

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE
DÉFAILLANCE D'UN COMPOSANT - COMPAS D'ATTERISSEUR

LIGNES AÉRIENNES CANADIEN RÉGIONAL
FOKKER F28-MK1000 C-FCRK
AÉROPORT INTERNATIONAL DE
CALGARY (ALBERTA)
1er NOVEMBRE 1995

RAPPORT NUMÉRO A95W0202

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 ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE
DÉFAILLANCE D'UN COMPOSANT - COMPAS D'ATTERRISSEUR

LIGNES AÉRIENNES CANADIEN RÉGIONAL
FOKKER F28-MK1000 C-FCRK

AÉROPORT INTERNATIONAL DE
CALGARY (ALBERTA)

1er NOVEMBRE 1995

RAPPORT NUMÉRO A95W0202

Sommaire

Immédiatement après le toucher des roues à Calgary, le train principal gauche du Fokker F28-Mk1000 se met à osciller. Le pilote freine pour ralentir l'avion et essaie de réduire le shimmy, mais les oscillations continuent, et les deux roues du train gauche et l'ensemble de freinage se séparent des essieux.

Une fois l'appareil immobilisé, les passagers et l'équipage évacuent l'avion sans incident par la porte de la cabine principale avant.

L'examen sur les lieux révèle que la branche supérieure du compas s'est rompue au cours des 200 premiers pieds de la course à l'atterrissage et que les roues se sont séparées environ 1 450 pieds après le toucher des roues. La partie inférieure mobile de l'amortisseur, les roues, les pneus, les freins et les volets intérieur et extérieur gauches présentent des dommages importants.

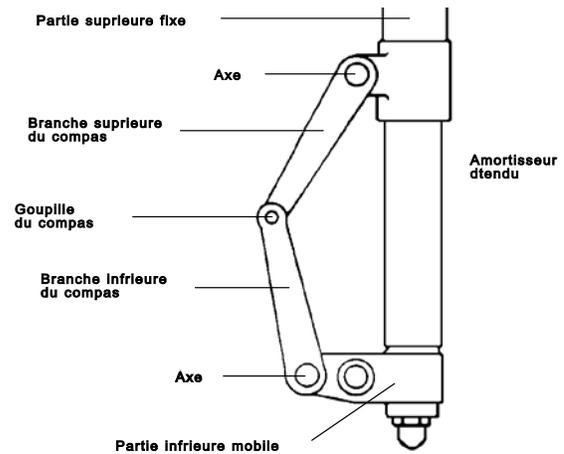
L'équipage a déclaré que les destructeurs de portance (déporteurs) avaient été armés en approche. Ils étaient encore déployés lorsque l'avion s'est immobilisé, mais l'équipage ne sait pas quand ils se sont déployés.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

L'avion avait récemment été retiré du service à cause d'un problème de shimmy. Le problème avait été attribué au train principal droit. Pour corriger le problème, on avait remplacé la roue et le pneu intérieurs qui étaient déséquilibrés. Avant le vol au cours duquel le shimmy s'est manifesté, un vol d'essai et un vol de mise en place avaient été effectués sans problème.

En fonctionnement normal, toute charge en torsion exercée sur la partie inférieure mobile de l'amortisseur d'un ensemble à deux essieux est transférée par le compas à la partie supérieure fixe de l'amortisseur. Le compas empêche la rotation par rapport à l'axe vertical afin de maintenir les roues alignées dans l'axe longitudinal, d'une butée à l'autre de toute la plage de déplacement vertical de l'amortisseur. En gardant les roues alignées de la sorte, le compas stabilise les oscillations en torsion (shimmy). Le compas est conçu pour exercer le maximum de contrôle mécanique lorsque l'amortisseur est comprimé et le minimum de contrôle mécanique quand l'amortisseur est détendu.



Les ensembles des amortisseurs gauche et droit ont été démontés et examinés dans l'atelier de révision de l'exploitant. Les dimensions étaient, en général, dans les limites de service, sauf celles de l'ajustement entre les axes de compas et les bagues à ergot des parties fixes et des bagues à ergot des parties mobiles. Le jeu au niveau des bagues des parties fixes variait de 0,0012 pouce à 0,0034 pouce, et de 0,0021 à 0,0154 pouce dans le cas des bagues de la partie mobile. Le manuel de révision du fabricant précise qu'il doit y avoir un ajustement par serrage, c'est-à-dire que l'axe doit être enfoncé dans une bague de manière à ce qu'il n'y ait aucun jeu. Cet ajustement par serrage est essentiel pour minimiser le jeu et pour stabiliser les pièces mobiles du train, donc pour empêcher le shimmy. Les axes sont verrouillés en place dans les bagues, et l'usure en service est minimale. Toute augmentation du jeu au-delà des limites

prescrites dans le manuel de révision réduit la stabilité. L'enquête a révélé qu'un exploitant précédent avait adopté une procédure de révision non approuvée par le fabricant pendant deux ans environ et que les bagues auraient alors été alésées pour que les axes aient du jeu.

Les branches supérieure et inférieure du compas ainsi que leurs axes ont été examinés au Laboratoire technique du BST. Les matériaux et les dimensions étaient totalement conformes aux spécifications du fabricant. On a déterminé que la branche supérieure du compas s'était rompue en surcharge, sans signe de dommage. Les dimensions des deux axes étaient les mêmes que celles d'axes neufs, et il n'y avait aucun signe d'usure. Le rapport du Laboratoire technique indique qu'il est presque certain que le problème soit lié à la conception d'ensemble du train d'atterrissage et au fait que ce dernier ne peut tolérer de jeu entre ses composants.

Après l'accident, le gaz et le liquide de l'amortisseur gauche ont été enlevés. La pression d'azote dans l'amortisseur droit était de 278 livres par pouce carré (lb/po^2), et il y avait 10,5 litres de liquide. Les amortisseurs des deux trains principaux avaient fait l'objet d'un entretien quatre jours avant l'accident. Avant le vol, les deux amortisseurs étaient, semble-t-il, de longueur égale une fois détendus. La pression d'azote recommandée dans les amortisseurs est de 195 à 215 lb/po^2 , et la quantité de liquide est de 13,1 litres.

La base de données de l'avionneur indique qu'il s'agit du 29^e accident du genre. Au cours des 20 dernières années et à la suite des 28 derniers accidents, de vastes recherches et de nombreuses enquêtes ont été faites. Le shimmy du train d'atterrissage a été attribué à une combinaison des facteurs mentionnés dans le tableau ci-après, lequel présente une comparaison avec les conditions qui prévalaient lors de l'accident du 1^{er} novembre 1995) :

FACTEURS D'AMORCE DU SHIMMY	CONDITIONS LORS DE L'ACCIDENT DU 1 ^{er} NOVEMBRE 1995
Train de F28-Mk1000 sur un F28-Mk4000	Sans objet
Pneus de roue avant de Boeing 707 sur le train principal d'un F28	Sans objet
Pratiques de maintenance non approuvées, telles que la création d'un jeu entre les bagues à ergot et les axes de compas au moment de la révision	Jeu supplémentaire créé lors de la dernière révision
Usure ou jeu excessif de tous les points d'articulation du compas	Jeu aux limites ou dans les limites (sauf pour ce qui précède)
Pneus : différence de pression, d'équilibrage, de profil ou de marque sur les deux essieux d'un même train	Pneus normaux, pression non disponible, usure d'environ 50 %, même marque et même modèle
Pression d'azote élevée, et liquide en quantité trop élevée ou trop faible	Pression d'azote supérieure aux spécifications, quantité de liquide inférieure aux spécifications
Freins - freinage inégal entre roues	État des freins inconnu
Atterrissage en douceur, sans doute en présence d'un vent traversier	Atterrissage en douceur, sans vent traversier
Masse brute faible, inférieure ou à peu près égale à 50 000 lb	Masse à l'atterrissage de 46 800 lb
Volets braqués au maximum de portance (42°)	Volets braqués à 42°
Vitesse au toucher des roues supérieure à la normale	Vitesse au toucher des roues normale (109 kt; $V_{réf}$)
Destrueteurs de portance non armés ou non déployés (contacteur d'interdiction non actionné)	Les destructeurs de portance étaient armés, mais il est possible qu'ils ne se soient déployés qu'un peu avant que l'avion soit presque immobilisé.

L'avion était exploité par la compagnie aérienne régionale depuis environ 11 mois et avait été utilisé auparavant aux États-Unis. Depuis la dernière révision en 1987 effectuée par l'exploitant précédent, le train d'atterrissage avait accumulé environ 7 157 cycles. L'exploitant devait effectuer l'inspection à mi-vie du train après 8 000 cycles, et une révision complète après 12 000 cycles. Le jeu longitudinal de la goupille des compas avait été vérifié trois jours avant l'accident, et le jeu avait été rétabli selon les spécifications.

L'avionneur avait décidé auparavant que l'installation d'un amortisseur de goupille de compas serait le meilleur moyen pour éliminer ou contrôler le shimmy. Les autorités de navigabilité hollandaises avaient proposé de rendre cette installation obligatoire avant le 31 décembre 1993 pour tous les F28 des séries Mk1000 et Mk2000 immatriculés en Hollande, et ce, par la publication d'une consigne de navigabilité fondée sur le bulletin F28/32-151 de Fokker. Ce bulletin était fondé sur le bulletin 32-169R de Dowty qui avait été émis en premier. Le bulletin F28/32-151 n'a pas été publié en raison de difficultés survenues pendant l'élaboration du programme d'installation. La date de mise en conformité prévue dans la consigne proposée a donc été reportée.

L'avionneur avait déjà déclaré que les risques de rupture de compas étaient relativement faibles et que les conséquences seraient bénignes. Cependant, puisqu'on continue à relever des cas de ruptures de compas et que des dommages secondaires importants sont survenus récemment sur les avions en cause, une plus grande priorité a été accordée au problème de shimmy.

Les organismes de réglementation du Canada, des États-Unis et des Pays-Bas surveillent la situation de près.

Analyse

La cause première des oscillations qui se sont soldées par un shimmy n'a pas pu être déterminée. Il semble toutefois que deux facteurs aient permis aux oscillations de continuer et de s'amplifier :

1. le jeu supplémentaire entre les axes et les bagues du compas a réduit l'effet amortisseur du compas;
2. la pression excessive d'azote dans l'amortisseur a empêché celui-ci de se comprimer immédiatement au toucher des roues.

Le compas étant déployé de manière à n'offrir qu'un effort mécanique minimal, la partie mobile s'est mise à se déplacer librement et considérablement en torsion, et l'importance du shimmy a exercé une surcharge sur le compas au point d'en entraîner la rupture.

L'exploitant actuel ignorait que le jeu entre les axes et les bagues du compas n'était pas approuvé. L'avion n'était pas en service depuis assez longtemps pour que l'exploitant soit tenu d'effectuer l'inspection à mi-vie du train, ce qui aurait permis de déceler le jeu excessif.

Les conditions qui figurent dans la liste comme étant des facteurs d'amorce du shimmy semblent être des conditions normales d'atterrissage pour cette classe d'avions. Par conséquent, il semble que le problème soit lié à la conception d'ensemble du train d'atterrissage. Tout changement du jeu, à la suite d'usure, d'une révision, d'un entretien ou d'une autre cause, compromet la marge de contrôle du shimmy et peut entraîner la rupture du compas.

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

- LP 157/95 - *FDR/CVR Analysis* (Analyse du FDR et du CVR)
- LP 171/95 - *Torque Link Analysis* (Analyse du compas)

Faits établis

1. Le train principal gauche s'est mis à osciller immédiatement après le toucher des roues. La branche supérieure du compas s'est rompue, et les roues se sont détachées de leurs essieux.
2. La configuration de l'avion et d'autres conditions à l'atterrissage ont favorisé l'apparition de shimmy du train d'atterrissage.
3. Le compas n'a pas pu contrôler ni éliminer le shimmy parce que les bagues et les axes du compas n'avaient pas été ajustés assez serrés lors de la dernière révision.
4. La pression d'azote de l'amortisseur dépassait les spécifications du manuel de maintenance et a contribué à la rigidité de l'amortisseur.
5. De par sa conception, le train d'atterrissage ne peut tolérer de jeu entre ses composants.

Causes et facteurs contributifs

La rupture du compas du train gauche et la séparation des roues ont été causées par du shimmy. Le shimmy s'est produit parce que l'effet amortisseur de shimmy du compas a été atténué par la combinaison d'un jeu excessif entre les axes et les bagues du compas et par un retard dans la compression de l'amortisseur. L'amortisseur ne s'est pas comprimé immédiatement au toucher des roues parce que la pression d'azote était trop élevée, les volets étaient sortis à 42 degrés, la vitesse de descente était basse, et la masse de l'avion à l'atterrissage était faible.

Mesures de sécurité

Mesures prises

Immédiatement après l'accident, le service de maintenance de l'exploitant a effectué trois changements sur tous les avions de sa flotte :

1. Dans les 21 jours suivants, la pression d'azote de tous les trains d'atterrissage a été vérifiée et corrigée conformément au manuel de maintenance afin de réduire le risque de rigidité accrue des amortisseurs du train.
2. Tous les trains d'atterrissage pour lesquels on ne pouvait confirmer si les compas avaient été révisés selon les «nouvelles limites» ont dû subir une inspection à mi-vie dès que possible.
3. Chaque avion qui s'ajoutera à la flotte devra subir l'inspection à mi-vie au même moment que la première inspection.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. La publication de ce rapport a été autorisée le 27 août 1996 par le Bureau qui est composé du Président Benoît Bouchard et des membres Maurice Harquail et W.A. Tadros.