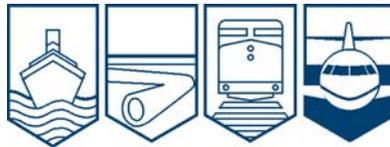


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## **RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A08C0108**



### **PERTE DE PUISSANCE MOTEUR**

**DU BOEING 737-217, C-GKCP  
EXPLOITÉ PAR CANADIAN NORTH INC.  
À SASKATOON (SASKATCHEWAN)  
LE 22 MAI 2008**

**Canada**

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité dans les transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles et pénales.

## Rapport d'enquête aéronautique

### Perte de puissance moteur

du Boeing 737-217, C-GKCP  
exploité par Canadian North Inc.  
à Saskatoon (Saskatchewan)  
le 22 mai 2008

Rapport numéro A08C0108

### *Sommaire*

Le Boeing 737-217 (immatriculation C-GKCP, numéro de série 22729), assurant le vol MPE1714 de Canadian North Inc. est en route de Fort MacKay (Alberta) à Saskatoon (Saskatchewan). Lors de l'approche finale de la piste 15, le moteur droit émet un bruit aigu et se met à vibrer, puis deux brefs bruits d'éclatement se font entendre avant que ce moteur (un Pratt & Whitney JT8D-17A) perde de la puissance. L'équipage passe en revue les éléments de la liste de vérifications en cas de panne moteur et déclare une urgence. L'avion se pose ensuite sur la piste 15 et s'immobilise. Les deux moteurs sont arrêtés, et le service de lutte contre les incendies et de sauvetage d'aéronefs de l'aéroport éteint un incendie dans le moteur droit. L'équipage et les passagers évacuent rapidement l'avion par l'escalier intégré avant (L1) sans qu'il n'y ait de blessés. L'incident s'est produit de nuit à 1 h 20, heure normale du Centre.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

Le copilote était le pilote aux commandes. L'avion se trouvait en approche finale à environ 1000 pieds au-dessus du sol (agl) et à 5 milles marins (nm) de la piste lorsque s'est produite la perte de puissance moteur. Dès qu'il s'est rendu compte de la situation d'urgence, le commandant de bord a pris les commandes de l'avion et a réglé les volets à 15 degrés. Les procédures d'utilisation normalisées de Canadian North Inc. (Canadian North) exigent que les volets soient réglés à 15 degrés lorsqu'on exécute un atterrissage sur un seul moteur. Des étincelles et des flammes sortaient de l'arrière du moteur; cependant, il n'y avait aucune indication d'incendie moteur dans le poste de pilotage, et les bouteilles d'extincteur n'ont pas été déchargées. Une fois que l'avion s'est immobilisé sur la piste, les pompiers de l'aéroport se sont approchés du moteur droit et ils ont remarqué la présence de flammes à l'intérieur de l'échappement du moteur. Un agent extincteur a été appliqué à l'avant et à l'arrière du moteur. Le moteur a continué à produire de la fumée, et l'imagerie thermique a été utilisée pour cerner les points chauds. De l'agent extincteur a alors été appliqué une deuxième fois.

Les dossiers indiquent que l'avion était entretenu conformément au système de contrôle de maintenance approuvé de Canadian North. L'équipage de conduite était certifié, qualifié et reposé pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Les conditions météorologiques et l'état de la piste n'ont pas été des facteurs dans cet incident.

L'inspection sur place du moteur droit et de sa nacelle a révélé que les dommages avaient été entièrement confinés au moteur et qu'il n'y avait aucun signe d'incendie extérieur. Le faisceau de fils de détection d'incendie était intact. Une inspection plus poussée du moteur a révélé que le compresseur basse pression tournait indépendamment de la turbine basse pression, indiquant ainsi un désaccouplement mécanique. Sous la supervision d'un enquêteur du BST, le moteur a été déposé et envoyé pour démontage à un atelier de révision.

Le moteur JT8D est un turboréacteur double flux à soufflante frontale et à écoulement axial comprenant un compresseur à deux équipages de treize étages et une turbine à deux équipages de quatre étages. Le poste basse pression comprend un rotor compresseur avant (étages un à six) qui est entraîné mécaniquement par les rotors de turbine des deuxième, troisième et quatrième étages. Le poste haute pression comprend le rotor compresseur arrière (étages sept à treize), lequel est entraîné mécaniquement par le rotor de turbine de premier étage. Les postes basse pression et haute pression sont mécaniquement indépendants l'un de l'autre (voir l'Annexe A – JT8D de Pratt & Whitney). L'arbre basse pression et l'arbre haute pression tournent dans le sens horaire vus de l'arrière du moteur. On a estimé que les régimes du rotor basse pression et du rotor haute pression au moment de la perte de puissance moteur étaient de 7500 et de 10 285 tr/min respectivement.

Un examen des dossiers de maintenance du moteur droit a indiqué que ce moteur totalisait 44 548 heures et 25 513 cycles depuis sa mise en service initiale.

Le démontage du moteur droit a révélé un bris de l'arbre de la turbine basse pression dans le voisinage immédiatement entouré par le raccord arrière du tube d'étanchéité du compresseur haute pression (voir l'Annexe A – JT8D de Pratt & Whitney). Le roulement numéro 4,5 a été retrouvé grippé contre la partie rompue de l'arbre de la turbine basse pression (voir la photo 1).

Le tube d'étanchéité du compresseur haute pression a également été retrouvé brisé en trois endroits. Ces pièces et d'autres sélectionnées sur le moteur ont été envoyées pour analyse au Laboratoire technique du BST.

### *Arbre de la turbine basse pression*

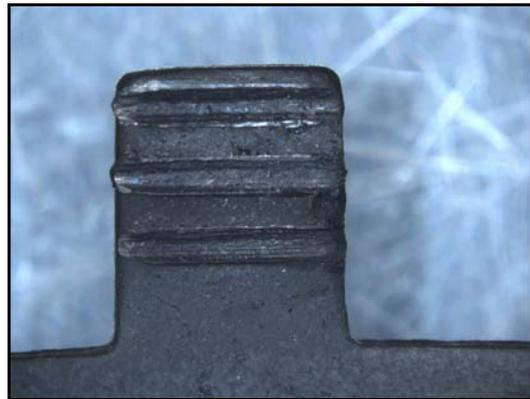
L'arbre de la turbine basse pression présentait une torsion et des dommages thermiques localisés dans la zone de la rupture. Le faciès de rupture présentait en partie des dépôts de métal. L'analyse du faciès de rupture non touché a révélé qu'il s'était produit une défaillance en surcharge par cisaillement ductile (voir la photo 1).



**Photo 1.** Arbre de la turbine basse pression et écrou de retenue

### *Roulement 4,5*

L'arbre de la turbine basse pression tourne à haut régime et il est soumis à des forces centrifuges. Le roulement à rouleaux 4,5 limite tout déplacement radial de l'arbre de turbine basse pression, et une perte de cet alignement radial pourrait faire fléchir l'arbre. Des recherches menées par Pratt & Whitney ont permis de conclure que 11 défaillances d'arbre remontant jusqu'en 1965 s'étaient produites exactement au même endroit dans des moteurs JT8D de Pratt & Whitney. Sept de ces défaillances avaient été causées par une défaillance du roulement 4,5.



**Photo 2.** Rondelle-frein anti-rotation

Le roulement 4,5 comprend un écrou de retenue, une rondelle-frein anti-rotation, un circlips, une pièce d'espacement de roulement (cage à écureuil), un roulement à rouleaux, des pièces d'espacement et des joints d'étanchéité. La rondelle-frein anti-rotation et le circlips ont été retrouvés toujours en place sur l'écrou de retenue (voir la photo 1). L'écrou de retenue, la rondelle-frein anti-rotation et le circlips s'étaient dévissés des filets de l'arbre de la turbine basse pression en laissant des rayures sur la surface interne des languettes de la rondelle-frein anti-rotation (voir la photo 2). Ces rayures correspondaient au pas du filetage de l'arbre de la turbine basse pression (voir la photo 3).



**Photo 3.** Filets de l'arbre de la turbine basse pression

Les bords du passage d'huile de l'écrou de retenue présentaient une forte usure, et les crêtes des filets de l'écrou de retenue étaient usées. Les parois intérieures avant et arrière de la pièce d'espacement du roulement présentaient d'importantes marques de frottement. Bien que la pièce d'espacement soit considérée comme faisant partie du roulement 4,5, elle est intégrée à l'arbre de la turbine haute pression et tourne plus rapidement que l'arbre de la turbine basse pression. Un examen des dossiers indique que le roulement 4,5 totalisait 3668 heures et 2667 cycles depuis la dernière révision. Les rouleaux du roulement à rouleaux 4,5 montraient une importante perte de matériau, le méplat ainsi causé faisant face à la bague intérieure (voir la photo 4). L'analyse des composants du roulement 4,5 a révélé qu'il n'y avait aucune trace d'anomalie préexistante. Le roulement 4,5 du moteur en question, y compris sa rondelle-frein anti-rotation, ont été reconstitués et remontés sur l'arbre de la turbine basse pression et sur un arbre de référence. Les démonstrations ont permis de conclure que la rondelle-frein anti-rotation a pu maintenir sa capacité de rétention de l'écrou du roulement 4,5 malgré une tentative de desserrage à la main. Le rapport LP 084/2008 du Laboratoire technique du BST, section 4, paragraphe 4,9, a conclu que le roulement 4,5 était intact et en place jusqu'à la défaillance de l'arbre de la turbine basse pression.



Photo 4. Roulement à rouleaux 4,5 usé

### *Tube d'étanchéité du compresseur haute pression*

Un morceau amolli du tube d'étanchéité du compresseur haute pression et le revêtement extérieur de ce tube indiquaient que des températures élevées approchant les 1000 °F avaient été atteintes. L'intérieur du tube d'étanchéité du compresseur haute pression présentait de nombreuses marques de frottement. L'examen du raccord avant du tube d'étanchéité du compresseur haute pression et du morceau amolli rompu a révélé des défaillances en surcharge par cisaillement ductile. Le raccord arrière présentait des signes de frottement excessif ainsi qu'une défaillance en surcharge ductile de la bride extérieure de la paroi du tube d'étanchéité du compresseur haute pression. Il n'y avait aucun signe de calaminage ni d'incendie d'huile à cet endroit (voir la photo 5).



Photo 5. Tube d'étanchéité du compresseur haute pression

### *Circuit de lubrification du moteur*

Des analyses de l'huile moteur et du filtre à huile ont été effectuées. Les deux ont révélé des niveaux élevés de fer, d'argent, de nickel, de chrome et d'aluminium. Un examen des dossiers de l'avion indique que les détecteurs de particules magnétiques avaient été inspectés et jugés en bon état de service environ deux heures de fonctionnement moteur avant l'incident. Le pignon d'entraînement de la pompe de récupération numéro 6 présentait de nombreux dépôts de métal

et une perte de matériau sur les deux tiers de la largeur du pignon. La roue à denture droite de la pompe de récupération s'était brisée en deux, et les deux morceaux ont été récupérés. Une analyse des faciès de rupture non polis par les dommages secondaires a permis de découvrir des stries de fatigue polycyclique. La languette-frein de la roue à denture droite de la pompe de récupération numéro 6 n'était pas présente; elle a été retrouvée, gravement endommagée, dans le carter de la pompe de récupération. Le déflecteur d'huile de cette pompe a aussi été retrouvé dans le carter de la pompe, séparé à la soudure de son support de montage. Une analyse des faciès de rupture non polis par les dommages secondaires a révélé des stries de fatigue, et la soudure présentait de gros vides et des inclusions non métalliques.

### *Enregistreur numérique de données de vol et enregistreur de la parole dans le poste de pilotage*

L'enregistreur numérique des données de vol (DFDR) et l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) ont été analysés. Les paramètres moteur fournis par le DFDR se sont limités au rapport de pression moteur (EPR) et au débit de carburant moteur. Un examen de l'information fournie par les deux paramètres a indiqué que le moteur droit avait subi une brusque perte de puissance, ramenant cette dernière au ralenti sol. Le moteur droit a été coupé environ 120 secondes après la perte de puissance. Le dépouillement du CVR a révélé qu'il y avait eu oblitération et que le CVR contenait des données audio enregistrées environ une heure après l'incident.

### *Analyse*

Le scénario le plus probable est celui dans lequel l'usure du roulement à rouleaux 4,5 a commencé au cours des deux heures de fonctionnement précédentes du moteur. L'usure de ce roulement a réduit l'alignement radial de l'arbre de la turbine basse pression, ce qui a commencé à faire fléchir cet arbre. La cause fondamentale de l'usure du roulement à rouleaux 4,5 n'a pas été déterminée. Le fléchissement maximal de l'arbre de la turbine basse pression s'est produit à peu près au milieu de ce dernier, qui est entouré par le raccord d'étanchéité arrière du compresseur haute pression. L'arbre de la turbine basse pression a fait contact avec le raccord d'étanchéité arrière du compresseur haute pression et causé l'apparition d'une zone très localisée de l'arbre soumise à des dommages thermiques élevés. La chaleur élevée et l'usure ont compromis les propriétés physiques de l'arbre de la turbine basse pression et se sont traduits par une rupture ductile découlant d'une surcharge par cisaillement en torsion. L'arbre de la turbine basse pression a commencé à frotter à l'intérieur du tube d'étanchéité du compresseur haute pression, et a fini par causer des températures élevées et des ruptures ductiles du tube d'étanchéité du compresseur haute pression. Après la défaillance de l'arbre de la turbine basse pression, le poste haute pression du moteur a subi une réduction de puissance l'amenant à peu près au régime de ralenti.

La rupture de l'arbre de la turbine basse pression à l'arrière du roulement à billes numéro 2 a permis à la partie arrière de l'arbre de reculer à cause des forces de réaction de la turbine, et à la partie rompue d'osciller par rapport à l'axe du moteur, ce qui a amené l'écrou de retenue du roulement 4,5 à se gripper contre la pièce d'espacement du roulement 4,5 (cage à écureuil). Le grippage a causé une brusque rotation de l'écrou de retenue du roulement 4,5 et a forcé les

languettes de la rondelle-frein à chevaucher les filets des rainures de l'arbre de la turbine basse pression, ce qui a dévissé l'écrou de retenue et desserré le reste du roulement. L'écrou de retenue du roulement 4,5 a continué à tourner sur l'arbre de la turbine basse pression et usé les crêtes des filets de l'écrou de retenue. On a déterminé que le dévissage de l'écrou de retenue du roulement 4,5 s'était produit après la défaillance de l'arbre de la turbine basse pression.

Les stries de fatigue polycyclique trouvées sur la roue à denture droite de la pompe de récupération numéro 6 ont été fort probablement causées par la défaillance de l'arbre de la turbine basse pression et elles n'ont pas contribué à l'incident. Les dommages subis par l'entraînement, la roue à denture droite, la languette-frein et le déflecteur d'huile de la pompe de récupération numéro 6 ont été jugés secondaires et causés par le recul de l'arbre de la turbine basse pression.

Après la défaillance de la pompe de récupération numéro 6, le carter de récupération s'est rempli d'huile qui a ensuite fui sur la buse d'échappement. Les températures élevées à cet endroit ont enflammé l'huile. Le recul de l'arbre de la turbine basse pression rompu a amené le rotor de turbine en contact avec les distributeurs de turbine, ce qui a produit de la chaleur et des étincelles. L'incendie a été confiné à l'intérieur du moteur, et le système de détection incendie n'a pas été compromis. Du fait que le faisceau de fils d'avertissement d'incendie n'a pas été endommagé, il n'y a eu aucun avertissement d'incendie moteur dans le poste de pilotage. Il s'en est suivi que l'équipage de conduite n'a pas déchargé les bouteilles d'extincteur.

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

LP 066/2008 - *DFDR Analysis* (Analyse du DFDR)

LP 084/2008 - *JT8D Component Analysis* (Analyse de composants du JT8D).

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. L'usure du roulement à rouleaux 4,5 a réduit l'alignement radial de l'arbre de la turbine basse pression, lequel a fléchi et fait contact avec le raccord arrière du tube d'étanchéité du compresseur haute pression. Il n'a pas été possible de déterminer les raisons de cette usure.
2. De la chaleur localisée et de l'usure ont compromis les propriétés physiques de l'arbre de la turbine basse pression. L'arbre s'est rompu, ce qui a mené à une perte de puissance.
3. L'inflammation de l'huile répandue sur la buse d'échappement et le contact entre le rotor de turbine et les distributeurs de turbine ont été à l'origine de l'incendie moteur et de la production d'étincelles.

## *Autre fait établi*

1. L'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) a été oblitéré et il ne contenait que des données audio enregistrées environ une heure après l'incident.

## *Mesures de sécurité prises*

L'exploitant a apporté les modifications suivantes à son calendrier de maintenance :

1. l'apposition d'autocollants thermiques sur la conduite de récupération du roulement numéro 4 et l'inclusion de cette modification dans les spécifications de construction du moteur;
2. une inspection quotidienne des autocollants thermiques.

De plus, un élément du babillard de sécurité de l'entreprise a été publié relativement à la surveillance et au dépannage de la consommation d'huile moteur et des autocollants thermiques.

*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 29 avril 2009.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (BST) ([www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes*

# Annexe A - JT8D de Pratt & Whitney

Ce document n'existe pas en français.

