

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR UN ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE  
A97H0008

PERTE DE L'ATTERRISEUR CENTRAL

AIR CANADA  
AIRBUS A-340-313 (C-FYLD)  
FRANCFORT (ALLEMAGNE)  
LE 1<sup>er</sup> SEPTEMBRE 1997

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 sur un événement aéronautique

### Perte de l'atterrisseur central

Air Canada

Airbus A340-313 (C-FYLD)

Francfort (Allemagne)

Le 1<sup>er</sup> septembre 1997

Rapport numéro A97H0008

### *Sommaire*

L'Airbus A340-313 d'Air Canada effectuait un vol entre Francfort, en Allemagne, et Vancouver (Colombie-Britannique). Au moment de la rotation au décollage à Francfort, une puissante détonation s'est faite entendre dans la cabine. Plusieurs passagers ont affirmé avoir senti monter le plancher de la cabine à ce moment-là. Après le décollage, lorsque l'équipage de conduite a voulu rentrer le train, il n'a pu le faire. Au cours d'une nouvelle tentative, il a réussi à rentrer le train, mais il y a eu un avertissement de désaccord de la position du train. Le contrôle des départs a informé l'équipage de conduite que des pièces du train d'atterrissage s'étaient détachées de l'appareil, puis a spécifié qu'il s'agissait de l'atterrisseur central. Le commandant a alors averti le personnel de bord de se préparer à un atterrissage d'urgence. L'équipage de conduite a sorti le train d'atterrissage en suivant les procédures de sortie manuelle du train. L'appareil a atterri à Francfort sans encombre, après avoir tourné autour du terrain pendant deux heures pour brûler et vidanger son carburant. Il n'y a eu aucune blessure et l'appareil n'a subi aucun dommage additionnel.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

Au décollage, la vitesse de rotation était d'environ 153 noeuds. À 90 pieds au-dessus du sol, le piston de course, la branche inférieure du compas, l'essieu, les roues et les pneus de l'atterrisseur central se sont détachés de l'appareil. Le train, qui pèse environ 630 kilogrammes, a parcouru plusieurs milliers de pieds à l'intérieur des limites de l'aéroport, mais cela n'a causé aucun dommage.

L'appareil était équipé de ce train d'atterrisseur central afin de pouvoir voler avec une masse maximale certifiée en exploitation augmentée à 271 000 kilogrammes. Dans le cas du vol au cours duquel est survenu l'incident, la masse au décollage était d'environ 224 900 kilogrammes.

L'atterrisseur central est un train à diabolo rentrant vers l'avant comportant un verrou mécanique train sorti ainsi qu'un verrou train rentré monté sur la cellule. Il se trouve sous le fuselage, au centre, aligné sur les roues arrière des boggies gauche et droit du train principal. L'atterrisseur central sert principalement à répartir la masse de l'appareil sur une plus grande surface au sol afin de ne pas surcharger le train principal. Les trois principaux composants de l'atterrisseur central sont : l'amortisseur, la contrefiche avec verrou train sorti et le vérin de rentrée. L'amortisseur comporte un essieu transversal sur lequel sont montées les deux roues axiales munies de pneus. L'amortisseur sert entre autres à freiner le mouvement descendant de l'appareil de façon que les charges exercées n'endommagent pas les points de fixation du train.

L'amortisseur est un dispositif oléopneumatique à double effet qui absorbe l'énergie des coups de bélier, comme lors d'un atterrissage, grâce à un piston de course à diamètre double qui comprime un gaz et provoque le déplacement d'un liquide hydraulique. Lorsque le piston de course se déplace dans le cylindre de l'amortisseur sous l'effet des forces de compression des pneus, il provoque le déplacement du liquide hydraulique vers la chambre supérieure, qui est conçue pour augmenter progressivement la résistance à mesure que le piston remonte. La chambre supérieure est appelée chambre de basse pression de l'étage 1 et elle est remplie d'un mélange de liquide hydraulique et d'azote à une pression statique d'environ 700 livres par pouce carré (lb/po<sup>2</sup>). La chambre inférieure est appelée chambre de haute pression de l'étage 2 et elle est remplie d'azote à une pression statique d'environ 2 000 lb/po<sup>2</sup>.

Deux bagues d'amortissement servent de clapets qui n'autorisent la circulation du liquide hydraulique que dans une seule direction. La bague d'amortissement de la course vers l'intérieur limite la vitesse à laquelle le liquide peut pénétrer dans la chambre supérieure pendant la course vers le haut, mais elle ne limite pratiquement pas le débit du liquide dans la direction opposée. La bague d'amortissement de rebond fonctionne dans l'autre sens. Ensemble, elles servent à réguler la vitesse de la course vers le haut et la vitesse de rebond du train.

Le dispositif d'étanchéité entre la chambre basse pression et la chambre haute pression est constitué d'un piston flottant libre de se déplacer vers le bas à l'intérieur du piston de course et de comprimer davantage la charge haute pression lorsque la pression à l'intérieur de la chambre basse pression dépasse 2 000 lb/po<sup>2</sup> pendant la course vers le haut. Cela a pour effet d'augmenter le volume d'absorption d'énergie du gaz comprimé et de ralentir la montée en pression à l'intérieur de la chambre de l'étage 1.

Les deux chambres sont mises sous pression par un technicien d'entretien grâce à deux valves distincts identifiés Valve « A » (chambre basse pression) et Valve « B » (chambre haute pression). Les manomètres « A » et « B » correspondants pour lire la pression statique à l'intérieur de chaque chambre sont montés sur la jambe du train.

L'ordre dans lequel les chambres sont mises sous pression est primordial pour que le système soit chargé correctement. Selon la procédure adéquate, la chambre haute pression de 2 000 lb/po<sup>2</sup> doit être rechargée en premier. Si la chambre basse pression de 700 lb/po<sup>2</sup> était rechargée en premier, le remplissage ultérieur de la chambre haute pression de 2 000 lb/po<sup>2</sup> ferait que les deux chambres seraient remplies à 2 000 lb/po<sup>2</sup>. Cela aurait pour effet de rendre l'amortisseur très raide et il perdrait ainsi presque toute sa capacité d'amortissement.

Le 22 août 1997, neuf jours avant l'incident survenu à Francfort, l'appareil avait subi une défaillance hydraulique qui avait nécessité une sortie de secours du train d'atterrissage avant l'atterrissage. Pendant une sortie de secours, l'atterrisseur central ne sort pas. Une équipe d'entretien a donc dû purger au sol les deux chambres de l'atterrisseur central pour sortir ce dernier et le mettre en place. Elle a ensuite dû charger les deux chambres. La mise sous pression s'est effectuée conformément aux directives inscrites sur une plaque fixée à la jambe du train : tableau de charge de référence 15272-103. L'exemple que comporte cette plaque est le suivant :

[TRADUCTION]

EXEMPLE :-

TRAIN COMPLÈTEMENT SORTI (H = 18.9 POUCES) ET À 20 °C

CHARGER L'ORIFICE A À 700 LB/PO<sup>2</sup> (48.3 BARS)

CHARGER L'ORIFICE B À 1 993 LB/PO<sup>2</sup> (137.4 BARS)

Bien que ces directives soient exactes, elles ne sont pas dans le bon ordre. Si elles étaient suivies dans l'ordre indiqué, la procédure serait effectuée à l'envers, ce qui fait que la chambre basse pression de l'étage 1 serait remplie à près de 2 000 lb/po<sup>2</sup>, d'où un excès de pression de près de 1300 lb/po<sup>2</sup>. En mars 1999, lors d'une vérification d'étanchéité ordinaire, une jambe d'atterrisseur central surchargée a été découverte sur un A340 de Gulf Air.

La consultation des directives d'entretien courant de l'atterrisseur central qui figurent au manuel de maintenance de l'aéronef (AMM) a révélé que ces dernières devaient être éclaircies. Dans ledit manuel, à la rubrique AMM 32-15-00-401, à l'élément E de la page 8, il y a une série d'étapes conduisant à la tâche TASK 12-14-32-614-806 pour la mise sous pression de l'atterrisseur central. Si cette tâche est effectuée exactement tel qu'indiqué à la page 394 du document 12-14-32 en date du 1<sup>er</sup> juillet 1997, les pressions dans l'amortisseur seront adéquates. Il y a cependant un risque que les techniciens d'entretien s'écartent de la bonne procédure en notant la basse pression de l'étage 1. Lorsqu'au cours de cette procédure d'entretien, la pression de l'étage 2 est libérée, la pression de l'étage 1 chute à une valeur inférieure à la moitié de sa valeur statique habituelle de 700 lb/po<sup>2</sup>. Cela est dû à l'augmentation du volume de l'étage 1 provoquée par le mouvement vers le bas du piston flottant. Ce phénomène est normal; la pression de l'étage 1 regagne sa valeur statique nominale lorsque la pression à l'intérieur de la chambre de l'étage 2 redevient de 2 000 lb/po<sup>2</sup>. Les techniciens d'entretien doivent être au courant de ce phénomène et ils doivent comprendre clairement ce qui se passe à l'intérieur du train.

Les techniciens d'entretien de l'exploitant ont lu les manomètres de l'atterrisseur central conformément aux procédures fournies par le fabricant. La plaque de vérification quotidienne de la pression des gaz, fixée à la jambe du train et portant la référence 15716-101, était rédigée de manière à suggérer une pression minimale acceptable, mais aucune pression maximale inacceptable pour chacun des manomètres de l'atterrisseur central. Elle portait également à croire que toute pression supérieure à la pression minimale et inférieure à celle correspondant à la ligne rouge sur le manomètre était acceptable. Le manomètre « A », celui de la chambre basse pression, peut indiquer une pression maximale de 3 000 lb/po<sup>2</sup> et le manomètre « B », celui de la chambre haute pression, peut indiquer une pression maximale de 2 500 lb/po<sup>2</sup>. Cela peut être déroutant, car c'est le manomètre dont les graduations vont le plus haut qui sert à lire la basse pression, et une lecture de 2 000 lb/po<sup>2</sup> sur un manomètre étalonné à 3 000 lb/po<sup>2</sup> ne semble pas excessive.

Des renseignements en provenance de l'enregistreur numérique de données de vol de l'appareil indiquent que, au cours des deux vols précédant celui pendant lequel est survenu l'incident, la jambe de l'atterrisseur central ne s'est pas comprimée suffisamment à l'atterrissage. La surface du cadran du manomètre basse pression du train a subi une marque d'aiguille à 1 700 lb/po<sup>2</sup> au moment d'un impact semblable à celui survenu lors de la chute du train d'atterrissage. L'accélération qu'a subie l'appareil à cause de la compression du train d'atterrissage a provoqué une pression calculée supérieure à 2 000 lb/po<sup>2</sup> dans la chambre de l'étage 1. Selon l'étude des contraintes, une pression nominale de 700 lb/po<sup>2</sup> n'aurait pu suffire à faire céder l'écrou mâle affaibli, mais ce dernier a tout de même cédé. Ces faits sont compatibles avec une surcharge de la chambre basse pression de l'étage 1 à environ 2 000 lb/po<sup>2</sup>. Il s'agit de la pression obtenue si l'on charge les chambres de l'amortisseur dans l'ordre inverse, comme l'indique la plaque se trouvant sur la jambe du train d'atterrissage, geste contre lequel les directives d'entretien ne comportaient aucune mise en garde.

Un écrou mâle maintient en place un support de garniture ainsi que des joints d'étanchéité annulaires en élastomère placés de façon à empêcher les fuites de gaz comprimé et de liquide hydraulique dans la jambe, là où le piston sort du cylindre. Au moment du décollage à Francfort, l'événement déclencheur à l'origine de la chute du train a été une défaillance de l'écrou mâle. Ce dernier présentait un profil de filetage défectueux qui datait du moment de sa fabrication. Cette défaillance est le résultat d'une mauvaise technique de filetage, l'outil de coupe du tour n'ayant pas été suffisamment reculé pour se dégager des filets lors de l'inversion du tour. Une rainure supplémentaire a été pratiquée dans le flanc du filet par l'outil de coupe, ce qui a affaibli le filet. Cela a rendu la force de rétention de l'écrou mâle inférieure à celle pour laquelle il avait été conçu.

## *Analyse*

La perte de l'atterrisseur central au décollage a été le résultat de la combinaison d'une surpression dans la jambe et d'un écrou mâle affaibli par un défaut de fabrication.

À Vancouver, neuf jours avant l'incident, au moment de l'entretien de l'appareil, l'équipe d'entretien a suivi les procédures décrites sur la plaque de la jambe du train. L'ordre des renseignements que comportait cette plaque quant à la mise sous pression du système était tel qu'il se prêtait à une inversion des procédures. Le fait d'inverser l'ordre de mise sous pression se traduit par une surcharge de l'amortisseur du train. Une fois les procédures initiales de mise sous pression terminées, la probabilité de découvrir une surcharge était faible, car la plaque de vérification quotidienne de la pression des gaz garantissait seulement que les pressions de l'amortisseur du train étaient supérieures aux valeurs minimales. Elle ne comportait aucune indication permettant au personnel d'entretien au sol de soupçonner une surcharge, car la pression indiquée se trouvait

bien au-dessous de la ligne rouge du manomètre.

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

LP 136/97 FDR/CVR Analysis (analyse du FDR/CVR)

LP 141/97 Gland Nut Examination (examen d'un écrou mâle)

LP 142/97 Centerline Landing Gear (atterrisseur central)

### *Faits établis*

1. La pression statique de l'étage 1 de l'amortisseur de l'atterrisseur central était beaucoup trop élevée.
2. L'ordre des directives de mise sous pression des étages de basse et haute pressions que comportait la plaque de la jambe du train était présenté de façon telle qu'il se prêtait à une inversion des procédures.
3. L'inversion de l'ordre de mise sous pression des étages de l'amortisseur a surchargé le train et l'a rendu très raide.
4. Les directives de mise sous pression de l'atterrisseur central se trouvant à la tâche TASK 12-14-32-614-806 du manuel de maintenance de l'aéronef (AMM) en date du 1<sup>er</sup> juillet 1997 nécessitent des éclaircissements.
5. Il était peu probable que la plaque de vérification quotidienne de la pression des gaz alerte les techniciens d'entretien quant à une éventuelle surcharge.
6. La force de rétention de l'écrou mâle a été réduite à cause d'un défaut de fabrication.

### *Causes et facteurs contributifs*

L'atterrisseur central s'est détaché de l'appareil au décollage lorsque l'écrou mâle affaibli a été refoulé par une pression gazeuse excessive.

Les facteurs contributifs à cet incident sont les suivants : les directives d'entretien courant de l'amortisseur comportaient une erreur, ce qui a entraîné une surcharge de l'amortisseur; la plaque de vérification quotidienne de la pression des gaz était peu susceptible d'alerter les techniciens d'entretien quant à une éventuelle surcharge de l'amortisseur; l'échelle du manomètre basse pression était telle que sa ligne rouge et la position de son aiguille ne laissaient pas soupçonner une surcharge de la jambe; enfin, l'écrou mâle avait été affaibli par un défaut de fabrication.

## *Mesures de sécurité*

Messier-Dowty a vérifié le profil de filetage de tous ses écrous mâles d'atterrisseurs centraux. Les 59 écrous mâles installés sur des appareils ont tous été inspectés. Un autre écrou mal usiné comportant le même défaut de profil de filetage que celui installé sur le C-FYLD a été découvert.

Grâce à des techniques additionnelles permettant de détecter toute défectuosité du profil de filetage, Messier-Dowty et ses sous-traitants de fabrication inspectent maintenant en entier le profil de filetage de tous les écrous mâles.

Toutes les procédures d'entretien d'atterrisseurs centraux ont été revues afin d'en améliorer la clarté; elles sont disponibles dans la révision de l'AMM datée du 1<sup>er</sup> juillet 1998.

La procédure de vérification quotidienne de la pression des gaz a été modifiée dans le but d'y ajouter une vérification de surpression et de la rendre plus claire; la RT était disponible le 15 juin 1998.

Des modifications ont été apportées aux manomètres ainsi qu'aux plaques et elles ont été incorporées dans les unités de production de Messier-Dowty en février 1999.

Les services de production de Messier-Dowty ont apporté et incorporé en avril 1999 une modification de fabrication pour produire des écrous mâles en acier plutôt qu'en aluminium.

*Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. La publication de ce rapport a été autorisée le 23 juin 1999 par le Bureau qui est composé du Président Benoît Bouchard et des membres Maurice Harquail, Charles Simpson et W.A. Tadros.*