

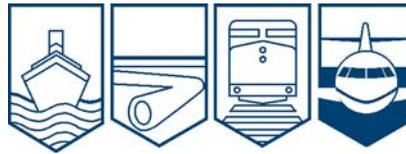
Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE

A00P0040



SÉPARATION D'UN CAPOT DE SOUFFLANTE

AIRBUS A330-200 C-GGWA

DE CANADA 3000

AÉROPORT INTERNATIONAL DE VANCOUVER
(COLOMBIE-BRITANNIQUE)

LE 17 MARS 2000

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports (BST) du Canada a enquêté sur cet accident 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 accident aéronautique

Séparation d'un capot de soufflante

Airbus A330-200 C-GGWA
de Canada 3000
à l'Aéroport international de Vancouver
(Colombie-Britannique)
le 17 mars 2000

Rapport numéro A00P0040

Sommaire

Un Airbus A330, C-GGWA, quitte l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique) vers 20 h 46, heure normale du Pacifique. Immédiatement après le décollage, l'équipage de conduite est informé qu'un agent de bord et au moins un passager ont entendu une forte détonation tout juste après le déjaugage, comme si quelque chose avait heurté l'avion. Peu après, l'équipage de conduite est informé qu'un passager a vu quelque chose tomber du réacteur gauche ou de l'aile. On demande à un commandant de bord en mise en place de A330 d'inspecter la zone du réacteur alors que les phares d'aile sont allumés, et on découvre que le capot extérieur de la soufflante du réacteur gauche est manquant. Il n'y a eu aucune indication dans le poste de pilotage ni aucune caractéristique anormale de pilotage de la part de l'avion associées au bruit ou à la séparation du capot. L'équipage de conduite signale la situation au contrôle de la circulation aérienne et revient à Vancouver sans autre incident.

Lorsque le capot s'est séparé, il a heurté le bord d'attaque de l'aile gauche, a passé à l'intérieur, au-dessus de l'aile gauche, et a endommagé le carénage d'emplanture d'aile et le panneau d'accès au circuit hydraulique avant de heurter la dérive. La séparation et la dislocation ont endommagé aussi substantiellement le mât réacteur gauche.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Contexte

Cet accident s'est produit un vendredi soir lorsque, de façon systématique, la charge de travail en maintenance de la compagnie augmente du fait de l'arrivée de trois appareils dans la même période. Les activités sur l'aire de trafic relatives à l'entretien courant de ces appareils sont divisées entre deux personnes d'une équipe, laquelle est renforcée le soir par l'addition d'un membre du personnel travaillant en surtemps. Au cours de ces activités sur l'aire de trafic, les membres de l'équipe de maintenance en service se partagent la charge de travail, et des tâches individuelles sont attribuées de façon informelle et réattribuées entre eux.

Avant que l'avion impliqué dans l'accident n'arrive à Vancouver (Colombie-Britannique) le soir de l'incident, l'équipe de l'aire de trafic savait que plusieurs éléments de maintenance devaient être exécutés sur l'avion avant qu'il puisse être remis en service pour son vol à destination de Gatwick (Angleterre), plus tard dans la soirée. Un de ces éléments de maintenance consistait à remplacer une soupape pilote directionnelle de l'inverseur de poussée du réacteur gauche de l'avion. Cette tâche a été assignée au membre de l'équipe travaillant en surtemps, un apprenti-mécanicien dont le travail devait être inspecté de façon indépendante par les deux autres techniciens d'entretien d'aéronef (TEA) qualifiés lors du quart de soir. L'apprenti-mécanicien connaissait bien le travail à effectuer et il l'avait déjà fait auparavant.

L'avion est arrivé à 19 h 00, heure normale du Pacifique (HNP)¹. Une fois l'inspection extérieure de l'avion terminée, l'apprenti a ouvert le capot de la soufflante du réacteur gauche et a remplacé la soupape pilote; cette tâche a pris environ 45 minutes. Pendant ce temps, le premier officier a effectué une inspection pré-vol, et le commandant de bord s'est rendu au réacteur et a confirmé l'état du système d'inversion de la poussée avec l'apprenti-mécanicien. Une fois la soupape remplacée, l'apprenti a pris des mesures pour que son surveillant et le deuxième TEA qualifié inspectent et certifient son travail. Une fois cette inspection faite, l'apprenti a freiné au fil la soupape, a retiré ses outils, puis a abaissé et verrouillé le capot de la soufflante. Peu de temps après, le surveillant est passé à côté du réacteur gauche et il a remarqué que le capot de la soufflante était fermé et que les poignées de verrouillage n'étaient pas visibles.

Capot de la soufflante—Description du système

La section médiane (module soufflante) du réacteur est fermée par deux gros panneaux en forme de croissant, chacun pesant environ 135 livres. Chacun de ces capots de soufflante est supporté sur le dessus par des charnières montées sur la partie avant du mât réacteur. La charnière est parallèle à l'axe du réacteur. Lorsque les capots de la soufflante sont déverrouillés, on peut les ouvrir en les faisant basculer vers l'extérieur et vers le haut à partir du dessous du réacteur.

Lorsque le capot est fermé, on assure son alignement en faisant correspondre trois doigts de positionnement en forme d'ogive, situés au bas du capot intérieur, à trois logements correspondants situés au bas du capot extérieur. Une fois l'alignement réalisé, on peut fixer les capots le long de l'axe inférieur du module de la soufflante en raccordant les trois verrous à crochet (n° de pièce H2923-3) aux trois gâches voisines (n° de pièce H2924-17). Ces verrous à

¹ Toutes les heures sont en HNP (temps universel coordonné moins huit heures).

crochet sont dotés chacun d'un dispositif de verrouillage géométrique décentré principal qui ferme la poignée lorsque le crochet s'est fermé sur la gâche et que le verrou est placé sous tension. Un dispositif de verrouillage secondaire, une détente à cran sur la poignée, s'engage sur l'axe transversal du crochet et constitue un deuxième moyen de retenir le mécanisme en position de verrouillage géométrique au cas où la charge s'exerçant sur le crochet devienne à peu près nulle.

Pour fonctionner comme il se doit, les trois points de verrouillage doivent être réglés pour assurer qu'une précharge minimale s'exerce sur eux. De plus, la charge de fermeture de la poignée de verrouillage doit être maintenue entre 50 et 100 livres, comme le précise le manuel de maintenance de l'avion. Cette force est importante afin d'assurer que le crochet est toujours sous tension dans la gâche (c'est-à-dire produire une charge dans le mécanisme de verrouillage pour fermer encore mieux le verrou), pour éviter toute usure par broutage d'un crochet non sous tension et pour tenir les deux faces de logement du verrou en contact en tout temps. La forme du capot de la soufflante est telle qu'une déféctuosité d'un des trois verrous ne devrait pas compromettre la sécurité du système de verrouillage.

Examen de l'épave

Après l'accident, des enquêteurs du BST et des représentants des fabricants des composants ainsi que l'exploitant de l'avion ont examiné les composants endommagés. On a déterminé que le capot de la soufflante s'était ouvert dans l'écoulement aérodynamique et qu'il s'était brisé en surcharge à environ deux pieds sous la charnière. La partie supérieure était demeurée attachée au mât au niveau de la charnière et la partie inférieure était tombée sur la piste. À l'impact sur la piste, la partie qui s'était détachée a éclaté en nombreux morceaux et les verrous avant et arrière ont été arrachés de la structure du capot. Le verrou avant a été retrouvé coincé dans le profilé du sous-ensemble du verrou, en position fermée². Le verrou central est demeuré attaché à un gros morceau de capot de la soufflante et il a été retrouvé en position fermée. Le verrou arrière a été retrouvé coincé et tordu en position ouverte (non verrouillée). Les trois logements des goupilles de positionnement du capot extérieur avaient été arrachés en raison de la surcharge. Les gâches de verrou, les supports de fixation des gâches, les doigts de positionnement ou la structure environnante du capot intérieur correspondant ne présentaient aucun dommage visible.

Portée de l'enquête

Comme des composants ont été endommagés et qu'ils se sont séparés à la suite de l'accident, il n'a pas été possible de déterminer l'état du réglage des verrous et de la précharge de ces derniers avant l'accident. Il s'en est suivi que le BST a élargi la portée de son enquête pour inclure d'autres mécanismes de verrouillage de capot de soufflante semblables (mais intacts) qui étaient en service chez Canada 3000 ainsi que chez d'autres exploitants. Grâce à l'obtention de données d'un avion de comparaison intact et à la comparaison et à la distinction entre divers systèmes de verrouillage, il a été possible d'identifier un certain nombre de problèmes mécaniques qui pourraient augmenter les risques de séparation du capot de la soufflante.

²

Les définitions relatives à l'état des verrous figurent à l'annexe A.

Entrave entre les fixations du sous-ensemble de la serrure de verrouillage et des goupilles de la détente

Le mécanisme de verrouillage des capots de la soufflante de l'avion en question est muni d'une ferrure de verrou fabriquée de deux sous-ensembles joints au moyen de quatre boulons à tête hexagonale, de rondelles plates et d'écrous. L'examen du mécanisme de verrouillage a révélé que les sous-ensembles ferrure de verrou avaient été assemblés de manière que le filetage des boulons, les rondelles et les écrous se retrouvent à l'intérieur du sous-ensemble. Un examen plus poussé a révélé que l'entrave entre la détente et les goupilles de sûreté d'une part, et entre les écrous et l'extrémité fileté des boulons d'autre part a semblé être la cause de la déformation ou du bris de plusieurs ensembles détente-goupilles de sûreté (figure 1). Les boulons étant installés comme ils l'étaient, l'épaisseur combinée de la rondelle et de l'écrou équivaut au double de celle de la tête de boulon à elle seule.



Figure 4 - Sous-ensemble de verrou endommagé sur l'avion accidenté

On a aussi remarqué une interaction entre l'ensemble détente-goupilles de sûreté et les fixations du sous-ensemble de la serrure, comme le montrent les dommages aux extrémités des goupilles, les rainures à l'extrémité la plus intérieure des écrous et les marques de filetage sur l'ensemble détente-goupilles de sûreté (figure 2).

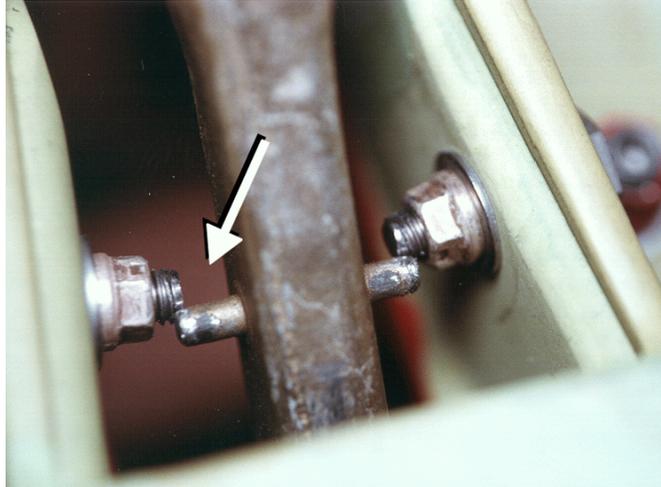


Figure 5 - Entrave entre l'ensemble détente-goupilles de sûreté et les fixations du sous-ensemble de la serrure

Les enquêteurs ont remarqué que les boulons du sous-ensemble de la serrure de verrouillage, sur les capots de soufflante d'un réacteur d'Airbus A330 équipé de la même façon, étaient orientés la partie filetée à l'extérieur (figure 3), alors que ceux d'autres capots de soufflante de réacteur étaient orientés vers l'intérieur (figure 4). Aussi, les boulons utilisés dans le sous-ensemble de l'avion de comparaison étaient sensiblement plus longs que ceux qui avaient été utilisés sur l'avion accidenté. La longueur accrue des boulons a aggravé l'entrave entre les boulons d'assemblage et l'ensemble détente-goupilles de sûreté. Un entretien avec un représentant du constructeur a révélé que le dessin d'origine du sous-ensemble de la serrure de verrouillage montrait les fixations montées partie filetée des boulons orientée vers l'intérieur (figure 4).

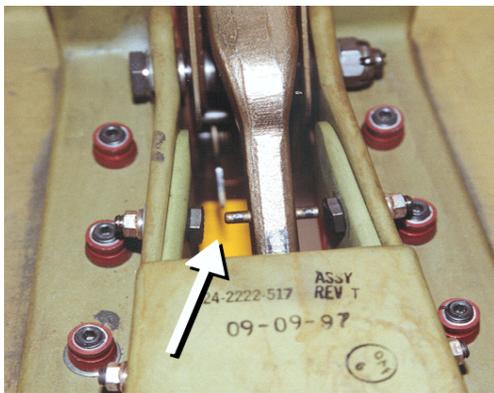


Figure 3 - Photo des boulons ne montrant aucune entrave

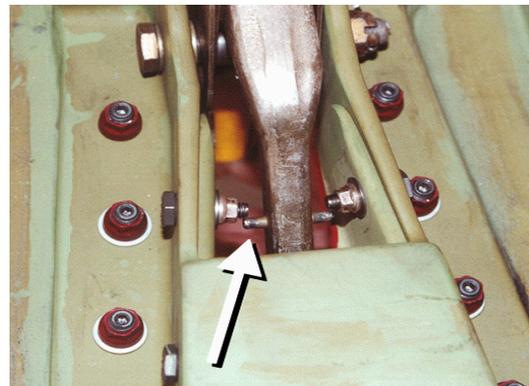


Figure 4 - Photo des boulons inversés, comme sur les dessins d'origine.

Tension insuffisante des verrous

Une bonne tension des verrous est importante pour assurer la fixation des capots de la soufflante. Des capots de soufflante examinés pendant la présente enquête, environ 80 % présentaient une tension inférieure à la valeur minimale préconisée par le constructeur de l'avion. Un avion qui n'avait que trois semaines d'âge présentait un verrou dont la tension était inférieure aux spécifications minimales. La tension des verrous des capots de soufflante du réacteur droit (non en cause) de l'avion accidenté a été mesurée et elle se trouvait bien inférieure à la spécification requise. La tension des verrous des capots de soufflante du réacteur gauche (en cause) n'a pu être déterminée à cause des dommages qui ont suivi la défaillance.

Défaillances des ressorts de retenue de l'étoile de réglage du boulon à œil

On règle la tension des verrous de capot de soufflante au moyen d'une étoile de réglage présentant des rainures radiales dans l'ensemble de montage des gâches. La position de l'étoile est maintenue par un ressort supérieur et inférieur (ressorts de retenue de l'étoile de réglage) dans chaque ensemble (figure 5). Ces ressorts s'engagent dans une rainure correspondante sur le dessus et le dessous de l'étoile de réglage.

Aucun dommage spécifique n'a été relevé sur les ressorts de retenue de l'étoile de réglage de l'avion accidenté. Par contre, sur la foi d'un bref examen de l'avion de comparaison qui utilisait des composants semblables, on a remarqué plusieurs ensembles de montage des gâches en service dont les ressorts de retenue de l'étoile de réglage étaient brisés (voir un exemple à la figure 6). Dans certains de ces cas, les ressorts supérieur et inférieur du même boulon à œil s'étaient rompus, et il y a eu deux cas où plus d'un ensemble de réglage était touché sur le même capot. On n'a pu trouver une procédure d'inspection spécifique pour les ressorts de retenue de l'étoile de réglage de boulon à œil.

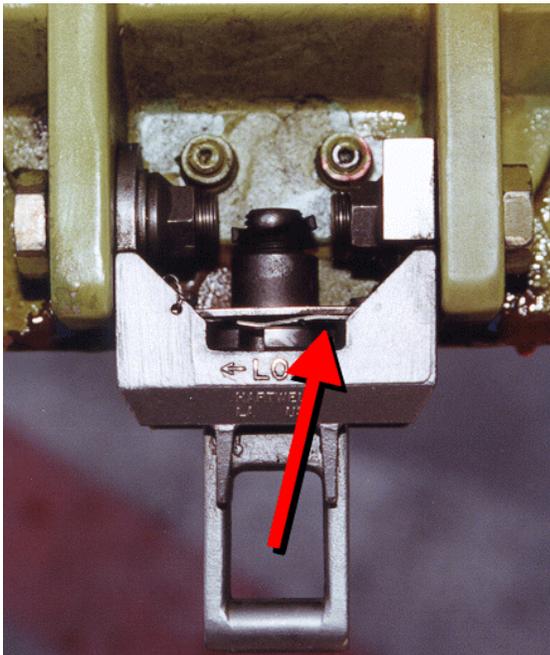


Figure 8 - Ressort de retenue d'étoile de réglage normal

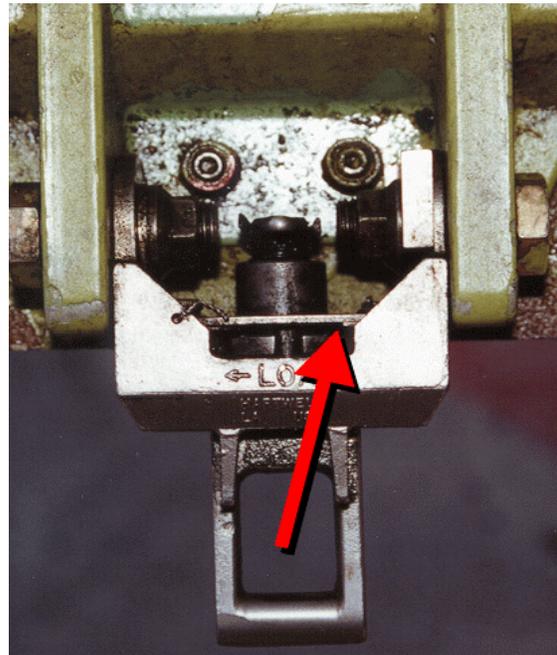


Figure 9 - Ressort brisé venant d'un avion de comparaison

Pratique de l'industrie relative à l'utilisation d'outils pour actionner les verrous

Deux types de mécanisme de verrouillage de base servent à fixer les capots de soufflante : ceux qui sont conçus pour être manipulés au moyen d'outils, et ceux destinés à être actionnés à la main seulement. Au cours de l'enquête, le BST a observé que le personnel de maintenance d'un certain nombre de transporteurs aériens différents utilisait systématiquement des outils (normalement des tournevis) pour actionner les verrous. Dans certains de ces cas, les manuels de maintenance des avions interdisaient l'utilisation d'outils à cette fin. On a aussi remarqué que les deux types de verrou se retrouvent à l'occasion sur le même capot réacteur. Ce type de configuration exige du personnel de maintenance qu'il utilise différentes procédures pour actionner les divers verrous se trouvant sur un même appareil, ce qui augmente le risque d'erreur. Des dommages qui ont semblé avoir été causés par l'utilisation d'outils ont été relevés sur le mécanisme de verrouillage du capot de soufflante qui s'est brisé ainsi que sur les verrous de l'avion de comparaison.

Visibilité des verrous

La taille des gros turboréacteurs double flux modernes, leur proximité du sol et le fait que les verrous sont souvent situés au centre, sous les réacteurs, contribuent à rendre moins visibles les verrous qui pourraient ne pas avoir été verrouillés. De plus, la forme du capot et sa manipulation permettent peu de remarquer toute différence entre des capots de soufflante qui sont fermés mais non verrouillés de ceux qui ont été fermés et correctement verrouillés.

De nombreux bulletins de service et avis ont été publiés en ce qui a trait à la nécessité de s'assurer que des verrous non verrouillés soient clairement visibles. Au moment de l'accident, aucune consigne de navigabilité n'avait été publiée relativement aux capots de soufflante des réacteurs CF6-80E 1 de General Electric équipant l'Airbus A330. Le seul bulletin de service pertinent (numéro 71-022) imposait l'application d'une peinture orange international aux côtés des poignées de verrouillage. Canada 3000 s'était conformée au bulletin de service et avait peint les côtés des verrous de ses capots de soufflante. Par contre, les enquêteurs ont noté que les poignées de verrouillage de l'avion accidenté étaient peintes du même rouge brillant que la structure voisine du capot de soufflante. Un examen des avions exploités par d'autres compagnies a permis de constater la même chose.

Circuits d'avertissement à l'intention par l'équipage

Il n'y a aucun circuit à bord de l'Airbus A330 pour avertir l'équipage de conduite qu'un capot de soufflante n'est pas bien fermé. Dans le cas qui nous occupe, la perte du capot de soufflante n'a pas entraîné de changement aérodynamique suffisamment considérable pour alerter l'équipage de la séparation du capot de soufflante. Cette absence d'avertissement a été relevée sur d'autres cas semblables de séparation de capot de soufflante.

Inspection pré-vol effectuée de l'équipage

Les équipages de conduite effectuent une inspection pré-vol avant chaque vol. La liste de vérifications de la compagnie régissant cette inspection indique que, lorsque l'avion se trouve à sa base de maintenance, l'équipage de conduite doit vérifier tous les éléments marqués d'un

astérisque sur la liste de vérifications. La fixation des verrous de capot de soufflante est un élément marqué d'un astérisque. Dans le cas qui nous occupe, le copilote a exécuté l'inspection pré-vol de l'avion pendant que la maintenance était toujours en cours en ce qui a trait à la soupape pilote de l'inverseur de poussée.

Antécédents des défaillances de capot de soufflante

Airbus a consigné 13 cas semblables de séparation de capot de soufflante sur des Airbus A300 à A330 depuis 1978. Le présent accident était le premier à mettre en cause un A330. Les dossiers indiquent que dans 9 des cas précédents, les capots de soufflante avaient été ouverts avant le vol. Les séparations se sont habituellement produites au décollage. Chaque fois, on a découvert que deux mécanismes de verrouillage ou plus étaient intacts après l'incident.

Boeing a signalé des incidents de même nature relativement à ses produits aéronautiques qui utilisent des verrous similaires. Dans bien des cas, les capots ont semblé ne pas avoir été verrouillés après la maintenance. D'autres incidents, par contre, avaient trait à une défaillance des capots à cause d'un mauvais réglage ou de dommages secondaires attribuables à des impacts avec des oiseaux ou à des collisions avec le matériel de servitude au sol.

BF Goodrich, la société qui fabrique les capots et qui installe les pièces de verrouillage, a enregistré 15 cas de séparation de capot de soufflante depuis 1972. De ceux-ci, sept ont été classés comme des erreurs de maintenance pour lesquelles les verrous n'avaient pas été verrouillés, quatre étaient la conséquence d'un autre événement, comme un impact d'oiseau, et les quatre cas restants n'ont pu être identifiés à cause de l'absence des pièces de verrouillage ou, lorsqu'elles étaient retrouvées, parce qu'elles n'ont pas fourni de renseignements suffisants aux enquêteurs pour leur permettre de déterminer la cause.

Au cours de l'enquête sur le présent accident, un transporteur national a remis au BST un verrou de capot de soufflante semblable provenant d'un Airbus A320. Selon ce qui a été rapporté, malgré une « double inspection » avant le départ, on a découvert que ce verrou était déverrouillé en deux occasions distinctes après l'arrivée à destination. Il convient de noter que les capots des CFM des A320 sont équipés de verrous dont le mode de verrouillage est différent. Ces verrous utilisent un mécanisme géométrique à « double liaison », et les effets de l'usure, des tolérances et des dommages à la poignée sur un verrou à double liaison peuvent différer des effets pouvant se manifester sur le mécanisme à simple articulation des capots de l'avion accidenté. Toutefois, lors de l'examen des procédures de mise sous tension des verrous sur l'Airbus A 320, on a remarqué plusieurs défauts d'engagement entre la détente et les goupilles de sûreté du verrou. Même si le mécanisme de verrouillage principal fonctionnait correctement, la poignée du verrou s'était déplacée sur toute sa course avant l'engagement de la détente et des goupilles de sûreté du verrou, et ces pièces restaient mal fermées. Ce léger déport de l'ensemble détente-goupilles de sûreté, qui serait difficile à déceler en conditions opérationnelles, rend le verrou peu sûr.

Analyse

Selon leurs antécédents, les pertes de capot de soufflante ont été principalement attribuées à une erreur humaine. Le présent accident présentait des caractéristiques semblables aux incidents précédents. Plus particulièrement, le capot gauche de la soufflante avait été ouvert pour maintenance immédiatement avant l'accident; la perte du capot de soufflante s'est produite pendant le roulement au décollage, lorsque les différences de pression d'air pourraient avoir un effet sur un capot mal verrouillé, et l'on ne se serait attendu à aucun dommage au mécanisme de verrouillage de capot de soufflante voisin si le capot s'était rompu alors que les verrous étaient engagés dans les gâches et verrouillés correctement. Chacune de ces caractéristiques peut être utilisée pour laisser entendre que le capot n'avait pas été correctement verrouillé après l'activité de maintenance sur l'aire de trafic exécutée sur l'inverseur de poussée du réacteur gauche. Par ailleurs, les mécanismes de verrouillage avant et central du capot de soufflante brisé ont été retrouvés en position fermée, indiquant qu'il est possible que les verrous de capot aient été fermés pendant l'activité de maintenance ou engagés et verrouillés correctement après la maintenance et avant la défaillance. En raison de l'ambiguïté des renseignements disponibles, il est difficile de déterminer avec précision la cause de la défaillance. Toutefois, par-delà cet événement particulier, l'enquête a été en mesure de cerner des manquements relatifs à la sécurité pointant vers des facteurs humains et les composants mécaniques du système qui, s'ils ne sont pas corrigés, pourraient augmenter les risques de perte future.

Questions relatives aux facteurs humains

En raison de sa configuration et de son mode de fermeture, un capot de soufflante qui a été abaissé mais non verrouillé est pratiquement identique à un capot de soufflante qui a été abaissé et correctement verrouillé. Les poignées de verrouillage sont très difficiles à voir en raison de leur emplacement sous de très gros réacteurs surbaissés; cette difficulté augmente à mesure qu'on se rapproche du réacteur. La compagnie a tenté de rendre les poignées de verrouillage plus visibles en les peignant en rouge brillant, mais en vain parce que la zone voisine du capot était aussi peinte en rouge brillant. Cette couleur a, en fait, camouflé avec efficacité les mécanismes de verrouillage de capot de soufflante.

L'usage inapproprié d'outils pour actionner ces verrous peut endommager le mécanisme interne à ressort du verrou. De plus, l'obtention d'un plus grand bras de levier sur la poignée, du fait de l'utilisation d'outils, risque de déformer ou de briser l'ensemble détente-goupilles de sûreté du verrou, ce qui compromet leur rôle de sécurité. On pourrait remédier à ce problème en apportant des précisions aux manuels de maintenance, surtout à la présentation d'avertissements en ce qui a trait à l'utilisation des outils.

En théorie, les verrous de capot de soufflante auraient dû être inspectés par l'équipage de conduite avant le départ. En pratique, toutefois, l'inspection extérieure de l'équipage de conduite a été effectuée avant que les tâches de maintenance soient terminées. À ce moment-là, plusieurs panneaux et verrous étaient ouverts pour permettre le ravitaillement en carburant, le réapprovisionnement en nourriture et boissons, le chargement des bagages, l'embarquement des passagers et l'activité de maintenance sur le réacteur gauche. L'inspection pré-vol habituelle de l'équipage de conduite visant à confirmer que l'activité de maintenance avait été exécutée a été, dans ces conditions, inefficace.

Les difficultés à déceler visuellement les verrous non verrouillés, l'absence d'une inspection prévol finale de la part de l'équipage de conduite comme précaution visant à assurer que les capots de soufflante étaient bien fixés et la pratique répandue dans l'industrie d'utiliser des outils pour actionner les verrous ont tous augmenté le risque d'une défaillance de capot de soufflante à cause d'une erreur humaine.

Problèmes mécaniques

Des capots de soufflante examinés pendant la présente enquête, environ 80 % présentaient une tension de verrou inférieure à la valeur minimale précisée par le constructeur de l'avion. Une faible tension augmente la probabilité qu'un verrou se déverrouille de lui-même. Pour cette raison, les exigences actuelles en ce qui a trait à la tension ne semblent pas suffisantes.

Les lacunes liées à l'orientation des boulons du sous-ensemble de la serrure de verrouillage avec le filetage vers l'intérieur, l'entrave entre les pièces de fixation du sous-ensemble de la serrure de verrouillage et l'ensemble détente-goupilles de sûreté, les défauts des ressorts de retenue de l'étoile de réglage, le manque de tension des verrous et l'engagement incomplet de l'ensemble détente-goupilles de sûreté augmentent les risques de perte de capot de soufflante à la suite d'une défaillance mécanique.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Plus d'un verrou de capot n'était pas fixé ou ne s'est pas verrouillé correctement, ce qui a fait s'ouvrir le capot de la soufflante pendant le décollage.

Faits établis quant aux risques

1. Il n'y a aucune indication dans le poste de pilotage pour avertir l'équipage si les capots de soufflante sont fermés et verrouillés.
2. L'interaction entre l'ensemble détente-goupilles de sûreté et les pièces de fixation du sous-ensemble de la serrure de verrouillage peut endommager l'extrémité des goupilles et, par le fait même, augmenter les risques de défaillance des composants.
3. L'orientation des boulons du sous-ensemble de la serrure de verrouillage vers l'intérieur et l'utilisation de boulons plus longs que ce qui était nécessaire a aggravé toute entrave entre les boulons d'assemblage et l'ensemble détente-goupilles de sûreté.
4. La défaillance des ressorts de retenue de l'étoile de réglage augmente les risques que la tension des verrous de capot de soufflante se dérègle.
5. De par leur conception, la hauteur des verrous et leur position sur l'axe inférieur des capots de soufflante permettent difficilement de déceler visuellement si un verrou est déverrouillé.

6. Les exigences de maintenance actuelles relatives à la tension des verrous ne semblent pas suffisantes pour assurer que la tension des verrous demeure conforme à la valeur minimale précisée par le constructeur.
7. L'inspection pré-vol habituelle de l'équipage de conduite a été effectuée avant que l'activité de maintenance soit terminée et, dans ces conditions, s'est révélée inefficace.

Mesure de sécurité prise

Le 15 août 2000, le BST a envoyé, à Transports Canada, l'Avis de sécurité aérienne A000026-1 suggérant que le ministère :

1. s'assure que les boulons de fixation des sous-ensembles de la serrure de verrouillage de capot de soufflante qui équipent les avions immatriculés au Canada sont correctement installés;
2. avise les transporteurs aériens canadiens de la sécurité accrue que représente le fait de rendre plus visibles les poignées de verrouillage;
3. avise ou avertisse les transporteurs aériens canadiens des dangers que représente l'utilisation d'outils pour actionner des verrous non destinés à être actionnés par des outils;
4. avise les transporteurs aériens canadiens des résultats d'une étude du BST relative aux défauts des ressorts de retenue de l'étoile de réglage des boulons à œil pour qu'ils puissent prendre des mesures appropriées pour remédier à la situation;
5. avise les transporteurs aériens canadiens de l'importance de s'assurer que la tension s'exerçant sur les verrous est suffisante et de son effet sur le fonctionnement et l'intégrité du système de verrouillage;
6. avise les transporteurs aériens canadiens du risque d'un accrochage incomplet de l'ensemble détente-goupilles de sûreté sur les avions A320 et fasse un suivi en conséquence;
7. avise les organismes de navigabilité aérienne étrangers pertinents des préoccupations soulevées dans le présent avis.

En réponse à la lettre d'avis de sécurité aérienne, Transports Canada a pris les mesures suivantes :

1. il a avisé le bureau de certification de la Federal Aviation Administration (FAA) ainsi que la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) en France, l'organisation responsable de la définition de type de l'avion Airbus, des préoccupations soulevées dans l'avis;

2. le 11 octobre 2000, il a publié l'Alerte aux difficultés en service AL-2000-06 comprenant cinq recommandations qui pouvaient être prises pour prévenir tout accident ultérieur;
3. il a publié un article intitulé « Problèmes de fixation de capots des gros porteurs » dans le bulletin de *Sécurité aérienne : Mainteneur*, numéro 4/2000. L'article informait l'industrie du nombre d'incidents relatifs aux défaillances de fixation des capots en mentionnant spécifiquement le type d'avion en question ainsi qu'un incident similaire qui s'était produit le 13 septembre 2000 (rapport n° A00O0199 du BST).

En réponse à cet accident, Canada 3000 a pris les mesures suivantes :

Flotte de A330 seulement

1. Elle a vérifié et corrigé la tension des verrous conformément au manuel de maintenance de l'avion.
2. Elle a introduit une exigence supplémentaire au calendrier de maintenance pour que soient revérifiées les tensions des verrous aux intervalles de la vérification « C » et lors de chaque remplacement de réacteur.
3. Elle a ajouté du ruban réfléchissant sur les côtés et devant chaque verrou de capot de soufflante sur les A330 pour les rendre plus visibles en position déverrouillée.
4. Elle a introduit une exigence supplémentaire au calendrier de maintenance des A330 pour que soit revérifiée la présence de ruban réfléchissant lors des vérifications « A ».
5. Elle a vérifié la flotte des A330 pour découvrir s'il y avait risque d'entrave entre les goupilles de verrouillage du crochet et les boulons de montage des verrous voisins, et elle a apporté les correctifs nécessaires.

Flottes de A330, A320 et de Boeing 757

1. Le Contrôle de la qualité a publié des alertes d'inspection pour tous les types de flotte en mettant l'accent sur l'importance d'inspecter l'état des verrous et s'ils sont suffisamment tendus lorsqu'on les ferme.
2. Le Contrôle de la qualité a fait des verrous de capot de soufflante un élément d'inspection requis (nécessitant une deuxième inspection et une signature chaque fois qu'ils sont ouverts) pour tous les types d'aéronef au sein de la flotte.
3. Le Contrôle de la qualité a fait circuler l'Alerte aux difficultés en service numéro AL-2000-06 pour augmenter la sensibilisation aux verrous de capot parmi le personnel de maintenance.

4. Le Contrôle de la qualité a fait de l'Avis de sécurité aérienne numéro A000026-1 (Facteurs influençant la perte des capots de soufflante de réacteur) du BST, le sujet d'une présentation lors de sa conférence annuelle sur la maintenance en septembre 2000, encore une fois pour augmenter la sensibilisation à cette question.

En réaction à cet accident, BF Goodrich a pris les mesures suivantes :

1. La société a publié un bulletin de service (CF6-80E1-NAC-71-032) le 1^{er} janvier 2001 sur la correction du sens des boulons du sous-ensemble de la serrure de verrouillage.
2. La société va ajouter un avertissement aux manuels de maintenance pertinents en ce qui a trait aux dommages que peut causer aux systèmes de verrouillage l'utilisation non autorisée d'outils pour actionner les verrous.
3. Bien que le manuel de maintenance de mars 2000 comprenne la vérification de la tension après la dépose et le remplacement des capots de soufflante et d'entrée d'air et des vérifications périodiques de la tension à des intervalles de 3 000 heures de vol, Goodrich a maintenant révisé l'intervalle périodique des 3 000 heures de vol pour le porter à l'intervalle de la vérification « C ». Cette amélioration de l'intervalle de la vérification « C » au manuel de maintenance de l'avion devrait figurer dans la révision de janvier 2002.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. La publication de ce rapport a été autorisée par le Bureau le 6 février 2002.

ANNEXE A – Terminologie utilisée pour les verrous de capot

- Non verrouillé : Les crochets de la détente secondaire de la poignée de verrouillage sont dégagés des goupilles de sûreté, et le crochet de verrouillage n'est pas engagé dans la gâche (n° de pièce H2924-17).
- Fermé : Le crochet de verrouillage n'est pas engagé dans la gâche, mais les crochets de la détente secondaire de la poignée de verrouillage sont engagés sur les goupilles de sûreté.
- Engagé : Le crochet de verrouillage est engagé dans la gâche, mais il n'a pas été placé en position décentrée.
- Verrouillé : Le mécanisme de verrouillage est prêt pour le vol, conformément aux exigences du manuel de maintenance.