

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ACCIDENT AÉRONAUTIQUE

PERTE DE MAÎTRISE

GOUVERNEMENT DU CANADA
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
DIRECTION GÉNÉRALE DES SERVICES DES AÉRONEFS
BEEHCRAFT KING AIR A90 C-FCGE
NORTH BAY (ONTARIO)
18 MARS 1997

RAPPORT NUMÉRO A97O0043

La Direction générale de la sécurité des vols des Forces canadiennes a mené l'enquête sur cet incident au nom du Bureau de la sécurité des transports (BST) du Canada en vertu du protocole d'entente régissant les enquêtes coordonnées sur les événements du transport. Cet incident a fait l'objet d'une enquête dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. L'enquête n'a pas pour but d'attribuer ni de déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête sur accident aéronautique

Perte de maîtrise

Gouvernement du Canada

Ministère des transports

Direction générale des services des aéronefs

Beechcraft King Air A90 C-FCGE

North Bay (Ontario)

18 mars 1997

Rapport numéro A97O0043

Sommaire

Le Beechcraft King Air A90 immatriculé C-FCGE effectuait un vol d'entraînement. Alors que l'avion se trouvait en palier à 11 500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) au voisinage de North Bay (Ontario), l'équipage a ressenti des secousses, puis l'avion a amorcé un virage non sollicité vers la droite. L'équipage a alors décidé de se dérouter vers North Bay. Pendant la descente, de fortes vibrations sont apparues, et le pilote a perdu la maîtrise de l'appareil pendant quelques instants. Les vibrations ont cessé, et le pilote a repris la situation en main, mais il a dû garder la gouverne de direction passablement à gauche pour maintenir l'avion en vol coordonné. L'équipage a atterri sans incident. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le Beechcraft King Air appartenait au gouvernement du Canada et était exploité par la Direction générale des services des aéronefs de Transports Canada, à Ottawa (Ontario). Il y avait à son bord un équipage de deux pilotes qui effectuait un vol d'entraînement de routine. La première étape du vol d'entraînement s'est déroulé sans incident, et l'équipage s'est posé à North Bay (Ontario) à 18 h, heure normale de l'Est (HNE)¹ où il a fait le plein et a effectué les inspections avant vol normales avant de repartir 45 minutes plus tard pour effectuer l'autre étape du vol d'entraînement à destination d'Ottawa, ce qui devait constituer un vol aller-retour. Après une heure de vol environ en palier à 11 500 pieds asl, l'équipage a ressenti de légères secousses puis l'avion a amorcé un petit virage non sollicité vers la droite. L'équipage a remis l'avion à l'horizontale avant de débrayer le pilote automatique. Pendant que l'équipage effectuait une autre vérification dans le poste de pilotage, l'avion a amorcé un nouveau virage non sollicité vers la droite mais plus accentué que le précédent. L'avion a été ramené de nouveau à l'horizontale, mais comme les vibrations persistaient, l'équipage a décidé de se poser à North Bay qui n'était pas très loin.

Pendant la descente, vers 8 500 pieds asl, de fortes vibrations ont secoué violemment l'avion et ont déplacé rapidement la gouverne de direction et les ailerons, au point que le pilote aux commandes a relâché le volant et le palonnier. Après 30 ou 45 secondes, les vibrations ont cessé, et le pilote a repris la maîtrise de l'appareil. La descente s'est poursuivie à 140 noeuds puisque l'avion semblait gouvernable à cette vitesse. Pour garder l'avion en vol coordonné toutefois, il a fallu maintenir la gouverne de direction braquée aux deux tiers environ vers la gauche. Le reste de la descente ainsi que l'approche et l'atterrissage se sont déroulés sans incident et l'avion s'est posé en toute sécurité. Personne n'a été blessé.

Une équipe de maintenance et de dépannage a été dépêchée sur les lieux pour examiner l'avion. Les éléments qui reliaient la tringle va-et-vient du vérin de compensation d'efforts de la gouverne de direction au guignol du compensateur de la direction étaient manquants. On a alors procédé à l'installation de ces éléments et fait la vérification du jeu, puis l'avion est parti en vol de convoyage à destination d'Ottawa. L'avion a été remis en service au terme d'une inspection après vol en turbulence forte et d'un essai non destructif (END) des raccords de l'empennage et des ailes.

Une molette dans le poste de pilotage doit être tournée pour compenser la gouverne de direction. Ce mouvement est converti en un déplacement longitudinal de la tringle va-et-vient. Celle-ci, fixée à l'aide d'une chape et d'un boulon à un guignol sur le côté droit du compensateur de direction, déplace le compensateur vers la gauche ou la droite. La gouverne de direction bascule alors dans le sens contraire, ce qui atténue les forces à exercer sur les commandes pour maintenir l'avion en vol coordonné (figure 1).

Les éléments qui reliaient la tringle de commande va-et-vient au guignol du compensateur de direction avaient été remplacés lorsque l'avion avait été repeint entre le 25 janvier 1995 et le 10 mars 1995. Depuis cette date, les derniers travaux de maintenance effectués dans cette partie s'étaient limités à la vérification du jeu du compensateur de direction le 24 janvier 1997. Pendant une telle vérification, il faut d'abord inspecter visuellement le système de commande du compensateur et corriger les anomalies avant de procéder à la

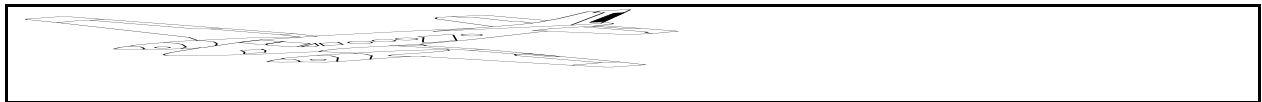
¹ Les heures sont exprimées en HNE (temps universel coordonné [UTC] moins cinq heures), sauf indication contraire.

vérification du jeu. Rien d'anormal n'avait été décelé à ce moment-là et les composants avaient été jugés satisfaisants. Les éléments de fixation n'avaient donc pas été dérangés pendant cette vérification. L'avion a effectué 59 heures de vol entre la vérification du jeu et le présent incident.

La nomenclature illustrée des pièces (figure 54, page 3, index 42) du Beechcraft, séries 90, A90 et B90, précise que les éléments de fixation utilisés pour relier le bras de commande du compensateur de direction sont le boulon AN173 (aucune longueur précisée), deux écrous crénelés AN320-3 et deux goupilles fendues AN380-2-2.

L'exploitant de l'avion se sert également de Beechcraft 100 pour des missions semblables. Les Beechcraft 90 et 100 se ressemblent à plusieurs égards, y compris au niveau du tab compensateur et du bras de commande de la direction. La nomenclature illustrée des pièces du Beechcraft 100 (27-21-01, page 3, index 3) indique, pour ces éléments, un boulon AN173-5 ainsi qu'une rondelle AN960-10L, un écrou crénelé AN320-3 et une goupille fendue MS24665-132.

L'inspection des autres Beechcraft A90 de l'exploitant a révélé que le bras de commande du compensateur de direction est normalement relié au guignol par un boulon AN173-5, des rondelles de différentes épaisseurs et en nombres variables (pour orienter le trou de goupille fendue à la base du boulon avec les cannelures de l'écrou), d'un écrou crénelé AN320-3 et d'une goupille fendue.



Analyse

Fixation des éléments

Après l'incident, le boulon et les éléments connexes qui relient le bras de commande de la tige va-et-vient au guignol du tab compensateur de la direction étaient manquants. L'absence du boulon peut être attribuable à plusieurs causes. Soit que le boulon n'y était pas au décollage, ou qu'il soit tombé à un moment donné, ou qu'il se soit rompu en vol. La première hypothèse est peu probable puisque l'équipage s'en serait aperçu pendant les inspections avant vol, ou pendant le vol avant l'incident.

Pour que le boulon tombe en vol, il aurait fallu que la goupille fendue n'y soit pas ou qu'elle se soit rompue avant le vol, que l'écrou se soit dévissé et que le boulon se déplace vers le haut contre la force de gravité. La goupille fendue y était pendant la dernière vérification du jeu et, puisqu'aucune force ne s'exerce sur elle, il est improbable qu'elle se soit rompue par la suite. Le montage de ces éléments a été inspecté sur les autres King Air de l'exploitant. On s'est aperçu que les filets du boulon avaient été peints, ce qui réduisait le risque de dévissage de l'écrou, même en l'absence de goupille fendue. En outre, le boulon est maintenu en place par une bague dans le guignol du tab compensateur. Le jeu entre la bague et le boulon est très serré, car il faut s'assurer que le compensateur de direction satisfasse à la vérification du jeu qui ne doit être que de $\pm 0,021$ pouce.

La troisième hypothèse, la rupture du boulon en vol, est la plus probable. La fracture ne résulte pas des contraintes d'une surcharge puisque rien n'indique que la chape ou le guignol du tab compensateur se soit déformé. Cependant, en présence de charges cycliques suffisamment fortes, le boulon a pu se rompre en fatigue sans endommager les composants adjacents.

Puisque le corps du boulon AN173-5 ne sort pas complètement par le bras inférieur de la chape, une crique de fatigue a pu se former au niveau des filets sous l'effet d'une concentration de contraintes exercées par l'effort de cisaillement. Le corps du boulon est cependant plus épais que celui des filets, ce qui empêche ces derniers d'entrer en contact avec la chape et ainsi de supporter la moindre charge.

Le boulon a peut-être été fabriqué à partir d'un matériau inférieur à la norme ou il n'était peut-être pas de qualité aviation. Puisque le boulon n'a pas été retrouvé, il a été impossible de l'examiner. Plusieurs échantillons d'éléments de fixation prélevés de l'étagère des pièces dans la section d'approvisionnement de l'exploitant (boulons, rondelles, écrous crénelés et goupilles fendues) ont été examinés pour confirmer s'ils respectaient les exigences. La plupart les respectaient, un élément n'était pas conforme et plusieurs présentaient des signes d'utilisation antérieure, ce qui était contraire à la politique de l'exploitant qui veut que seules des pièces neuves soient utilisées pour remplacer des ensembles du genre. Il est possible qu'une pièce de qualité inférieure à la norme et d'apparence similaire à la pièce conforme ou qu'une pièce fabriquée sciemment selon une norme inférieure et fournie comme pièce de qualité aviation ait été installée par erreur après que l'exploitant eut repeint l'avion deux années plus tôt.

On a récupéré la bague de l'avion en poussant dessus pour la faire sortir du guignol. On l'a comparée à une autre bague que l'on a pris dans la section d'approvisionnement de l'exploitant. La chape d'origine avait un diamètre plus petit de 0,002 pouce et son fini était plus rugueux que la chape neuve. Il était difficile d'y insérer un boulon AN173. Pour terminer le montage d'un tel ensemble, on essaie d'insérer plusieurs boulons dans la bague et l'on garde celui qui offre le jeu minimal. Puisque le jeu requis est très faible et que la bague avait un diamètre intérieur légèrement plus petit, il est possible qu'un technicien ait utilisé un boulon non conforme pour obtenir le jeu le plus serré possible.

Bref, les éléments de fixation qui reliaient le tab compensateur de direction au bras de commande ne sont pas demeurés en place, et la cause n'a pas pu être déterminée de façon concluante.

Vibrations et perte de maîtrise

Lors de l'incident, le premier signe que quelque chose n'allait pas a été l'apparition de légères vibrations et un virage non sollicité vers la droite. Les vibrations étaient sans doute attribuables à un jeu excessif du tab compensateur. Le jeu permis dans ce mécanisme est très petit (0,021 pouce). Par conséquent, la moindre usure du boulon pouvait avoir une incidence importante. Si l'usure du boulon a progressé suffisamment pour entraîner l'apparition de vibrations, le boulon a pu se rompre très rapidement. Des fractures en fatigue de boulons d'aéronef se sont déjà produites sous l'effet de charges cycliques en quelques heures après l'installation². Le virage à droite a pu être causé par un léger déplacement du tab compensateur de direction pendant que le boulon s'usait et que le raccord se desserrait.

² Rapport no D000397(QI-RM) du Centre d'essais techniques de la qualité (CETQ) des Forces canadiennes, 23 décembre 1997.

Le deuxième signe a été l'apparition de fortes vibrations et la perte de maîtrise. L'examen de l'ensemble compensateur de la direction a permis d'établir que, une fois désaccouplée, la tige de commande va-et-vient peut tourner ou se déplacer légèrement dans le plan vertical ou horizontal. Si la tige se déplace un peu vers le haut ou le bas, le tab compensateur peut bouger tout à fait librement. Par conséquent, il est possible que le tab se mette à vibrer à des vitesses bien inférieures à la Vne (vitesse à ne jamais dépasser). Dans ce cas, la gouverne de direction pourrait se mettre à se déplacer passablement en oscillant. D'après le document sur l'aérodynamique du Groupe consultatif pour la recherche et les réalisations aérospatiales (AGARD)³, un certain nombre d'accidents ou de quasi-accidents sont attribuables à la rupture en vol des tringleries de commande des ensembles compensateurs. L'important braquage des commandes et la perte de maîtrise lors du présent incident peuvent être attribuables au battement du tab compensateur de la direction. La source d'amorce du battement est inconnue, mais un changement de vitesse, d'altitude ou d'assiette a sans doute mis fin aux fortes vibrations. Heureusement que les conditions de vol à l'origine du battement du tab compensateur ne se sont pas manifestées pendant le reste du vol.

Après avoir repris la maîtrise de l'avion, le pilote a dû maintenir la gouverne de direction braquée aux deux tiers environ vers la gauche pour garder l'avion en vol coordonné. Si la tige de commande va-et-vient se déplace le moins vers le haut ou le bas et vers l'intérieur en direction de la cellule de l'avion, les bras de la chape peuvent se coincer sur le guignol (figure 2) et forcer le tab à se déplacer vers la gauche. Si cela se produit, la gouverne de direction se déplace vers la droite et il faut mettre du pied à gauche pour garder l'avion en vol coordonné. Des essais effectués sur un autre King Air ont montré que lorsque la tige est dans cette position, le tab compensateur se déplace à environ la moitié de son braquage maximal, si le tab est sollicité à partir de la position neutre. L'écoulement d'air serait suffisant pour maintenir le guignol fermement contre la chape, à moins que le tab se remette à osciller. Ces essais montrent également que la chape était relativement stable dans cette position et qu'elle ne se serait pas déplacée sous l'effet de la sollicitation des commandes ou de légères vibrations.

Nomenclature illustrée des pièces

Dans la nomenclature illustrée des pièces, la description des éléments de fixation du bras de commande du tab compensateur de la direction du King Air 90 n'est pas claire comparativement à celle du King Air 100. Dans le premier cas, la longueur du boulon (figure 54, page 3, pièce 54-42) n'est pas précisée (devrait être AN173-5 ou -6) et, tout de suite après cette entrée, la nomenclature fait référence à deux écrous crénelés et deux goupilles fendues qui semblent faire partie de cet ensemble. En fait, l'écrou et la goupille supplémentaires servent à freiner le boulon (pièce 54-40) qui fixe l'avant du bras de commande à l'avion. En outre, la description des éléments constitutifs ne mentionne pas les rondelles qui sont nécessaires pour que le trou de la

³ Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD), *Manual of Aeroelasticity*, Partie V, Chapitre 3, "Flutter of Control Surfaces and Tabs".

goupille fendue dans le boulon soit entre les créneaux de l'écrou afin que la goupille soit convenablement mise en place. La nomenclature illustrée des pièces du King Air 100, par contre, mentionne ces pièces de manière plus logique et chaque ensemble (boulon et éléments de fixation) séparément. Beechcraft a reconnu cette incohérence et prend les mesures pour corriger cette anomalie dans la nomenclature illustrée des pièces. Les pratiques réglementaires de l'industrie, suivies par les techniciens de l'exploitant en cause, devraient recommander l'utilisation de rondelles dans les éléments de fixation du King Air 90.

Le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) interdit la substitution de pièces qui figurent dans la nomenclature illustrée des pièces des fabricants, à moins que cette substitution ne soit étayée par des données approuvées et jugées acceptables par le ministre⁴. Le technicien qui se fie à la nomenclature illustrée des pièces pour savoir comment relier le bras de commande du tab compensateur de direction au guignol va se trouver confronté à une erreur évidente dans cette nomenclature. Selon le RAC, l'exploitant aux prises avec un tel dilemme doit signaler l'anomalie au fabricant et attendre que ce dernier modifie sa nomenclature illustrée des pièces ou fournisse des données jugées acceptables par le ministre avant de substituer les pièces concernées, pour que le montage puisse être effectué plus logiquement. Or, en raison de cette attente, un aéronef risque d'être interdit de vol bien qu'il soit utilisable à tout autre égard. Auparavant dans des situations semblables, l'exploitant pouvait se référer à un guide de substitution ou à un document similaire pour installer une pièce équivalente. Depuis l'entrée en vigueur du RAC, cette possibilité n'existe plus.

Avant l'entrée en vigueur du RAC, l'exploitant corrigeait cette anomalie en se référant à la description fournie dans la nomenclature illustrée des pièces du King Air 100 pour savoir comment effectuer le montage, ou il remontait l'ensemble comme celui qui était déjà installé.

Faits établis

1. Les éléments de fixation qui reliaient le tab compensateur de direction au bras de commande ne sont pas demeurés en place. La véritable cause de ce problème n'a pas pu être déterminée.
2. Les tests de plusieurs échantillons d'éléments de fixation prélevés dans la section d'approvisionnement de l'exploitant ont révélé qu'un boulon n'était pas conforme aux spécifications AN173 et que plusieurs pièces présentaient des signes d'utilisation antérieure.
3. L'équipage a ressenti de légères secousses, et l'avion a amorcé un virage non sollicité à droite, mais l'équipage a réussi à reprendre la situation en main. Par la suite, de fortes vibrations sont apparues, et l'équipage a perdu la maîtrise de l'avion pendant quelques instants. Les vibrations ont cessé lorsque les paramètres responsables de la situation ont changé pendant la descente. Le pilote a dû mettre du pied à gauche pour garder l'avion en vol coordonné.
4. La nomenclature illustrée des pièces du King Air 90 ne précise pas la longueur du boulon utilisé pour relier le bras de commande au guignol. La description de l'ensemble n'est pas claire et ne correspond

⁴

Articles 571.13 du RAC et du *Manuel de navigabilité*, dont les notes d'information.

pas à celle fournie dans la nomenclature illustrée des pièces du King Air 100. L'ensemble normalement utilisé comporte un boulon AN173-5, deux rondelles, un écrou crénelé AN320-3 et une goupille fendue.

5. Le *Règlement de l'aviation canadien* interdit la substitution de pièces qui figurent dans la nomenclature illustrée des pièces des fabricants, à moins que cette substitution ne soit étayée par des données approuvées et jugées acceptables par le ministre.

Causes et facteurs contributifs

Le boulon reliant le bras de commande du tab compensateur de direction au guignol correspondant s'est détaché pour une raison qui n'a pas été déterminée. Le tab compensateur de la direction était donc libre d'osciller ou d'être retenu du côté gauche par le bras de commande du tab compensateur.

Le manque de détails et une description peu claire des pièces nécessaires pour relier le bras de commande au tab compensateur dans la nomenclature des pièces illustrées ainsi que la possibilité qu'un boulon non conforme ait été utilisé pour effectuer le dernier raccordement ont pu contribuer à la perte du boulon.

Mesures de sécurité

Mesures prises

Immédiatement après l'incident, l'exploitant a inspecté le reste de sa flotte pour s'assurer de l'état et de la conformité des éléments de fixation du tab compensateur de direction de ses aéronefs.

Mesures à prendre

Le BST devrait inciter Transports Canada à demander à la société Beechcraft de revoir et de réviser les nomenclatures des pièces illustrées des Beechcraft 90, A90 et B90 de façon à indiquer les bonnes pièces AN à utiliser pour relier le tab compensateur de la direction aux éléments de fixation du bras de commande du compensateur de direction.

Le BST devrait inciter Transports Canada à réviser l'article 571.13 du RAC pour le rendre plus réaliste et plus facile à respecter.

Les mesures en vigueur dans le monde de l'aviation pour identifier et éliminer les pièces non conformes devraient se poursuivre. Bien que la cause de cet incident ne puisse être attribuée de façon concluante à ce problème, cette hypothèse n'a pu être écartée. La sensibilisation du personnel aéronautique, par le biais de cet incident et d'autres incidents similaires mettant en lumière des problèmes associés aux pièces en cause, devrait se poursuivre.

La Direction générale des services des aéronefs de Transports Canada devrait établir des procédures pour s'assurer que toutes les pièces obtenues des sections d'approvisionnement sont conformes aux spécifications énoncées dans les publications pertinentes.

ADDENDA

En ce qui concerne les mesures à prendre énoncées dans le rapport d'enquête sur le présent incident, le BST et Transports Canada ont convenu de ce qui suit :

1. Transports Canada a recommandé par écrit à la Federal Aviation Administration qu'elle demande à Raytheon Beech de modifier le manuel de maintenance de l'aéronef de manière à inclure les instructions de montage complètes avec illustrations.
2. Transports Canada ne reconnaît pas la nomenclature des pièces illustrées comme document officiel en ce qui concerne le montage d'éléments, mais uniquement pour l'identification des pièces pertinentes. Par conséquent, Transports Canada estime que l'article 571.13 du RAC ne devrait pas être révisé.
3. La Direction générale des services des aéronefs de Transports Canada s'est assurée que toutes les pièces stockées dans sa section d'approvisionnement sont conformes aux spécifications requises et sont rangées dans les bonnes étagères. Cela sera fait en permanence.

Le personnel de l'entrepôt, les préposés à l'approvisionnement et les techniciens d'entretien d'aéronef (TEA) de la Direction des services des aéronefs ont reçu de la formation relative aux pièces contrefaites, ayant pour objet de les sensibiliser à ce problème.

Le manuel du contrôle de la maintenance de la Direction générale des services des aéronefs a été modifié pour améliorer les procédures de contrôle des pièces.