

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE

PANNE RÉACTEUR

AIR CANADA

AIRBUS A320-211 C-FFWJ

45 mi à l'ouest de l'AÉROPORT

INTERNATIONAL DE MONTRÉAL / DORVAL (QUÉBEC)

14 NOVEMBRE 1995

RAPPORT NUMÉRO A9500232

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

Panne réacteur

Air Canada

Airbus A320-211 C-FFWJ

45 mi à l'ouest de l'aéroport

international de Montréal / Dorval (Québec)

14 novembre 1995

Rapport numéro A9500232

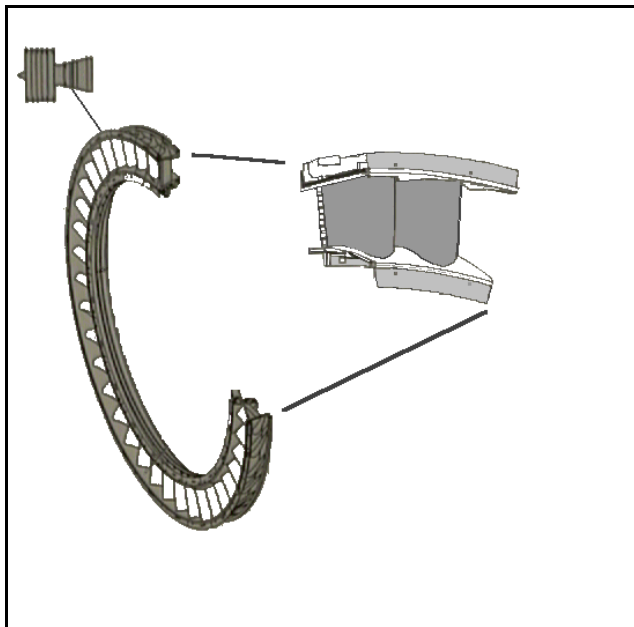
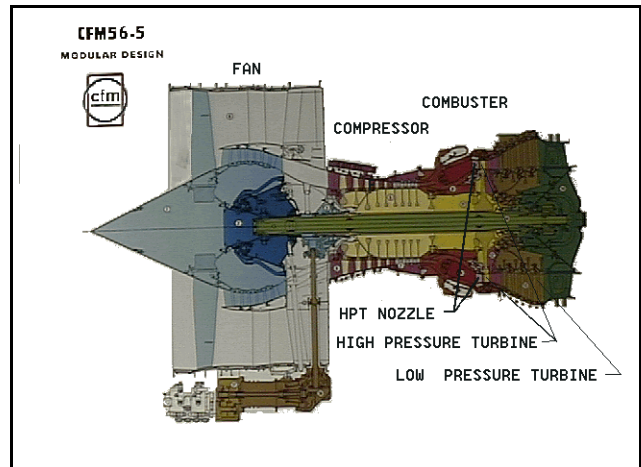
Sommaire

L'Airbus A-320 du vol 431 d'Air Canada effectue un vol intérieur régulier entre l'aéroport international de Montréal/Dorval (Québec) et l'aéroport international Lester B. Pearson/Toronto (Ontario). Le décollage et le départ se déroulent normalement. Alors que l'avion franchit le niveau de vol 280 en montée, une forte détonation se fait entendre. L'équipage de conduite remarque aussitôt que le régime du réacteur numéro 2 (CFM56-5A, ESN 731-308 de CFM International [CFMI]) diminue à mesure que la température tuyère augmente. L'équipage de conduite coupe le réacteur et avise le service de maintenance de la compagnie. L'avion se pose sans incident sur un réacteur à Toronto en présence des véhicules de secours qui se tiennent prêts à intervenir.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le réacteur en panne a été enlevé de l'avion et expédié à l'installation de démontage des moteurs d'Air Canada, à Montréal, où il a été démonté et inspecté. L'inspection a révélé d'importants dommages internes au distributeur de la turbine haute pression (DTHP) et à des parties de la turbine haute pression (THP) se prolongeant vers l'arrière à des parties de la turbine basse pression (TBP). La nature et l'ampleur des dommages correspondent à une défaillance initiale dans les parties du distributeur de la turbine haute pression et de la turbine haute pression.



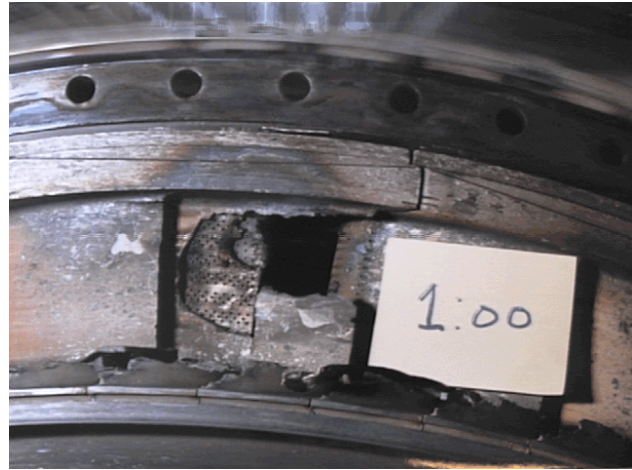
Le distributeur de la turbine haute pression du réacteur est un ensemble mono-étagé, refroidi par air, qui dirige l'écoulement des gaz sortant de la chambre de combustion sur les aubes du rotor de la turbine haute pression. L'ensemble est constitué de 21 segments de distributeur, et chaque segment comprend deux aubes directrices. L'air refoulé par le compresseur haute pression, utilisé pour le refroidissement, pénètre dans chaque aube par les plates-formes internes et externes des segments du distributeur pour sortir par des trous pratiqués dans les bords d'attaque et de fuite des aubes directrices.

Les références du motoriste pour les segments de turbine du réacteur endommagé sont 1668M37G02 et 1668M37G03.

Les étiquettes de bon fonctionnement/remise en service après maintenance des segments du DTHP indiquaient que les pièces avaient été réparées par procédé «PACH» [réfection de composants alliés criqués] pour une évaluation en service. Des dommages par impact, un bleuissement causé par la chaleur, des criques de bord de fuite et le bris des coins de bords de fuite ont été relevés perpendiculairement au bord de fuite de toutes les aubes directrices du DTHP. Cinq aubes directrices

de sortie présentait des criques du côté convexe et des dommages de matériau. Une grande partie d'une des aubes directrices de sortie était manquante de son plateau arrière (côté convexe voisin du rotor de la turbine haute pression), et une partie connexe du bord de fuite de cette aube s'était consumée et érodée à la suite de la perte d'air de refroidissement.

Un examen des surfaces fracturées de la partie manquante de l'aube directrice de sortie de l'ensemble révèle que la séparation a été progressive et qu'elle s'est produite pendant le fonctionnement normal du réacteur.



La rupture du matériau de la face convexe de l'aube directrice correspond à une fatigue olygocyclique liée à une contrainte thermique. Lorsque le panneau s'est détaché, en raison de la perte d'air de refroidissement, le bord de fuite de l'aube a été soumis à une chaleur supérieure à celle que le matériau pouvait supporter, c'est pourquoi il s'est subséquemment consumé et érodé. L'examen du matériau de construction et du matériau de réparation a révélé qu'ils étaient tous deux conformes aux spécifications du constructeur.

Le rotor de la turbine haute pression (THP) est une turbine mono-étagée comprenant 80 aubes à queue d'aronde refroidies par air. Les aubes rompues du rotor de la THP ainsi que les segments du DTHP ont été envoyés au Laboratoire technique du BST pour un examen métallurgique. Les 80 profils de turbine se sont tous rompus à 0,3 pouce ou moins de leurs plates-formes respectives. Les surfaces fracturées de toutes les ruptures sauf une présentaient les caractéristiques d'une rupture en surcharge. La surface fracturée de l'aube qui reste présentait une crique plate qui prenait naissance au bord de fuite de l'aube (ou à proximité du bord de fuite de l'aube) et qui se propageait vers l'avant, vers le bord d'attaque de l'aube.

Le motoriste (CFMI) avait déjà eu des problèmes de criquage sur la face convexe des aubes directrices de sortie du DTHP. Si ces criques n'étaient pas décelées, elles risquaient de se propager et finalement de causer la perte d'une partie de la face convexe des aubes directrices de sortie. Afin de permettre un retrait du service des DTHP avant la défaillance des aubes directrices de sortie, CFMI a élaboré un procédé d'inspection pour détecter les aubes directrices de DTHP défectueuses. Le bulletin de service (CFM56-5) 72-170 de CFMI présente les critères d'inspection et prévoit une endoscopie de la surface convexe des aubes directrices du DTHP pour permettre de déceler la présence de crique ou la perte de matériau, ou les deux. Une première inspection a été exécutée après 3 200 cycles de fonctionnement et, selon la nature des criques, de nouvelles inspections devaient être effectuées à tous les 800, 400 ou 100

cycles de fonctionnement. Il n'était pas obligatoire d'exécuter le bulletin de service.

Le bulletin de service 72-170 préconisait un programme de contrôle intérimaire pendant que CFMI modifiait la conception du distributeur. Les améliorations apportées à la conception ont augmenté la durabilité du distributeur et ont réduit la susceptibilité au criquage de sa face convexe. Les nouveaux ensembles DTHP ont été désignés sous les réf. 1358M73G30 et 1358M73G32. Après l'installation de ces nouveaux ensembles conformément au bulletin de service (CFM56-5) 72-207 de CFMI, il n'était plus nécessaire de faire subir une endoscopie à la face convexe de chaque aube directrice, comme le prescrivait le bulletin de service (CFM56-5) 72-170.

CFMI a également élaboré une procédure de réparation pour remettre en état les aubes directrices de DTHP inutilisables. On réparait des criques de diverses tailles, y compris des criques traversantes, en les remplissant par brasage d'un métal d'apport selon un procédé connu sous l'appellation PACH. En plus de la réparation, les distributeurs ont été modifiés selon la nouvelle conception et désignés sous les réf. 1668M37G01, 1668M37G02 et 1668M37G03 dans le bulletin de service (CFM56-5) 72-207.

CFMI a invité trois transporteurs aériens à participer à une évaluation «en service» des cinq ensembles de distributeur de turbine haute pression réparés. Sous réserve de la participation d'Air Canada à l'évaluation, CFMI, par l'intermédiaire de son représentant sur place, a offert gratuitement à Air Canada deux ensembles DTHP réparés. Les ensembles ont été acceptés et intégrés dans la flotte d'Air Canada. Le personnel technique et le personnel de maintenance d'Air Canada croient que cette offre avait pour objet de dédommager Air Canada parce que des DTHP avaient dû être enlevés des réacteurs prématurément parce qu'ils présentaient des criques. L'étiquette d'autorisation Maintenance de CFMI indique, à la rubrique commentaires, «*Parts have been PACH repaired for service evaluation*» (les pièces ont été réparées par procédé PACH pour une évaluation en service). L'expérience acquise antérieurement par Air Canada en matière de réparations par procédé PACH effectuées par le même fournisseur sur les ensembles DTHP des réacteurs CFM56-26 et Rolls Royce, avait été favorable. Par le passé, ni Air Canada, ni l'un ou l'autre des motoristes n'avaient senti le besoin de raccourcir l'intervalle d'inspection des ensembles DTHP réparés au moyen de ce procédé. Air Canada n'a donc pas hésité à accepter ces pièces pour les moteurs CFM56-5A.

Dans un document interne de CFMI, la division technique de CFMI a demandé que l'évaluation en service comprenne une endoscopie répétitive aux 800 cycles de fonctionnement de l'ensemble DTHP, y compris le côté convexe des aubes directrices de sortie (conformément au bulletin de service [CFM56-5] 72-170) et que, si c'était possible, que les inspections soient faites en présence d'un technicien de CFMI. Le représentant de CFMI sur place chez Air Canada a récrit la demande en indiquant seulement qu'une inspection aux 800 heures était exigée, sans mentionner ni l'inspection de la face convexe des aubes, ni le fait que CFMI souhaitait être présent au moment de l'inspection.

Le personnel technique d'Air Canada a décidé qu'une inspection aux 800 heures (400 cycles de fonctionnement) n'était pas nécessaire et il n'a pas donné suite à la demande. Étant donné que les références des nouveaux DTHP étaient indiquées dans le bulletin (CFM56-5) 72-207 qui précisait que l'incorporation du bulletin éliminait la nécessité de procéder à une endoscopie spéciale sur l'aile, conformément au bulletin (CFM56-5)

72-170R1, Air Canada a décidé d'inspecter les DTHP réparés à tous les 1 600 cycles de fonctionnement. Cette décision a été prise sans consulter le constructeur.

Le technicien de CFMI chargé du programme d'évaluation en service a écrit à deux reprises au représentant de CFMI sur place chez Air Canada. La correspondance avait pour objet de confirmer que le transporteur avait donné son accord pour participer à l'évaluation, qu'il ferait une endoscopie de la surface convexe des aubes directrices de sortie des DTHP à tous les 800 cycles de fonctionnement et qu'il consignerait les résultats. À ce moment-là, le représentant de CFMI chez Air Canada a été remplacé par une autre personne. La première lettre est arrivée immédiatement avant le départ du premier représentant, et la seconde, peu après l'arrivée du deuxième représentant. L'importance de la demande s'est perdue dans le transfert des responsabilités, et rien n'indique que l'information ait été communiquée au personnel technique d'Air Canada. Les aubes directrices de sortie de la turbine haute pression ont subi deux inspections à 1 600 cycles de fonctionnement chez Air Canada. L'inspection effectuée par Air Canada ne comprenait pas une endoscopie du côté convexe des aubes directrices de sortie, et aucun document relatif aux inspections ou à l'état des aubes directrices n'a été fourni à CFMI.

Des évaluations techniques et des calculs subséquents par CFMI ont révélé que la partie manquante du bord de fuite de l'aube directrice du distributeur perturberait l'écoulement d'air dans le distributeur. L'écoulement ainsi perturbé produirait une onde pulsée régulière sur chacune des aubes de turbine lorsque ces dernières passeraient en tournant devant la zone endommagée (manquante) des aubes directrices de sortie. On a jugé que la pulsation induite par la perturbation de l'écoulement n'était pas en soi assez importante pour causer de la fatigue et la rupture d'une aube de turbine haute pression. Par contre, on a jugé que si une des aubes présentait un point de concentration de contraintes, comme une crique au bord de fuite, la pulsation serait suffisamment importante pour faire progresser la crique jusqu'au point de rupture.

Analyse

Une des aubes de la turbine haute pression s'est rompue dans des conditions normales d'utilisation. Le réacteur a alors subi une défaillance interne catastrophique. Cette aube présentait une crique de fatigue qui s'était propagée au point où l'aube affaiblie ne pouvait plus supporter les forces d'utilisation normales qui s'exerçaient sur elle. Le profil d'aube détaché est alors entré en contact avec les pièces mobiles du réacteur situées à proximité et en aval, ce qui a provoqué la rupture en surcharge des aubes restantes de la turbine haute pression en plus d'avoir un impact secondaire sur la turbine basse pression et de provoquer des contraintes thermiques excessives.

La crique de fatigue décelée sur l'aube de la turbine haute pression a pris naissance au bord de fuite de l'aube et s'est propagée vers l'avant vers le bord d'attaque. Le premier défaut du bord de fuite de l'aube n'a pas été identifié. Toutefois, la présence d'un petit défaut dans une aube de turbine haute pression de réacteur, bien qu'elle ne soit pas souhaitable, n'est pas inhabituelle. Les essais de mise au point effectués par CFMI ont établi une marge de tolérance aux criques de 0,10 pouce de longueur. CFMI a démontré que les criques de moins de 0,10 pouce ne compromettaient pas l'intégrité des aubes; par conséquent, aucune réduction des intervalles d'inspection n'était recommandée pour les aubes qui présentaient des criques d'une longueur inférieure à cette

limite. Les endoscopies effectuées par Air Canada n'avaient révélé aucune crique d'une longueur supérieure à la limite de 0,10 pouce. La partie manquante de l'aube directrice de sortie de l'ensemble DTHP n'aurait pas en soi suffi à causer la rupture d'une aube de turbine haute pression en bon état, mais pouvait entraîner la rupture d'une aube de turbine haute pression légèrement défectueuse, et finalement une défaillance interne du réacteur. L'aube de la turbine haute pression s'est rompue en fatigue.

L'ensemble DTHP défectueux du réacteur est un ensemble réparé qui avait été fourni par CFMI pour une évaluation en service des procédures de réparation. Les critères d'évaluation rédigés par la division technique de CFMI comprenaient une inspection répétitive à des intervalles de 800 cycles de fonctionnement de la surface convexe des aubes directrices de sortie en vue de surveiller l'état des segments réparés du distributeur. L'enquête n'a pas permis d'établir si cette information avait été communiquée directement à la division technique et à la division de maintenance d'Air Canada.

L'information relative à l'inspection qu'ont reçue la division technique et la division de maintenance d'Air Canada, information qui a transité dans plusieurs services de CFMI, puis dans plusieurs services d'Air Canada, est inexacte : elle indique qu'une seule inspection aux 800 heures est nécessaire, mais elle ne dit rien des critères d'inspection à l'endoscope des surfaces convexes des aubes directrices de sortie de l'ensemble DTHP. De plus, comme la référence de l'ensemble DTHP est identifiée dans le bulletin de service (CFM56-5) 72-207, le personnel technique et le personnel de maintenance d'Air Canada ont supposé (sans consulter CFMI) qu'une inspection aux 1 600 cycles de fonctionnement ne comprenant pas une endoscopie des surfaces convexes des aubes directrices était suffisante.

En conséquence, les aubes directrices de sortie de l'ensemble DTHP réparé n'ont pas été inspectées conformément aux recommandations techniques de CFMI relatives à l'évaluation en service, et le fait qu'il manquait une partie importante de matériau de la surface convexe d'une aube directrice de sortie est passé inaperçu jusqu'à ce que le réacteur tombe en panne.

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

LP 179/95 - *Turbine Blade Failures* (Ruptures d'aubes de turbine).

Faits établis

1. CFMI a élaboré un procédé de réparation pour les aubes directrices criquées du distributeur de turbine haute pression (DTHP), a fourni deux distributeurs réparés à Air Canada et a demandé à Air Canada de participer à un programme d'évaluation en service des composants réparés.
2. Les critères de l'inspection répétitive à exécuter pendant l'évaluation en service des aubes directrices de sortie des ensembles DTHP n'ont pas été bien communiqués à Air Canada.
3. Air Canada n'a pas respecté les critères d'inspection qu'elle avait reçus et n'a pas vérifié auprès de

CFMI si l'intervalle d'inspection qu'elle adoptait convenait.

4. Le bulletin de service (CFM56-5) 72-207 ne précisait pas d'intervalle d'inspection pour les nouveaux segments de turbine, et Air Canada a conclu que les procédures d'inspection à 1 600 cycles de fonctionnement convenaient aux composants de l'ensemble DTHP fourni pour l'évaluation en service.
5. Les dommages progressifs non décelés à une aube directrice de sortie d'un segment de distributeur de turbine haute pression ont contribué à la propagation d'une crique de fatigue dans l'un des profils d'aube de turbine haute pression du réacteur.
6. L'aube de la turbine haute pression s'est rompue en fatigue pendant l'utilisation normale du réacteur. L'aube s'est détachée et a causé la défaillance interne du réacteur de l'avion.

Causes et facteurs contributifs

Une aube de la turbine haute pression s'est rompue en fatigue pendant l'utilisation normale du réacteur de l'avion, ce qui a provoqué une défaillance interne catastrophique du réacteur. Le distributeur de turbine haute pression réparé présentait des dommages qui n'avaient pas été décelés, ce qui a contribué à la rupture de l'aube. Les critères d'inspection n'ont pas été bien communiqués à Air Canada par le motoriste, et Air Canada n'a pas respecté les critères d'inspection qui lui avaient été communiqués.

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 10 juin 1997 par le Bureau qui est composé du Président Benoit Bouchard et des membres Maurice Harquail, Charles Simpson et W.A. Tadros.

Légende de la figure 1

fan : soufflante

combuster : chambre de combustion

compressor : compresseur

HPT nozzle : distributeur de la turbine haute pression

high pressure turbine : turbine haute pression

low pressure turbine : turbine basse pression