à 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et il se déplaçait à une vitesse indiquée d'environ 185 noeuds (KIAS), lorsque le contrôle de la circulation aérienne a donné l'instruction d'effectuer le dernier virage pour intercepter le radiophare d'alignement de piste. Cette instruction a eu pour conséquence de raccourcir l'approche finale, car le NDB ne se trouve qu'à 4,1 milles marins du seuil de la piste 25. L'avion a alors été autorisé à se poser. Même si la vitesse était élevée, les déporteurs intérieurs, qui peuvent être déployés en vol comme aérofreins, n'étaient pas sortis.

Pendant la manoeuvre de capture du faisceau d'alignement de piste, l'avion s'est écarté plusieurs fois à gauche et à droite du radiophare jusqu'à ce qu'il soit en course finale, à moins de un mille du seuil. L'équipage avait calculé que la vitesse de l'avion devait être de 133 KIAS pour une approche volets sortis à 22° et de 128 KIAS pour une approche volets sortis à 45°. Puisque la vitesse et la hauteur de l'avion étaient élevées pour une approche finale écourtée, l'équipage s'est préparé à effectuer un atterrissage avec 22° de volets. La vitesse maximale permise pour un braquage de 22° est 200 KIAS, et pour un braquage de 45°, 145 KIAS. À environ trois milles du seuil, et à une vitesse de 180 KIAS, l'équipage a sorti le train d'atterrissage et a réglé les volets à 22°. À un mille du seuil, la vitesse avait diminué à 150 KIAS. L'avion a franchi le seuil de la piste à 140 KIAS, 75 pieds au-dessus de l'altitude de l'aérodrome (AAE). Il a parcouru 1675 pieds avant d'atteindre 50 pieds AAE. Entre le moment où l'avion s'est trouvé à 50 pieds AAE et celui où il reposait sur ses roues, l'avion a parcouru environ 2125 pieds. La vitesse au moment où l'avion reposait sur ses roues était de 120 KIAS. L'avion a atterri en souplesse et sans problèmes à environ 17 h 20, heure avancée de l'Est<sup>1</sup>.

L'avion n'était pas doté d'inverseurs de poussée. Des déporteurs et des freins de roues avec dispositif d'antidérapage ont été utilisés pour ralentir puis immobiliser l'avion. À l'atterrissage, les quatre déporteurs se sont déployés automatiquement et les freins ont été serrés, mais l'avion n'a pas perdu de vitesse. Environ 11 secondes après que l'avion a reposé sur ses roues, le commandant de bord a demandé au pilote en fonction de réduire la vitesse de l'avion, et ce dernier a précisé que les freins ne fonctionnaient pas. Le commandant a pris les commandes de l'avion et a immédiatement serré les freins, sans obtenir de résultat immédiat. Déterminant qu'il était impossible de remettre les gaz, le commandant a poussé le manche pilote vers l'avant pour abaisser le nez de l'avion tout en continuant de serrer les freins. Les freins ont fonctionné de manière efficace 16 à 19 secondes après que l'avion a reposé sur ses roues. L'avion a alors

---

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

commencé à perdre de la vitesse, mais il n'a pas pu s'immobiliser sur la piste. Après l'atterrissage, l'avion et la piste ont été inspectés et aucun des deux ne portait de trace de dérapage ni d'aquaplanage.

Lors de l'aquaplanage, les pneus de l'avion n'adhèrent plus du tout à la surface de la piste et continuent à glisser jusqu'à ce qu'une diminution de vitesse leur permette de reprendre contact avec la surface de la piste. Pendant un aquaplanage dynamique total, les pneus n'adhèrent plus à la piste et se déplacent sur l'eau, ce qui se traduit pas une perte complète de friction du pneu au point où il n'y a même plus rotation de la roue. Sur une piste humide, là où il n'y a pas suffisamment d'eau pour provoquer un aquaplanage dynamique, il peut y avoir aquaplanage visqueux. Ce terme désigne l'action glissante ou lubrifiante de l'eau. Un aquaplanage visqueux ne réduit pas la friction au point de provoquer un arrêt de la rotation des roues. Par ailleurs, il peut y avoir aquaplanage avec dévulcanisation si une roue bloquée patine sur une piste très glissante recouverte d'eau ou de neige mouillée à une vitesse supérieure à 20 noeuds, alors que la chaleur générée par la friction produit de la vapeur et commence à dévulcaniser le caoutchouc d'une partie du pneu pour le ramener à son état d'avant-vulcanisation.

### *Renseignements sur la piste*

La piste 07-25 de l'aéroport international d'Ottawa/Macdonald Cartier mesure 8000 pieds de longueur sur 200 pieds de largeur, et sa surface est asphaltée et lisse. Au moment de l'accident, il pleuvait et la piste était humide, mais il ne semblait pas y avoir d'importantes accumulations d'eau.

### *Enregistreurs de bord*

L'enregistreur de données de vol (FDR) et l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) ont été envoyés au Laboratoire technique du BST pour analyse. Selon les données du FDR, l'avion était configuré pour un atterrissage à 22° de volets. L'avion a reposé sur ses roues à environ 3800 pieds du seuil de la piste, puis a parcouru 4500 pieds avant de s'immobiliser. Selon l'accélération verticale ( $g$ ), le toucher des roues s'est effectué tout en douceur.

On a déterminé la pression hydraulique du circuit de freinage pour l'atterrissage en question de même que pour les deux atterrissages précédents, qui ont été effectués sur des pistes sèches. Au cours des trois atterrissages, la pression de freinage a commencé à augmenter environ six secondes après que l'avion a reposé sur ses roues. Le FDR enregistre la pression de freinage à toutes les secondes. Ces données indiquent que, lors de l'atterrissage en question, les freins fonctionnaient, mais qu'il y avait fluctuation de la pression de freinage, que la pression était basse et qu'elle a dépassé 500 lb/po<sup>2</sup> seulement 16 secondes après que l'avion a reposé sur ses roues pour les freins de droite et 19 secondes pour les freins de gauche. Cette augmentation de la pression de freinage coïncide avec une vitesse d'environ 94 KIAS. La pression a continué de monter pendant les neuf secondes suivantes jusqu'à ce qu'elle atteigne environ 2450 lb/po<sup>2</sup> pour les freins de droite et 900 lb/po<sup>2</sup> pour les freins de gauche, puis l'avion a quitté la piste.

Lors des deux atterrissages précédents, les freins fonctionnaient et la pression a augmenté au-delà de 500 lb/po<sup>2</sup> dans les premières dix secondes, a continué à augmenter jusqu'à un maximum d'environ 1000 lb/po<sup>2</sup> pendant les six secondes suivantes, puis a commencé à diminuer. Puisque

l'avion visé n'était pas équipé pour enregistrer la position des pédales de frein, contrairement aux avions de construction plus récente, il n'a pas été possible de déterminer l'enfoncement des pédales.

La trace d'accélération longitudinale de l'atterrissage en question indiquait un excès de décélération de +0,08 g jusqu'à une décélération constante d'environ -0,08 g, enregistrée 15 secondes après que l'avion a reposé sur ses roues, lorsque la pression de freinage a commencé à augmenter. La décélération a alors augmenté de façon constante jusqu'à -0,45 g, puis l'avion a quitté la piste. Lors de l'atterrissage précédent, la décélération longitudinale a augmenté jusqu'à un maximum d'environ -0,20 g dans les 16 premières secondes après que l'avion a reposé sur ses roues, puis a commencé à diminuer à mesure que la vitesse de l'avion diminuait.

En essayant de télécharger les données du CVR, on a constaté que les données enregistrées avaient été effacées. Le CVR a été envoyé chez le fabricant à Seattle, et les données ont pu être récupérées. Selon ces données, 31 secondes avant la fin de l'enregistrement, soit à 21 h 33 min 39 selon l'heure enregistrée sur le CVR à partir de la montre de bord (UTC), le CVR a été mis hors tension. Il a ensuite été remis sous tension à 21 h 49 min 36, effacé deux fois, puis mis hors tension six secondes après l'exécution de la deuxième commande d'effacement.

En vertu de l'article 605.34 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) et de la Federal Aviation Regulation (FAR) 125.227 des États-Unis, il est interdit au Canada d'effacer les données de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage. Conformément au *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports* (paragraphe 9 (1)), lorsqu'un accident ou un incident à signaler se produit, le propriétaire, l'exploitant, le capitaine et tout membre d'équipage doivent « ... conserver et protéger les éléments de preuve relatifs à cet accident ou cet incident. » L'effacement intentionnel des données d'un CVR dans le but de détruire des preuves est considéré comme une « infraction punissable sur déclaration de culpabilité par procédure sommaire »<sup>2</sup>. Toute personne reconnue coupable d'une telle infraction est passible, en vertu du Code criminel, d'une amende d'au plus 2000 \$, d'une peine d'emprisonnement de six mois, ou les deux.

### *Équipage de conduite*

Le commandant de bord, qui était le pilote non en fonction, occupait le siège de gauche. Il était titulaire d'une licence de pilote de ligne valide et totalisait environ 8000 heures de vol, dont 4300 sur type.

Le copilote, qui était le pilote en fonction, occupait le siège de droite. Il était titulaire d'une licence de pilote professionnel valide et totalisait environ 1860 heures de vol, dont 900 sur type. Son expérience en tant que pilote aux commandes d'un avion Embraer sans inverseurs de poussée se limitait à environ cinq vols.

---

<sup>2</sup>

*Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*

## *Conditions météorologiques*

Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 21 h pour l'aéroport international d'Ottawa/Macdonald Cartier se lisait comme suit : vent du 220° vrais à cinq noeuds, visibilité de 10 milles, averses de pluie légère, ciel couvert à 2100 pieds, calage altimétrique de 29,55. Des orages récents avaient été signalés.

## *Données de performance (masses et tableaux)*

La masse à l'atterrissage de l'avion a été calculée à partir de la quantité initiale de carburant inscrite dans le rapport du pilote, de l'évaluation de la masse des passagers et du fret, et du débit carburant pendant le vol, enregistré par le FDR. Les calculs de la masse à l'atterrissage sont résumés à l'annexe A. On a évalué que la masse à l'atterrissage était d'environ 41 000 livres. La vitesse d'approche de référence (V<sub>réf</sub>) pour un Embraer 145LR de cette masse est 132 noeuds pour 22° de volets et 127 noeuds pour 45° de volets.

Le manuel de vol du EMB-145 contient des tableaux de données sur les longueurs de pistes nécessaires à l'atterrissage, qui fournissent des distances pondérées et non pondérées. Selon la FAR 25.125, la distance d'atterrissage non pondérée est la distance entre le point où l'avion se trouve à 50 pieds AAE et le point où il s'immobilise au sol. Selon la masse de l'avion, des valeurs nominales sont données pour les pistes sèches et humides. La longueur de piste pondérée comprend un coefficient de sécurité, décrit à la FAR 121.195, qui ajoute une marge de sécurité à la longueur de piste requise pour tenir compte des variations météorologiques, des techniques d'atterrissage ou de problèmes à l'atterrissage. La distance d'atterrissage de sécurité pondérée du manuel de vol d'un avion ayant une masse d'atterrissage de 41 000 livres qui effectue un atterrissage avec 22° de volets, sur une piste humide, avec des vents de 230° à 5 noeuds, est de 6500 pieds. La distance d'atterrissage non pondérée du manuel de vol pour le même avion est d'environ 3900 pieds. En prenant comme hypothèse un point de toucher des roues courant de 1000 pieds au-delà du seuil, on obtient une distance de roulage au sol basée sur le manuel de vol d'environ 2900 pieds. La distance de roulage au sol réelle de l'avion, calculée à partir des données du FDR, était d'environ 4500 pieds, y compris le dépassement de piste de 300 pieds. La distance de roulage au sol calculée à partir des données du FDR dépassait de 1600 pieds la distance nominale du manuel de vol.

Les données du FDR de l'avion en question indiquaient que la distance entre le point où l'avion se trouvait à 50 pieds AAE et le point où il s'est immobilisé au sol était de 6625 pieds.

## *Avion*

L'Embraer 145LR peut être doté ou non d'inverseurs de poussée. Au moment de l'accident, la flotte d'Embraer de l'exploitant comptait 22 avions avec inverseurs de poussée et 17 avions sans inverseurs de poussée. L'avion en question n'avait pas d'inverseurs de poussée, et il a été immobilisé au moyen des freins de roue et des déporteurs.

L'avion était doté de quatre déporteurs, deux sur chaque aile. Les deux déporteurs intérieurs peuvent être déployés en vol comme aérofreins pour aider à réduire la vitesse de l'avion. Pour ce faire, l'angle de braquage des volets doit être de 0° ou 9°, et les angles des manettes des gaz

doivent être inférieurs à 50°. Lorsque l'avion repose sur ses roues, les quatre déporteurs se déploient automatiquement si la vitesse de rotation des roues est supérieure à 25 noeuds et que l'angle des manettes des gaz est inférieur à 30°, ou que N2 des deux moteurs est inférieur à 56 pour cent.

Les freins sont commandés par le calculateur de commande de freinage, qui comporte deux circuits indépendants, un pour les freins extérieurs et un pour les freins intérieurs. Le circuit hydraulique 1 et le bus c.c. essentiel 1 alimentent le circuit de freinage qui commande les freins extérieurs, et le circuit hydraulique 2 et le bus c.c. essentiel 2 alimentent le circuit de freinage qui commande les freins intérieurs. Les principaux composants du circuit de freinage sont les suivants :

- unité de commande de freinage (BCU),
- transducteurs de pédales de frein,
- répartiteurs de freinage intérieur et extérieur,
- vanne d'arrêt de freinage,
- manocontacteurs,
- clapets de non-retour,
- coupe-circuits hydrauliques,
- transducteurs de pression,
- mécanismes de freinage.

L'unité de commande de freinage contient tous les circuits nécessaires pour brancher, commander et mettre à l'essai les composants du circuit de freinage. Il peut aussi localiser les pannes et se raccorder au calculateur central de maintenance et au système d'affichage des paramètres moteur et d'alerte de l'équipage (EICAS).

L'unité de commande de freinage actionne le circuit de freinage lorsqu'il détecte que l'avion repose sur ses roues et que la vitesse de rotation des roues est de 50 noeuds, ou que l'avion repose sur ses roues depuis trois secondes. Aussitôt qu'une de ces conditions est satisfaite, la pression hydraulique nécessaire au freinage est envoyée dans le circuit. La pression hydraulique fournie pour le freinage est proportionnelle à l'enfoncement des pédales de frein capté par les transducteurs de pédales de frein. Lorsque les deux pilotes appuient sur les pédales de frein au même moment, la pression de freinage est proportionnelle aux pédales les plus enfoncées. Les transducteurs de pédales de frein comportent des boîtiers à ressorts qui donnent à l'équipage une sensation de freinage. Par contre, les boîtiers à ressorts ne fournissent pas de rétroaction après le freinage, ils ne font qu'offrir une résistance au niveau des pédales de frein.

Le système d'antidérapage règle la pression hydraulique exercée sur les freins par les pilotes. Il fournit l'effort maximal admissible en fonction de la surface de la piste, en essayant de réduire au minimum l'usure des pneus et d'optimiser la distance de freinage. Pour ce faire, l'unité de commande de freinage calcule la vitesse de rotation des roues selon les signaux envoyés par les quatre transducteurs de vitesse. Lorsque la vitesse de rotation d'une des roues est inférieure à la moyenne de vitesse de rotation des autres roues, il y a probablement dérapage, et la pression exercée sur le frein est relâchée. La vitesse de rotation de la roue revient ensuite à la vitesse moyenne, et le freinage normal est rétabli.

Lorsque la vitesse de rotation des roues est supérieure à 30 noeuds, le système d'antidérapage actionne le système d'antiblocage des roues. Si la vitesse de rotation de la roue la plus lente est inférieure ou égale à 30 pour cent de la vitesse de rotation de la roue la plus rapide, le système d'antidérapage envoie un signal correcteur à la vanne de freinage connexe qui relâche entièrement la pression de freinage sur la roue pour lui permettre de reprendre de la vitesse. L'écart de 30 pour cent entre les vitesses de rotation des roues permet un certain freinage différentiel aux fins de direction. Lorsque la vitesse de rotation des roues est inférieure à 30 noeuds, le système d'antiblocage des roues est mis hors circuit, et le circuit de freinage entre en fonction sans comparateur de vitesse de rotation des roues. Lorsque la vitesse de rotation des roues est inférieure à 10 noeuds, le système d'antidérapage est mis hors circuit.

Avant l'accident, la compagnie avait choisi de remplacer divers composants du circuit de freinage de l'avion en question, même si aucun problème de freinage n'avait été signalé. Un essai diagnostique complet du circuit de freinage a été effectué après l'accident, et aucune anomalie n'a été décelée. Par mesure de sécurité, l'unité de commande de freinage a été remplacée, et un autre essai diagnostique complet a été effectué sans qu'aucune défectuosité ne soit décelée. La mémoire permanente de l'unité de commande de freinage en question a ensuite été téléchargée, et quatre codes d'erreur ont été détectés. La mémoire permanente de l'unité de commande de freinage n'enregistre pas l'heure où les erreurs se produisent. Le fabricant de l'unité a précisé que les codes signifiaient que l'alimentation avait été coupée. Lorsque des codes d'erreur sont générés, les messages BRK INBD INOP et/ou BRK OUTBD INOP devraient s'afficher sur l'EICAS. Des codes d'erreur peuvent aussi être générés lors de la mise en marche du groupe auxiliaire de bord (APU), à la suite d'une panne d'alimentation temporaire dans les connecteurs de l'unité de commande de freinage. Dans cette situation, par contre, aucun message n'est affiché sur l'EICAS, car Embraer a inséré un temps de délai dans l'EICAS pour la période de mise en marche de l'APU. Aucun message n'a été affiché sur l'EICAS lors de la course à l'atterrissage de l'avion en question.

### *Autres incidents*

Deux semaines après le vol en question, le même avion a subi un problème de freinage semblable en atterrissant à Montréal. La surface de la piste était asphaltée et lisse et, au moment de l'atterrissage, il pleuvait. Le circuit de freinage a été soumis à une vérification approfondie, et aucune défectuosité n'a été décelée. L'avion a été remis en service et aucun autre incident n'a été signalé.

### *Analyse*

Un examen approfondi du circuit de freinage de l'avion a été effectué par l'exploitant à la suite de cet accident et de l'incident ultérieur qui s'est produit à Montréal. Aucune anomalie n'a été décelée. La présente analyse porte uniquement sur l'incident à l'aéroport international d'Ottawa/Macdonald Cartier.

Les pilotes étaient expérimentés et avaient plusieurs heures de vol à leur actif sur ce type d'appareil, soit 4300 heures pour le commandant de bord et 900 heures pour le copilote. Il est plus que probable qu'ils étaient conscients que l'avion était légèrement plus haut que prévu, qu'il allait trop vite en franchissant le seuil, que le toucher des roues se ferait plus loin qu'à la



normale sur la piste et que la piste était humide. Compte tenu de ces conditions, il est raisonnable de croire qu'à l'atterrissage, l'équipage ferait tout ce qui est possible pour s'assurer que l'avion s'immobilise sur la piste, notamment qu'il serre les freins de roues. Cependant, l'avion n'a pas ralenti normalement.

La distance d'atterrissage non pondérée du manuel de vol de l'avion, de 50 pieds AAE à l'immobilisation complète, pour une piste mouillée et selon les conditions d'atterrissage en vigueur était d'environ 3900 pieds. À 50 pieds AAE, l'avion se trouvait à 1675 pieds au-delà du seuil de la piste, et il a parcouru 2125 pieds de plus avant de reposer sur ses roues. Malgré cela, compte tenu de la course à l'atterrissage mesurée de 2900 pieds, l'avion aurait dû s'immobiliser à 1300 pieds avant d'atteindre l'extrémité de la piste de 8000 pieds.

La longueur de piste pondérée du manuel de vol qui est nécessaire à l'atterrissage, soit 6500 pieds, comporte une marge de sécurité en cas de problème ou d'atterrissage long. L'avion était un peu haut en franchissant le seuil et il avait déjà parcouru 1675 pieds sur les 8000 pieds de piste disponibles avant d'atteindre 50 pieds AAE. Il restait quand même 6325 pieds pour atterrir et immobiliser l'avion. Si, lors de l'approche, l'avion s'était trouvé à 50 pieds de hauteur au niveau du seuil, compte tenu de tous les autres facteurs, il aurait parcouru 6625 pieds avant de s'immobiliser. Cette valeur est quand même supérieure à la valeur maximale indiquée dans le manuel de vol, mais l'avion ne serait pas sorti en bout de piste. Par contre, si le profil de freinage avait été le même que lors des vols précédents, même avec une hauteur de franchissement du seuil de 75 pieds, l'avion aurait eu besoin de 6700 pieds à partir du seuil pour s'immobiliser. Même si cette distance ne se situe pas dans les limites du manuel de vol, elle laisse quand même une marge d'environ 1300 pieds pour permettre d'immobiliser l'avion sur la piste.

Étant donné qu'aucune anomalie n'a été décelée au niveau du circuit de freinage, il se peut qu'il y ait eu deux cas de défaillance intermittente (électrique, mécanique ou hydraulique). Selon les données du FDR relatives à l'accident, les freins fonctionnaient, mais il y avait fluctuation de la pression de freinage et la pression était basse et, par rapport aux autres atterrissages, l'augmentation de la pression de freinage ne s'est pas produite aussi rapidement. Puisque l'avion n'était pas équipé pour enregistrer la position des pédales de frein, il n'a pas été possible de déterminer, à partir des données du FDR, si les pédales de frein avaient été enfoncées et, dans l'affirmative, quand elles l'avaient été et avec quelle force. De plus, puisque l'avion n'était pas équipé pour enregistrer la vitesse de rotation des roues, il n'a pas été possible de déterminer si les roues tournaient ou non.

Plusieurs facteurs opérationnels et humains ont contribué à cet accident. Les pilotes savaient que la piste était humide et connaissaient la distance d'atterrissage approximative requise. Par conséquent, ils auraient dû savoir que le point de toucher des roues normal pour la piste de 8000 pieds devait se situer à environ 1000 pieds du seuil. De même, l'équipage de conduite devait être conscient qu'une approche plus lente exécutée avec 45° de volets produirait une distance d'atterrissage plus courte et réduirait les risques d'aquaplanage. Pourtant, il a exécuté une approche avec 22° de volets à vitesse élevée. L'équipage s'est trouvé dans cette situation après avoir effectué le virage pour intercepter le radiophare d'alignement de piste à distance rapprochée, après avoir reçu l'autorisation d'entreprendre la descente en approche finale et après s'être rendu compte qu'il serait difficile de réduire suffisamment la vitesse de l'avion pour effectuer une approche avec 45° de volets. Selon les données du FDR, le pilote en fonction a éprouvé de la difficulté à intercepter le radiophare d'alignement de piste, et l'avion était trop

haut et sa vitesse était trop élevée pendant l'approche. Tous ces facteurs ont donné lieu à une approche précipitée et instable. De plus, l'équipage aurait dû être conscient de la nécessité d'effectuer un atterrissage dur pour réduire les risques d'aquaplanage. Au lieu de cela, il a effectué un atterrissage long et en douceur. Lors de l'atterrissage, l'avion s'est probablement trouvé en situation d'aquaplanage visqueux ou dynamique, et le système d'antidérapage a modulé la pression de freinage pour empêcher le blocage des roues. L'avion est demeuré en situation d'aquaplanage jusqu'à ce que sa vitesse diminue suffisamment pour que l'aquaplanage cesse. À ce moment, le système d'antidérapage a permis un serrage constant des freins pour réduire vraiment la vitesse de l'avion.

Le pilote en fonction a pris plus de temps que prévu, compte tenu du genre d'accident, pour identifier les problèmes de freinage et en faire part au pilote non en fonction. Son manque d'expérience aux commandes d'un avion sans inverseurs de poussée, combiné au fait que la piste était humide, ont probablement fait en sorte qu'il n'a pas été en mesure d'identifier rapidement le problème de freinage lorsqu'il a essayé de déterminer pourquoi la vitesse de l'avion ne diminuait pas. De même, si le pilote non en fonction avait remarqué que la vitesse de l'avion ne diminuait pas comme prévu, il ne l'a pas signalé rapidement au pilote en fonction.

Une personne qui avait accès au poste de pilotage a effacé les données du CVR. Même s'il a été possible de récupérer les données, l'effacement du CVR constitue une infraction grave au règlement et préoccupe le Bureau. Les renseignements fournis par le CVR sont très importants, car ils permettent de reconstituer ce qui s'est passé dans le poste de pilotage et, par le fait même, dans l'avion. Le Bureau s'attend à ce que le milieu aéronautique aide ses enquêteurs en conservant tous les éléments de preuve, y compris ceux fournis par le CVR. Toute modification des données du CVR nuit au travail des enquêteurs et peut empêcher le Bureau de rendre compte publiquement des causes des accidents et des manquements à la sécurité.

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

1. L'approche vers la piste 25 n'était pas stabilisée; l'avion était trop haut et sa vitesse était trop élevée. L'avion a donc touché des roues presque à mi-longueur de la piste de 8000 pieds.
2. L'atterrissage en douceur de l'avion a fort probablement contribué à l'aquaplanage lors du toucher des roues.
3. Le système d'antidérapage a probablement empêché la pression de freinage d'atteindre les valeurs normales pendant 16 à 19 secondes après que l'avion a reposé sur ses roues, si bien qu'il y a eu très peu de freinage ou aucun freinage immédiatement après l'atterrissage.
4. L'équipage de conduite a été lent à reconnaître que la vitesse de l'avion ne diminuait pas normalement, et à réagir. Cette situation a retardé le transfert des commandes au commandant de bord, et elle peut avoir contribué à la sortie en bout de piste.

## *Autres faits établis*

1. Il n'a pas été possible de déterminer si, au moment de l'atterrissage, le circuit de freinage a subi une défaillance électrique, mécanique ou hydraulique.
2. L'équipage de conduite n'a pas pris les mesures nécessaires pour conserver les éléments de preuve relatifs à l'accident et, par conséquent, n'a pas respecté les exigences de la Federal Aviation Regulation, du *Règlement de l'aviation canadien* et du *Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports*. Toute modification des données de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage nuit au travail des enquêteurs du BST et peut empêcher le Bureau de rendre compte publiquement des causes des accidents et des manquements à la sécurité.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 23 août 2005.*

*Annexe A : Estimation de la masse à l'atterrissage*

		Estimations			
Nombre de personnes à bord	31	Poids moyen par personne (livres)	180	Poids moyen des bagages par personne (livres)	33
Masse à vide équipé (livres)	26 014				
Poids total des passagers (selon les estimations ci-dessus)	5580				
Poids total des bagages (selon les estimations ci-dessus)	1023				
Poids total des passagers et des bagages (selon les estimations ci-dessus)	6603				
Masse estimée sans carburant (livres)	32 617	Masse sans carburant maximale du EMB-145LR selon la TCDS T00011AT de la FAA	39 462		
Carburant consommé pendant le vol (selon le système d'extraction, d'analyse et de présentation des données) en livres	3100				
Carburant restant estimé après le vol (selon le rapport du pilote) en livres	8000				
Masse totale estimée du carburant au roulage	11 100				
Masse estimée au roulage (livres)	43 717	Masse au roulage maximale du EMB-145LR selon la TCDS T00011AT de la FAA	48 721		
Masse estimée à l'atterrissage (livres)	40 617	Masse maximale à l'atterrissage du EMB-145LR selon la TCDS T00011AT de la FAA	42 459		