



RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A07O0124



ATTERRISSAGE DUR ET AFFAISSEMENT DU TRAIN
D'ATTERRISSAGE PRINCIPAL

DU BOMBARDIER REGIONAL JET CL-600-2B19 C-FRIL
EXPLOITÉ PAR AIR CANADA JAZZ
À TORONTO (ONTARIO)

LE 20 MAI 2007

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

Atterrissage dur et affaissement du train d'atterrissage principal

du Bombardier Regional Jet CL-600-2B19 C-FRIL
exploité par Air Canada Jazz
à Toronto (Ontario)
le 20 mai 2007

Rapport numéro A07O0124

Sommaire

Le Bombardier CL-600-2B19 Regional Jet (immatriculé C-FRIL et portant le numéro de série 7051) exploité par Air Canada Jazz sous l'indicatif 8911 effectue un vol entre Moncton (Nouveau-Brunswick) et l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) avec à son bord 3 membres d'équipage et 37 passagers. À 12 h 35, heure avancée de l'Est, l'avion atterrit sur la piste 06R alors qu'un vent de travers gauche de 90 degrés souffle en rafales de 13 à 23 nœuds. L'avion touche d'abord la piste dans une glissade avec l'aile gauche basse. Le train d'atterrissage principal gauche heurte la piste en premier et l'avion encaisse une lourde charge latérale avant de rebondir. De nouveau dans les airs, les déporteurs vol et sol sortent et l'avion atterrit durement. Les deux ferrures du pivot du train d'atterrissage principal se rompent et le train d'atterrissage s'affaisse. L'avion demeure debout, supporté par les jambes et les roues du train d'atterrissage. L'avion glisse le long de la piste et la libère en empruntant une voie de circulation, où les passagers débarquent. Il n'y a pas d'incendie. Aucun des membres d'équipage n'est blessé, mais certains passagers subissent des blessures mineures en raison de l'atterrissage dur.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le vol de croisière entre Moncton et Toronto s'est déroulé sans incident. Le copilote était le pilote aux commandes (PF). Les pilotes savaient qu'ils allaient devoir faire un atterrissage par vent de travers et qu'on signalait des rafales. Ils ont terminé les listes de vérifications avant atterrissage et ils avaient le sol bien en vue à l'approche de Toronto.

À l'atterrissage sur la piste 06R, le vol Air Canada Jazz 8911 devait survoler l'extrémité départ de la piste 24L, où un Airbus A340 exploité par Air France sous l'indicatif 358 s'était posé trop long en août 2005¹. Air Canada Jazz exige un poste de pilotage silencieux sous les 10 000 pieds au-dessus de l'aérodrome². Pendant l'approche, le commandant de bord a fait de nombreux commentaires sans rapport avec le pilotage et, environ quatre minutes avant l'atterrissage, alors que l'avion était à 10 milles marins (nm) de la piste et à 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), il a sorti son appareil photo afin de prendre quelques photos du lieu de l'accident de l'Airbus A340. Pendant l'approche, l'attention du commandant de bord était partagée entre la prise des photos et la surveillance de l'approche et de l'atterrissage.

L'avion est demeuré sur le pilote automatique tout au long de l'approche. L'enregistreur numérique de données de vol (DFDR) n'a révélé aucun avertissement ou alerte et les paramètres des moteurs étaient normaux. L'avion était en approche stabilisée pendant qu'il était sur le pilote automatique. Le commandant de bord a rangé son appareil photo au moment où l'avion s'est trouvé à 0,4 nm du seuil de piste et à 700 pieds asl (170 pieds au-dessus de l'altitude de piste).

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada Jazz exigent que le pilote automatique soit débrayé lors de l'approche au minimum à 80 pieds au-dessus du sol (agl) et que le PF le signale. Les manettes des gaz doivent être ramenées au ralenti à 50 pieds agl afin de permettre au régime moteur (N1)³ de diminuer jusqu'au ralenti avant l'atterrissage. Dans le vol en question, le pilote automatique a été débrayé à une hauteur comprise entre 30 et 40 pieds agl. L'arrondi a été amorcé à environ 30 pieds agl. À environ 5 pieds agl, les manettes des gaz ont été ramenées à environ 55 %. Dans des conditions atmosphériques normales, le régime de ralenti N1 est de 25 %.

L'avion a touché la piste environ quatre secondes après que le pilote automatique a été débrayé. Après le contact initial avec la piste, l'avion a rebondi d'une hauteur de 10 pieds agl avant de redescendre avec beaucoup de force.

¹ Rapport du BST A05H0002 – Sortie en bout de la piste 24L de l'Airbus A340 à l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson.

² La règle du poste de pilotage silencieux interdit aux membres d'équipage d'accomplir des tâches non essentielles ou d'autres activités alors que l'aéronef est dans une étape critique du vol (Rhona Flin, Paul O'Connor, Margaret Crichton, *Safety at the Sharp End*, Ashgate Publishing, 2008, p. 33).

³ N1 – Régime de soufflante réacteur.

Lors du contact initial avec la piste, l'avion avait un cap de 051 degrés, alors que la piste a une orientation de 057 degrés. L'avion était dans une glissade avec l'aile gauche basse et le train d'atterrissage principal gauche a touché la piste en premier. L'avion s'est ensuite rapidement incliné à droite, le nez a pivoté vers la droite et le train d'atterrissage principal droit a touché le sol. Le train avant n'a pas touché le sol. Le contact initial avec le sol n'a duré qu'environ une demi-seconde, au cours de laquelle l'avion a subi une charge latérale de 0,3 g et une charge verticale de 1,4 g. Le DFDR n'a pas enregistré de signal indiquant que l'avion était sur son train, ce qui peut être attribué à la brièveté du contact avec le sol par rapport à la cadence d'échantillonnage du DFDR ou à l'état des jambes du train d'atterrissage principal. Les roues du train d'atterrissage principal ont suffisamment touché le sol pour qu'elles soient mises en rotation.

Ni le *Flight Crew Operating Manual* (FCOM) (manuel d'exploitation de l'équipage de conduite) de Bombardier ni le manuel d'utilisation de l'avion (AOM) ne traitent de la procédure ou de la technique de rattrapage d'un rebond à l'atterrissage. Dans le cas des avions de la série CRJ, la procédure d'atterrissage interrompu est décrite dans la section sur les procédures en situation anormale et d'urgence du FCOM. Air Canada Jazz a réorganisé cette information dans son propre AOM. Au moment de l'accident, les deux documents indiquaient qu'amorcer une remise des gaz ou un atterrissage interrompu lorsque l'avion est en régime d'atterrissage bas est une manœuvre très risquée qui n'a pas été mise à l'essai. À la suite du rebond de l'avion, le commandant de bord a décidé de continuer l'atterrissage et que le copilote reste aux commandes.

Les avions de la série CRJ sont équipés d'un système de déporteurs sol (de l'anglais *ground lift dump* ou GLD) qui contribue à freiner l'avion et à réduire au minimum les rebonds à l'atterrissage. Lorsque les conditions spécifiques de sortie sont réunies au toucher des roues, on considère que l'avion est au sol et le système GLD active tous les déporteurs (spoilerons et déporteurs vol et sol). Chaque ensemble de déporteurs possède ses propres critères de déploiement, mais les trois ensembles de déporteurs exigent qu'une condition principale et une condition secondaire soient satisfaites pour que les déporteurs sortent. Afin de satisfaire la condition principale, il faut que les deux manettes des gaz soient au ralenti ou que le N1 des deux moteurs soit à moins de 40 %.

En plus de la condition principale, il faut que l'une des conditions secondaires suivantes soit satisfaite pour que les déporteurs vol et sol se déploient :

- toucher des roues du train d'atterrissage principal et altitude radio inférieure à 5 pieds agl;
- toucher des roues du train d'atterrissage principal et vitesse de rotation des roues supérieure à 16 nœuds;
- altitude radio inférieure à 5 pieds agl et vitesse de rotation des roues supérieure à 16 nœuds.

En plus de la condition principale, il faut que l'une des conditions suivantes soit satisfaite pour que les spoilerons se déploient :

- toucher des roues du train d'atterrissage principal et altitude radio inférieure à 5 pieds agl;
- toucher des roues du train d'atterrissage principal et vitesse de rotation des roues supérieure à 16 nœuds.

Lorsqu'une des conditions secondaires est satisfaite, les déporteurs sont en attente (« latched »)⁴ pendant quatre secondes. Cet intervalle n'est pas inhabituel; d'autres constructeurs importants utilisent le même principe. Dans le cas présent, Bombardier utilise un intervalle de quatre secondes pour compenser les fluctuations dans la cadence d'échantillonnage de l'altimètre radar.

Dans le cas de cet atterrissage, le système GLD n'a pas été activé au toucher initial parce que les manettes des gaz n'étaient pas ramenées au ralenti et le N1 est resté à environ 55 %. Cependant, la condition d'une altitude radio inférieure à 5 pieds agl et d'une vitesse de rotation des roues supérieure à 16 nœuds a été en attente pendant 4 secondes. Après le rebond, qui a atteint une hauteur comprise entre 8 et 10 pieds agl, les conditions de déploiement ont été réunies lorsque les manettes des gaz ont été ramenées au ralenti. À ce point, les déporteurs vol et sol sont sortis. Par contre, les spoilerons ne sont pas sortis parce que la condition du toucher des roues du train d'atterrissage principal n'avait pas été satisfaite pendant le toucher initial.

Quand les dispositifs du système GLD se sont déployés, la perte de portance a entraîné une descente très rapide de l'avion, lequel a heurté la piste à une vitesse d'enfoncement d'environ 20 pieds par seconde, alors que la norme de certification est de 10 pieds par seconde. L'impact qui s'en est suivi a détaché de l'aile les jambes du train d'atterrissage principal et les deux trains d'atterrissage principal se sont repliés. Les ferrures du pivot du train d'atterrissage principal se sont rompues à 0,25 seconde d'intervalle l'une de l'autre.

L'avion est conçu de telle sorte que, si un train s'affaisse à l'atterrissage, celui-ci se repliera vers l'arrière de manière à ne pas perforer les réservoirs de carburant. Le train a fonctionné comme prévu et, parce que les deux trains d'atterrissage se sont affaissés, l'avion a continué sa course à l'atterrissage en glissant droit devant sur la piste avec les ailes horizontales. L'équipage de conduite a eu l'impression que l'avion répondait normalement aux sollicitations sur la commande de direction et les manettes des gaz.

Le commandant de bord a dirigé l'avion vers la voie de sortie rapide Delta 3 où l'appareil s'est immobilisé. Les pilotes ne se sont pas rendu compte que le plan de l'avion était à un angle différent de la normale, ni que le train d'atterrissage principal s'était affaissé. L'agent de bord, qui prenait place à l'avant de la cabine passagers, ne le savait pas non plus. Une fois l'avion immobilisé, les pilotes ont jugé que l'atterrissage dur avait probablement causé des dommages, notamment des crevaisons.

⁴ « Latched » est un terme d'ingénierie utilisé par Bombardier pour désigner la condition où les paramètres secondaires du système GLD sont bloqués ou en attente jusqu'à ce que la condition principale – les manettes de gaz au ralenti – soit satisfaite.

Certains passagers, de leur siège, avaient pu entendre des bruits de raclement très puissants alors que l'avion glissait le long de la piste, et ils pouvaient voir que l'extrémité des ailes était beaucoup plus proche du sol qu'à l'habitude. Quelques masques à oxygène sont sortis pendant l'atterrissage, ce qui a entraîné une odeur de brûlé causée par l'accumulation de chaleur dans les générateurs d'oxygène destinés aux passagers. Les passagers ont gardé leur calme et l'agent de bord a fait une annonce pour les informer de la source de l'odeur.

De nombreux avertissements sonores et signaux de défaillance se sont déclenchés dans le poste de pilotage, dont un grand nombre ne pouvaient être arrêtés ou désactivés. Les pilotes ont eu de la difficulté à communiquer avec la tour de contrôle pour signaler leur état en raison du grand nombre de communications concernant d'autres aéronefs. Environ une minute et demie après l'atterrissage, les pilotes ont signalé qu'ils avaient une crevaison et ils ont demandé à ce que de l'équipement leur soit envoyé. Les équipages d'autres aéronefs avaient remarqué les dommages subis par l'avion et ils avaient signalé qu'il y avait des débris sur la piste.

Environ deux minutes après que l'avion se soit immobilisé, l'agent de bord est entré en contact avec le poste de pilotage afin de savoir quand l'avion se déplacerait vers la porte de débarquement. Le commandant de bord lui a répondu qu'ils seraient garés là pendant une minute. L'agent de bord l'a informé que quelques masques à oxygène étaient sortis et que quelques compartiments à bagage s'étaient ouverts. Trois minutes après l'atterrissage, le commandant de bord a fait une annonce pour ordonner aux passagers de rester assis et leur dire qu'ils rouleraient bientôt.

À la demande du commandant de bord, le copilote a communiqué avec le service d'entretien de la compagnie et leur a signalé un atterrissage dur et une crevaison. Le commandant de bord a amorcé la procédure d'arrêt des moteurs environ quatre minutes après l'atterrissage. Il a jugé qu'il n'était pas nécessaire de faire débarquer immédiatement les passagers, puisque l'agent de bord lui avait confirmé que la cabine passagers était sûre et qu'il ne semblait pas y avoir de blessés. Il a demandé qu'un autobus soit dépêché pour le transport des passagers.

Après avoir coupé les moteurs, le commandant de bord est sorti de l'avion par la porte passagers pour évaluer l'état de l'avion. En constatant les dommages, le commandant a immédiatement ordonné le débarquement rapide des passagers et que ceux-ci se déplacent du côté au vent de l'avion.

Plusieurs passagers s'étaient frayés un chemin jusqu'à l'entrée de la porte passagers lorsque celle-ci avait été initialement ouverte. La présence des passagers dans l'entrée de la porte a empêché l'agent de bord d'atteindre le mégaphone, lequel était rangé dans le compartiment à bagages 1AC, du côté opposé par rapport à la position de l'agent de bord et la porte passagers utilisée pour le débarquement. Le reste du matériel d'urgence de l'agent de bord se trouvait plus proche de celle-ci, et elle pouvait donc y accéder plus facilement.

Puisqu'elle ne pouvait pas accéder au mégaphone, l'agent de bord a élevé la voix pour donner aux passagers les instructions de débarquement et leur dire de laisser leurs effets personnels dans l'avion. Plusieurs passagers ont emmené des effets personnels quand même. Après que les passagers ont quitté l'avion, l'agent de bord a vérifié une dernière fois la cabine et les toilettes, puis elle a dénombré les gens sur la voie de circulation afin de s'assurer que tout le monde était sorti de l'avion.

Les deux pilotes étaient certifiés et qualifiés pour le vol conformément à la réglementation en vigueur. Le commandant de bord totalisait 12 700 heures de vol, dont 1500 heures sur un avion de la série CRJ, et il était commandant de bord sur un appareil de la série CRJ depuis 2005. Le copilote totalisait 4000 heures de vol, dont environ 100 heures sur un avion de la série CRJ, et il était à l'emploi de la compagnie aérienne depuis moins de deux mois. Il avait acquis son expérience antérieure sur des avions à hélice monomoteurs ou bimoteurs légers, y compris une période en tant que commandant de bord d'un avion Beechcraft 1900.

Au cours des trois jours précédents, le commandant de bord avait volé 7 heures et le copilote avait volé 8 heures. Le jour de l'accident, les deux pilotes avaient profité de 8 heures ou plus de sommeil. Ils se sont tous deux présentés au travail à 7 h et ils avaient effectué ensemble le trajet aller-retour entre Toronto et Moncton, qui a duré 4 heures.

C'était la première fois que les deux membres de l'équipage de conduite faisaient équipe ensemble. Il n'y avait aucune procédure officielle pour assurer que les commandants de bord connaissent l'expérience sur type des copilotes assignés aux vols, et de telles procédures n'étaient pas exigées par la réglementation. Le commandant de bord savait que le copilote était relativement nouveau dans la compagnie.

La formation théorique, les exercices en simulateur et l'entraînement en vol du copilote comprenaient notamment des instructions sur la technique d'atterrissage par vent de travers, de nombreuses simulations d'atterrissage par vent de travers et au moins un atterrissage à la vitesse de vent de travers maximale recommandée de 27 nœuds. Sa formation portait également sur les atterrissages interrompus. La formation revenait avec insistance sur la nécessité pour le pilote de remettre les gaz ou d'interrompre l'atterrissage s'il avait le moindre doute sur la possibilité de poser l'avion en toute sécurité, et ce, avant que l'avion n'atteigne un régime d'atterrissage bas. L'AOM d'Air Canada Jazz indique qu'amorcer une remise des gaz alors que l'avion est en régime d'atterrissage bas est une manœuvre très risquée qui n'a pas été mise à l'essai.

Ni le commandant de bord ni le copilote n'avaient reçu de formation sur les rebonds à l'atterrissage. Bombardier a ajouté la technique à appliquer en cas de rebond à l'atterrissage dans le manuel de référence des pilotes le 15 juin 2007.

Les pilotes ne sont pas tenus par la réglementation d'être formés sur les procédures de rebond à l'atterrissage. Dans un rapport publié à la suite d'un accident survenu le 9 mai 2004 à Porto Rico⁵, le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis a fait la recommandation suivante : [Traduction] « Exiger que tous les transporteurs aériens régis par les parties 121 et 135 du Title 14 du *Code of Federal Regulations* (14 CFR) intègrent à leur manuel de vol les techniques de rattrapage d'un rebond à l'atterrissage et enseignent ces techniques dans le cadre de la formation initiale et périodique. » Le 9 juin 2006, en référence à l'événement précité, la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis a envoyé le bulletin *Safety Alert for Operators* (SAFO) n° 06005 aux titulaires de certificat régis par les parties 121 et 135 du 14 CFR.

⁵ Rapport NTSB/AAR-05/02 – accident consécutif à un rebond à l'atterrissage de l'avion de transport régional (ATR) 72-212.

Le but précis du bulletin était d'indiquer à quel point il est important que les exploitants s'assurent d'avoir des procédures et de dispenser de la formation sur les techniques de rattrapage d'un rebond à l'atterrissage.

Peu après la publication du bulletin SAFO, Bombardier a mis à jour le FCOM du CRJ en y ajoutant les procédures suivantes :

[Traduction]

Procédures supplémentaires du CRJ – Procédure en cas de rebond à l'atterrissage :

Le système GLD est très efficace dans la prévention des rebonds à l'atterrissage des appareils CRJ. Il se déploie automatiquement lorsque les manettes des gaz sont ramenées au ralenti avant le toucher des roues, comme il faut le faire avant chaque atterrissage du CRJ.

Si le pilote pense qu'il doit augmenter et maintenir la poussée jusqu'au toucher des roues pour tenter de corriger un atterrissage, il devrait plutôt effectuer un atterrissage interrompu.

Si l'avion rebondit à l'atterrissage, un atterrissage interrompu devrait être effectué. La poussée de remise des gaz devrait être appliquée et on devrait maintenir une assiette d'atterrissage normale ou un peu plus cabrée. La configuration de l'avion ne devrait pas être modifiée à ce point. Une fois que l'avion accélère au-dessus de la VREF et grimpe à une altitude sûre en montée, la manœuvre de remise des gaz devrait continuer.

Une mauvaise technique d'atterrissage (manettes des gaz qui ne sont pas au ralenti) peut causer un petit rebond. Si le pilote décide de ne pas effectuer un atterrissage interrompu, il devrait alors maintenir une assiette d'atterrissage normale et ramener les manettes des gaz au ralenti. Notez bien qu'après le rebond, le système GLD peut se déployer aussitôt que les manettes des gaz sont ramenées au ralenti, même si l'avion est encore dans les airs.

Une approche et un toucher des roues mal exécutés accompagnés d'une grande vitesse d'enfoncement peuvent entraîner un rebond dur et haut qui peut rapidement causer un accident consécutif à un atterrissage dur. À la suite d'un tel rebond, on devrait toujours interrompre l'atterrissage.

En janvier 2007, Air Canada Jazz a ajouté une formation sur le rattrapage d'un rebond à l'atterrissage aux entraînements périodiques sur simulateur, en se basant sur la procédure en cas de rebond à l'atterrissage de Bombardier. L'entraînement devait se terminer le 30 juin 2007. Le commandant de bord en question devait recevoir son entraînement le 26 mai 2007, soit six jours après le vol en cause. Puisque le copilote n'avait pas eu de formation sur la procédure en cas de rebond à l'atterrissage pendant son examen initial, aucun des deux pilotes du vol en question n'avait donc reçu de formation sur les rebonds à l'atterrissage sur un appareil CRJ.

Voici un résumé des SOP de la compagnie qui se rapportent aux faits :

- L'équipage de conduite doit maintenir le silence dans le poste de pilotage pendant la descente et l'approche en-dessous de 10 000 pieds. Les deux exigences d'un poste de pilotage silencieux sont de s'en tenir aux conversations et aux activités qui concernent exclusivement le pilotage.

- Le pilote qui n'est pas aux commandes doit faire les annonces obligatoires conformément aux normes.
- Le pilote automatique doit être débrayé à une altitude non inférieure à 80 pieds agl.
- Dans le cas d'un atterrissage par vent de travers, s'aligner avec l'axe de piste en volant en crabe dans le vent et, au moment de l'arrondi, braquer doucement la gouverne de direction afin d'aligner l'avion avec l'axe de piste. Utiliser les ailerons pour éviter toute dérive latérale. Il y a une note qui indique de ne pas excéder 10 degrés d'inclinaison latérale.

Le jour précédant l'événement, un autre équipage de conduite a remarqué que l'aile droite de l'avion en question était basse pendant que l'appareil était au sol. L'équipe de maintenance a constaté que l'amortisseur du train d'atterrissage principal droit était bas. Il n'y avait aucun signe de fuite de liquide, donc la jambe a été entretenue en y ajoutant de l'azote pour qu'elle ait le bon débattement. Alors que l'avion a commencé à rouler, la jambe s'est dressée et l'aile droite était à présent trop haute. L'amortisseur a donc été entretenu selon les procédures recommandées dans le manuel d'entretien. L'une de ces procédures voulait qu'on évacue de l'azote de la jambe, qu'on la remplisse à nouveau et que l'avion roule ensuite afin d'assurer que la jambe demeure au bon débattement. Après cette procédure, l'avion a été remis en service et il a effectué cinq vols sans histoire avant l'événement en question.

Les renseignements au sujet de cet entretien ont été inscrits dans le carnet de route de l'avion; toutefois, l'équipage de conduite n'a pas pris en compte ces passages dans le carnet de route de l'avion parce que la fiche de maintenance avait été remplie et l'avion avait été remis en service.

Le registre d'entretien du train d'atterrissage montre qu'il avait été révisé en 2002. Les amortisseurs auraient alors été démantelés, inspectés et entretenus avant d'être réinstallés sur l'avion. Aucun des travaux d'entretien qui ont suivi la révision n'a nécessité un démontage des amortisseurs.

À la suite de l'événement, les deux amortisseurs du pivot du train d'atterrissage principal ont été examinés par le fabricant (Messier-Dowty). Les anomalies suivantes ont été constatées :

Amortisseur du train d'atterrissage principal gauche :

- Pression d'azote de l'amortisseur - incapacité de la mesurer en raison des dommages causés par l'accident.
- Pression de 1184 lb/po² sous compression - valeur recommandée de 2230 à 2440 lb/po².
- Volume de liquide hydraulique de 1450 ml - volume recommandé 1658 ml.
- Liquide extrêmement sale, ressemblant à de l'huile pour moteur à piston.

Amortisseur du train d'atterrissage principal droit :

- Pression d'azote de l'amortisseur de 951 lb/po² – 427 lb/po² de trop par rapport à la pression recommandée (524 lb/po², plus ou moins 10 lb/po²).
- Pression de 1132 lb/po² sous compression – valeur recommandée de 2230 à 2440 lb/po².
- Volume de liquide hydraulique de 1250 ml – volume recommandé de 1658 ml.
- Liquide extrêmement sale, ressemblant à de l'huile pour moteur à piston.

Les anomalies citées ci-dessus étaient là pendant le vol en question. Le fabricant du train d'atterrissage s'est fait demander de mener une analyse théorique afin de déterminer si ces anomalies auraient pu contribuer à un rebond. Le fabricant est arrivé à la conclusion que le manque de liquide nuirait à la capacité de dissipation d'énergie de l'amortisseur en raison du manque d'amortissement, ce qui aurait pu contribuer à la tendance à rebondir.

Les ferrures du pivot du train d'atterrissage qui se sont rompues ont été examinées par le laboratoire du BST afin de déterminer la cause de la défaillance structurale. L'examen a permis de conclure que le matériau était conforme aux normes du fabricant. Il n'y avait pas de défauts métallurgiques. Le mode de rupture était la surcharge. Il n'y avait de signe de fatigue préexistante.

À la suite de l'accident, l'atelier d'entretien a examiné deux ensembles d'amortisseurs qui avaient passé par la même révision en 2002 que les amortisseurs du vol en question. Plus précisément, ils ont examiné l'ensemble qui avait été examiné juste avant l'ensemble du vol en question et les amortisseurs qui avaient été révisés juste après. Les deux ensembles ont été jugés en état de service. On n'a pas pu déterminer les circonstances qui ont mené à l'état de non-navigabilité des amortisseurs. On a jugé que l'état des amortisseurs était une anomalie et aucune autre mesure n'a été prise.

Analyse

Les conditions de vent à l'atterrissage ne dépassaient pas les limites de vol de l'avion. Les conditions d'atterrissage n'étaient pas hors de l'ordinaire pour un équipage de conduite d'un transporteur aérien.

Le copilote, qui avait beaucoup moins d'expérience que le commandant de bord sur ce type d'appareil, était le pilote aux commandes. Il avait une expérience limitée des atterrissages en vent de travers dans un appareil CRJ, et les rafales ne faisaient qu'ajouter à la complexité de l'atterrissage. Lorsque le commandant de bord a commencé à faire des activités sans rapport avec le pilotage pendant l'étape finale de l'approche, il a laissé au copilote presque toutes les décisions à prendre et la maîtrise de l'avion.

Le commandant de bord n'a pas remarqué que le copilote avait laissé le pilote automatique embrayé bien en deçà de l'altitude minimum recommandée. En laissant le pilote automatique embrayé, le copilote a réduit le temps qu'il faut normalement pour maîtriser manuellement l'avion pendant qu'il approche de la piste. Ainsi, le copilote n'a pas été capable d'aligner le cap de l'avion avec la piste ou d'éliminer la trop grande glissade pendant l'arrondi.

Le copilote a également ramené les manettes des gaz au ralenti très en retard, une fois de plus sans que le commandant de bord n'intervienne. Les manettes des gaz n'étaient pas complètement ramenées au toucher des roues initial. Ainsi, non seulement la protection fournie par le système GLD a été éliminée, mais l'avion reposait moins sur ses roues, ce qui le rendait davantage susceptible aux rebonds.

Ni le manuel d'utilisation de l'avion ni la formation reçue par les deux pilotes ne mentionnaient l'importance d'un atterrissage interrompu lorsqu'un avion rebondit. Cette information a été ajoutée après l'accident. Ainsi, lorsque l'avion a rebondi, vu le bas régime, le copilote a probablement tenté de corriger l'atterrissage plutôt que d'effectuer un atterrissage interrompu. Pendant la tentative de correction de l'atterrissage, les manettes des gaz ont été ramenées au ralenti. C'était la dernière condition pour que le système GLD déploie les déporteurs. Si l'un des deux pilotes avait poussé les manettes des gaz, la configuration du système GLD aurait fait en sorte que les déporteurs seraient rentrés.

Les anomalies constatées sur les amortisseurs, y compris l'état du liquide hydraulique, indiquent qu'ils ont été traités dans l'installation de révision en 2002 sans être bien révisés. Le contrôle de la qualité en place à ce moment n'a pas décelé cette irrégularité et donc les amortisseurs ont été réinstallés sans être en état de navigabilité. Les entretiens du train d'atterrissage qui ont suivi ne comprenaient pas l'inspection des parties pressurisées des amortisseurs, donc ceux-ci sont restés en état de non-navigabilité. Bien que l'avion ait effectué de nombreux atterrissages sans histoire avec ces amortisseurs et que personne n'ait signalé de tendance à rebondir, les amortisseurs n'absorbaient pas le niveau normal d'énergie au toucher des roues et ceci aurait contribué au rebond lors de l'atterrissage en question.

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

LP 047/2007 - Flight Data Recorder (FDR)/Cockpit Voice Recorder (CVR) Analysis (analyse de l'enregistreur de données de vol [FDR] et de l'enregistreur de conversations dans le poste de pilotage [CVR])

LP 085/2007 - Hydraulic Fluid Analysis (analyse du liquide hydraulique)

LP 058/2007 - Main Landing Gear Bracket Failure (défaillance des ferrures du train d'atterrissage principal)

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

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. À l'approche finale, le commandant de bord n'a pas porté attention à la surveillance du vol, laissant le soin des prises de décisions et de la maîtrise de l'avion au copilote, lequel avait beaucoup moins d'expérience sur type. Le copilote n'était donc pas pleinement surveillé pendant les étapes finales de l'approche.
2. Le copilote ne respectait pas les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Air Canada Jazz par son utilisation du pilote automatique et des manettes des gaz en courte finale, ce qui a rendu l'avion très susceptible aux rebonds alors qu'il ne bénéficiait pas de la protection contre les rebonds normalement offerte par le système de déporteurs sol (GLD).
3. Ni le manuel d'utilisation de l'avion ni la formation reçue par les deux pilotes ne mentionnaient l'importance d'un atterrissage interrompu lorsqu'un avion rebondit. En raison du bas régime de l'avion pendant le rebond, le copilote a tenté de corriger l'atterrissage.
4. Lorsque les manettes des gaz ont été ramenées au ralenti après le rebond, le système GLD s'est déployé. La vitesse d'enfoncement qui a été engendrée par le déploiement du système GLD était supérieure à la norme pour laquelle le train d'atterrissage était certifié, ce qui a entraîné la défaillance des ferrures du pivot du train d'atterrissage.
5. Le contrôle de la qualité à l'installation de révision du train d'atterrissage était insuffisant, ce qui a permis à du matériel qui n'était pas en état de navigabilité d'être remis en service. L'état des amortisseurs aurait contribué au rebond.

Faits établis quant aux risques

1. Plusieurs passagers ont emporté des bagages à main alors qu'ils sortaient de l'avion, malgré l'instruction de ne pas le faire.
2. L'endroit où le mégaphone était rangé ne permettait pas à l'agent de bord d'y avoir accès facilement après que les passagers ont commencé à se déplacer vers la porte de sortie.

Mesures de sécurité prises

Le 26 septembre 2006, Air Canada Jazz a envoyé un courriel à tous ses instructeurs de vol de ligne et sur simulateur afin de les sensibiliser aux dangers de poser un appareil CRJ avec de la poussée résiduelle, leur rappelant que cette situation pourrait contribuer à un rebond à l'atterrissage. Cette information a été officiellement ajoutée dans la mise à jour du 1^{er} octobre 2007 du guide de formation préparatoire au vol de ligne, lequel donne des indications sur la manière de donner une formation au vol de ligne.

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 2 juin 2009.