

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR UN ACCIDENT AÉRONAUTIQUE
A00O0199



PERTE DU CARTER DE SOUFFLANTE

AIRBUS A320-232 C-GTDC
EXPLOITÉ PAR SKISERVICE AIRLINES INC.
AÉROPORT INTERNATIONAL DE
TORONTO/LESTER B. PEARSON (ONTARIO)
LE 13 SEPTEMBRE 2000

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) 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

Perte du carter de soufflante

Airbus A320-232 C-GTDC

exploité par Skyservice Airlines Inc.

Aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson
(Ontario)

le 13 septembre 2000

Rapport numéro A00O0199

Sommaire

L'Airbus A320 portant le numéro de série 496 assurant le vol SSV960 de la compagnie Skyservice Airlines décollait de la piste 23 de l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson pour effectuer un vol intérieur d'affrètement à destination d'Edmonton (Alberta). À 16 h 13, heure avancée de l'Est, l'équipage a amorcé la course au décollage qui s'est déroulée normalement jusqu'au cabrage. À ce moment, un boum a retenti et l'avion s'est mis à vibrer. L'alarme principale s'est fait entendre, mais le contrôleur électronique des systèmes de l'avion n'a affiché aucun message. À 1 500 pieds au-dessus du sol, le contrôleur électronique des systèmes de l'avion a commencé à indiquer de nombreux problèmes liés au réacteur gauche (International Aero Engine V2500). L'équipage de conduite a déclaré une situation d'urgence et il est aussitôt rentré à Toronto pour un atterrissage en surcharge sur la piste d'où il venait de décoller. Pendant la course à l'atterrissage, le commandant de bord a dû faire des manoeuvres pour éviter des débris qui jonchaient la piste, lesquels ont plus tard été identifiés comme étant des morceaux de carter de soufflante du réacteur gauche. Après une inspection effectuée par l'équipe des services d'intervention d'urgence, l'avion est retourné à la porte d'embarquement où le débarquement des passagers s'est déroulé normalement. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Déroulement du vol

Dans la soirée du 12 septembre 2000, l'équipe de maintenance 3 de Skyservice s'est présentée aux installations de maintenance de Skyservice, qui se trouvent à environ 10 minutes de l'aéroport, pour le quart de nuit de 19 h à 7 h, heure avancée de l'Est (HAE)¹. L'équipe de maintenance était composée d'un chef d'équipe (CE) intérimaire (CE1)², de trois techniciens d'entretien d'aéronefs (TEA1, TEA2, TEA3) et d'un TEA en sous-traitance. Tous étaient titulaires de qualifications valides.

C'est le coordonnateur du contrôle de la maintenance et des opérations (CMO) qui a donné à l'équipe de maintenance la charge de travail pour la nuit. Celle-ci comprenait l'arrivée et la remise en oeuvre d'un avion A330 de Skyservice et quelques petites inspections ainsi que des remplacements de pièces sur l'A320 immatriculé C-GTDC. Le travail à accomplir sur le C-GTDC comprenait le remplacement de la roue droite du train d'atterrissage avant, d'une antenne de radiogoniomètre automatique (ADF) se trouvant sur le dessus du fuselage et d'une conduite de récupération d'huile sur le réacteur gauche.

Le C-GTDC était stationné à l'installation centrale de dégivrage de l'aéroport Pearson et ne devait pas voler avant 16 h le lendemain. En raison du manque d'espace à l'aéroport, les transporteurs utilisent fréquemment cet endroit pour stationner leurs avions et pour y effectuer de la maintenance générale lorsqu'il n'est pas utilisé pour des opérations de dégivrage.

L'équipe de maintenance 3 est arrivée à l'installation centrale de dégivrage et a ouvert les carters de soufflante du moteur gauche afin d'évaluer le travail à faire pour remplacer la conduite de récupération d'huile. Se rendant compte de la complexité de la tâche à accomplir et du risque de contamination par l'huile de l'aire de trafic de l'installation centrale de dégivrage, le CE1 est entré en contact avec le coordonnateur CMO et lui a demandé l'autorisation de faire rentrer l'avion dans le hangar de l'exploitant Skiservice à l'aéroport. Le coordonnateur CMO a informé le CE1 qu'il n'y avait pas assez d'espace dans ce hangar, mais qu'il pouvait cependant déplacer l'avion jusqu'à l'aire de trafic située en face du hangar de l'exploitant. Avant de remorquer l'avion, la roue droite du train d'atterrissage avant a été remplacée et les carters de soufflante ont été fermés.

Le TEA1 a amorcé le remplacement de la conduite de récupération d'huile sur l'aire de trafic de l' alors que le reste de l'équipe s'occupait de la remise en service de l'A330. À minuit, on s'est rendu compte que des outils et des matériaux supplémentaires seraient nécessaires. Puisque les installations de maintenance se trouvent à 10 minutes de l'aéroport, l'équipe a décidé de faire une pause pour se restaurer. Après le repas, l'équipe 3 est retournée sur l'aire de trafic de l'exploitant où le CE1, le TEA1 et le TEA2 ont poursuivi le remplacement de la conduite de récupération d'huile qu'ils ont terminé à 4 h 30. Afin de s'assurer que le travail était bien

¹ Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné moins quatre heures), sauf indication contraire.

² Voir l'Annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

terminé, le TEA1 a effectué une inspection des environs de la conduite de récupération d'huile et a remarqué qu'il manquait plusieurs colliers de serrage.

On a vérifié si le véhicule de maintenance, qui contient une quantité limitée des pièces les plus couramment utilisées, contenait les pièces nécessaires, mais les pièces dont on avait besoin n'y étaient pas. On a abordé la question avec le coordonnateur CMO, et l'on a décidé de remplir une nouvelle carte de travail et de laisser le quart de jour terminer l'installation des colliers. De 5 h à 5 h 30, on a effectué un point fixe au sol du réacteur gauche avec les carters de soufflante ouverts afin de vérifier s'il y avait des fuites, puis on a fait le plein d'huile. Un chiffon a ensuite été placé sous la conduite d'évacuation afin de recueillir les gouttes d'huile résiduelles. Le TEA1 et le TEA2 ont alors commencé à fermer et à verrouiller les carters de soufflante, mais ont reçu la consigne du CE1 de ne pas procéder au verrouillage. Puisque la fin du quart approchait, l'équipe 3 a nettoyé l'aire de travail puis elle est retournée aux installations de maintenance.

À 6 h, il y a eu un changement de quart du coordonnateur CMO. Le coordonnateur CMO du quart de nuit a présenté un exposé verbal au coordonnateur CMO du quart de jour et lui a signalé les inscriptions qui avaient été effectuées dans le livre de relève du coordonnateur CMO. L'exploitant fournit un livre de « relève » qui doit être rempli tout au long du quart de travail. Le livre de relève décrit en détail le travail accompli ainsi que le travail qui reste à faire; cette façon de faire a pour but de faciliter la continuité de la maintenance entre les quarts. La tenue d'un exposé de relève verbal entre les équipes, bien que les politiques ne l'exigent pas, aide à clarifier le travail à accomplir, et il s'agit de la méthode privilégiée par les équipes au moment de la relève. Les inscriptions montraient qu'une conduite de récupération d'huile avait été remplacée, que le point fixe et les vérifications concernant les fuites avaient été effectués et que l'avion était prêt.

Aux installations de maintenance, le CE1 a signé la carte de travail et le carnet de route de l'avion afin de certifier que le remplacement de la conduite de récupération d'huile était terminé. Cependant, aucune nouvelle carte de travail n'a été remplie en rapport avec les colliers de serrage manquants, et aucune des inscriptions requises n'a été faite dans le livre de relève. Au même moment, dans le bureau du coordonnateur CMO, le TEA1 présentait un exposé verbal de relève au chef (CE2) de l'équipe de maintenance 4. L'exposé verbal de relève a fait état du remplacement de la conduite de récupération d'huile, de la nécessité d'installer des colliers de serrage et de la présence d'un chiffon sous le réacteur. Il n'a pas été question des verrous des carters de soufflante qui étaient déverrouillés. Le coordonnateur CMO du quart de jour a interrompu l'exposé pour signaler qu'on avait déjà noté qu'il manquait des colliers de serrage lors d'une inspection antérieure et que le magasin avait fait savoir que les pièces avaient été commandées mais n'étaient pas arrivées. Après avoir terminé cette tâche, le TEA1 est rentré chez lui. Avant de faire de même, le CE1 s'est assuré auprès du CE2 que l'exposé donné par le TEA1 avait été bien compris.

L'équipe du quart de jour (de 7 h à 19 h) comprend de 1 à 3 TEA, selon le jour, le mois et l'horaire des vols. Le matin du 13 septembre, le CE2 était le seul membre de l'équipe de maintenance 4 qui devait se rendre au travail à 7 h. Un des TEA (le TEA4) s'est présenté au travail à 9 h. Le CE2, sachant que les colliers de serrage étaient manquants et qu'ils n'étaient pas en stock, a décidé de concentrer ses efforts à la recherche d'équipement qui lui permettrait d'accéder en toute sécurité au-dessus du fuselage afin de remplacer l'antenne de l'ADF. Après avoir trouvé l'équipement approprié, le CE2 et le TEA4 ont tenté de remplacer l'antenne de

l'ADF, mais ils n'y sont pas parvenus en raison d'une vis endommagée sur la nouvelle antenne.

C-GTDC devait être remorqué jusqu'à la porte d'embarquement à midi en vue de son départ à 16 h. Au cours de la préparation au remorquage, CE2 et TEA4 ont tous deux effectué une vérification extérieure. Une telle vérification est effectuée avant tout mouvement planifié d'un avion. La vérification comprend une inspection visuelle et physique de l'avion à la recherche de dommages apparents, de panneaux ouverts et d'obstacles qui pourraient nuire au fonctionnement ou aux mouvements de l'avion en toute sécurité. Au cours de la vérification extérieure, le CE2 a ramassé le chiffon sous le conduit d'évacuation du réacteur gauche et un morceau de carton qui se trouvait dans l'échappement du réacteur droit.

Au cours du remorquage, alors que l'avion se trouvait à environ 100 pieds de la porte d'embarquement, la barre de remorquage s'est rompue, et l'avion a dû rouler jusqu'à la porte d'embarquement à l'aide du réacteur droit. Arrivé à la porte, le CE2 s'est assuré que le train d'atterrissage avant n'avait pas été endommagé, puis, ne trouvant rien, il est allé manger. Après le repas, le CE2 et le TEA4 sont retournés à l'avion, et chacun d'eux a effectué une vérification extérieure qui s'est avérée négative dans les deux cas. Le TEA4 a attesté l'inspection de maintenance journalière qui comprend l'élément 24 b) qui stipule qu'on doit « effectuer, à partir du sol, une inspection visuelle générale des réacteurs, des fuseaux réacteurs et des pylônes », et il a remis les carnets dans le poste de pilotage.

À 15 h, l'équipage de conduite est arrivé, il a reçu un exposé verbal du TEA4 et a commencé l'inspection avant le vol. Le commandant de bord a vérifié le carnet de route de l'avion et a remarqué qu'aucun équipement de la liste minimale d'équipement ne manquait, qu'il n'y avait aucun point d'entretien différé, et que l'inspection de maintenance journalière avait été effectuée. Conformément aux procédures d'utilisation normalisées, le pilote qui n'est pas aux commandes, le premier officier dans le cas présent, a effectué la vérification extérieure avant le vol et n'a trouvé aucune anomalie.

Le CE2 et le TEA4 ont observé le démarrage des deux réacteurs et le refoulement de l'avion à partir de la porte d'embarquement. Au cours du refoulement, on a fait pivoter l'avion vers la droite, et ni le CE2 ni le TEA4 n'ont observé d'anomalie. L'avion a roulé jusqu'à la piste 23 et a commencé la course au décollage. Au cabrage, un boum a retenti, et l'avion s'est mis à vibrer. Une alarme du contrôleur électronique des systèmes de l'avion (ECAM) s'est fait entendre, mais l'écran de l'ECAM n'a affiché aucun message jusqu'à 1 500 pieds au-dessus du sol (agl). L'ECAM, à l'aide d'une série de capteurs et d'ordinateurs, surveille l'état des réacteurs et des systèmes de l'avion. L'information est transmise à l'équipage de conduite par l'entremise d'un écran multifonction dans le poste de pilotage. De plus, l'ECAM dicte à l'équipage de conduite les mesures à prendre en cas de défaillance d'un système. Airbus élimine une foule de messages non critiques provenant de l'ECAM lorsque ceux-ci surviennent à plus de 80 noeuds et à moins de 1 500 pieds agl; de cette manière, l'équipage de conduite est en mesure de concentrer ses efforts sur le pilotage au cours des phases critiques que sont le décollage et l'atterrissage.

Après que l'avion eut franchi 1 500 pieds agl, l'ECAM a affiché les messages suivants :

Heure	Système	Défaillance
16 h 13	ENGINE 1	EIU FAULT
16 h 13	ENGINE 1	FADEC A FAULT
16 h 13	AUTO FLIGHT	AUTO THROTTLE OFF
16 h 13	ENGINE 1	REVERSER FAULT
16 h 13	ELECTRICAL	GENERATOR 1 FAULT
16 h 13	ENGINE 1	EIU
16 h 13	ENGINE 1	REVERSER UNLOCKED
16 h 15	ENGINE 1	BEARING 4 OIL SYSTEM
16 h 25	ENGINE 1	REVERSER UNLOCKED
16 h 25	ENGINE 1	EIU FAULT (2)
16 h 25	ENGINE 1	FUEL VALVE FAULT
16 h 25	ENGINE 1	REVERSER FAULT

Le commandant de bord a piloté l'avion sans pilote automatique ni directeur de vol, et avec le réacteur gauche réglé au ralenti par l'ECAM. Le premier officier a transmis un message d'urgence au contrôle de la circulation aérienne (ATC), a demandé un guidage radar jusqu'à la piste 23, a pris toutes les mesures dictées par l'ECAM et a complété les listes de vérifications applicables, dont la liste de vérifications pour atterrissage en surcharge. Le commandant de bord a ensuite fait une brève annonce aux passagers les informant que l'avion devait retourner à Toronto. Le premier officier est entré en contact avec les opérations aériennes de Skyservice, les a informé de la situation d'urgence et a demandé qu'une porte d'embarquement leur soit assignée. Un des passagers a informé un agent de bord de la perte du carter de soufflante, information qui a été transmise au personnel dans le poste de pilotage.

L'avion s'est posé alors que sa masse dépassait la masse maximale homologuée à l'atterrissage, laquelle était de 64 500 kg. Au cours de la course à l'atterrissage, le commandant de bord a fait des manoeuvres pour éviter les débris qui jonchaient la piste, lesquels ont plus tard été identifiés comme étant des morceaux de carter de soufflante du réacteur gauche. On a coupé le réacteur gauche à la fin de la course à l'atterrissage. L'ATC a suggéré que l'avion sorte à l'extrémité de la piste 23 et qu'il attende sur la plate-forme d'attente de la piste 05 afin de permettre aux équipes d'intervention d'urgence d'inspecter l'avion en cas de dangers potentiels qui seraient passés inaperçus. Après que l'équipe d'intervention d'urgence eut terminé l'inspection, laquelle s'est avérée négative, l'avion a été autorisé à partir, et l'ATC a autorisé l'avion à rouler jusqu'à la porte d'embarquement. Au cours de la circulation au sol, l'équipe d'intervention d'urgence qui suivait l'avion a remarqué qu'un peu de fumée s'échappait du réacteur gauche et a suggéré de couper le réacteur droit également. L'équipage de conduite s'est conformé à la suggestion, et de là, l'avion a été remorqué jusqu'à la porte d'embarquement.

Dommmages à l'aéronef

L'avion a été lourdement endommagé en raison de la perte des carters de soufflante du réacteur gauche au cours du décollage. Les carters de soufflante extérieurs se sont détachés juste sous les points de fixation et ils ont subi des dommages légers au bord inférieur arrière lors de l'impact. Les quatre raccords à oeil ajustables n'ont subi aucun dommage. Les carters intérieurs se sont détachés juste au-dessous des points de fixation et se sont cassés en plusieurs gros morceaux.

Les deux verrous avant des carters ont subi des dommages mineurs causés par l'impact, mais ils étaient toujours utilisables. Les deux verrous arrière n'ont pas été endommagés. Le pylône du réacteur a subi des dommages au point de fixation du carter de soufflante qui se sont traduits par le gauchissement de la structure cantilever et de la zone du prérefroidisseur du pylône. On a découvert que des broches de connecteurs électriques du faisceau de fils de la commande électronique du réacteur gauche avaient été délogées des fiches Cannon. De plus, le mécanisme qui verrouille la fiche Cannon dans la commande électronique du réacteur a été endommagé. Les becs de bord d'attaque 1, 2 et 3, ainsi que le rail de bec 7 (le rail intérieur du bec 3), ont été endommagés lors de l'impact avec les carters de soufflante.

Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Âge	41 ans	43 ans
Licence	Pilote de ligne	Pilote de ligne
Date d'expiration du certificat de validation	Février 2001	Mars 2001
Heures de vol totales	9 137	7 000
Heures de vol sur type	2 637	2 000
Heures de vol dans les 90 derniers jours	204	95
Heures de vol sur type dans les 90 derniers jours	204	16
Heures de service avant l'accident	2	2
Heures libres avant la prise de service	86	528

Les membres de l'équipage de conduite possédaient les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Tous les membres du personnel de maintenance possédaient les licences et les qualifications nécessaires, conformément à la réglementation en vigueur. Rien n'indique qu'une incapacité ou des facteurs physiologiques aient perturbé les capacités des membres de l'équipage de conduite.

Renseignements sur l'avion

Constructeur	Airbus
Type et modèle	A320-232
Année de construction	1994
Numéro de série	496
Certificat de navigabilité	Délivré le 18 janvier 1995
Heures de vol cellule	21157
Réacteurs	2 réacteurs International Aero Engine (IAE) V2527-A5
Masse maximale autorisée au décollage	77 000 kg
Masse maximale autorisée à l'atterrissage	64 500 kg

Carters de soufflante

Le carter de soufflante de chaque réacteur comprend deux portes semi-circulaires installées entre le carter de l'admission du réacteur et le carter fixe arrière. Chaque porte mesure environ 4,7 pieds de largeur sur 10 pieds de hauteur. La construction est de type sandwich composé d'une âme d'aluminium prise entre deux couches extérieures de composite en fibre de carbone. La porte gauche pèse 93 livres et la droite, 103 livres. Le haut des portes est maintenu en place par quatre verrous situés sur la partie avant du pylône du réacteur. Les portes peuvent être maintenues en position ouverte grâce à deux tiges se logeant à l'intérieur de chaque porte. On peut verrouiller les portes grâce à quatre verrous situés au bord inférieur de la porte droite. Chacun de ces verrous comprend un crochet qui s'enclenche dans un raccord à oeil ajustable, qui lui se situe au bord inférieur de la porte gauche. Le crochet se manipule grâce à une attache décentrée dans le verrou actionnée par une poignée pivotante en acier inoxydable, laquelle est maintenue en place grâce à un loquet à ressort. Les procédures décrites dans le manuel de maintenance exigent que, après le réglage des raccords à oeil, la pression requise pour fermer les verrous au moyen des poignées se situe entre 45 et 55 livres-pieds.

Chaque verrou est monté sur un axe d'articulation attaché à la porte droite. Lorsque le verrou est verrouillé, ce dernier affleure le dessous des portes. Lorsque le verrou n'est pas verrouillé, la rotation de cette fixation est limitée par une plaque anti-pivot, également portée par l'axe d'articulation et capable d'effectuer une rotation d'environ 20 degrés.

Les portes ont un dégagement d'environ 27 pouces par rapport au sol, et il est habituel de se coucher sous les portes pour actionner les verrous. Le déplacement des portes en position ouverte (afin de positionner les tiges de support) et l'abaissement de ces mêmes portes pour les fermer (après avoir désengagé les tiges de support) doivent être effectués en position debout. Après l'ouverture des verrous et le désengagement des crochets des raccords à oeil, la façon de faire habituelle consiste à refermer les verrous afin d'éviter que les crochets ne se trouvent en saillie et que ceux-ci ne s'alignent pas bien lorsque viendra le temps de fermer les portes; cette pratique n'est pas décrite dans la section du manuel de maintenance de l'avion qui traite du

fonctionnement des portes des carters de soufflante.

Pour verrouiller les portes une fois fermées, il faut abaisser les portes en laissant les verrous fermés. Ensuite, chaque verrou est ouvert l'un après l'autre, afin d'engager manuellement chaque crochet à l'aide du raccord à œil respectif. Enfin, la poignée du verrou est fermée jusqu'à l'endechement du loquet. Il n'y a aucune indication dans le poste de pilotage qui permette de savoir qu'une porte de carter de soufflante n'est pas bien verrouillée. Les portes de carter de soufflante, y compris la disposition des verrous, sont les mêmes pour tous les types d'avion Airbus propulsés par des réacteurs V2500 (A319, A320, A321) et généralement similaires pour les mêmes types d'avions propulsés par des réacteurs CFM56.

Essais et recherches

Neuf autres cas de perte de carter de soufflante ont été enregistrés dans le monde depuis la mise en service en 1991 de la série d'avions Airbus à couloir simple propulsés par des réacteurs IAE V2500. Quatre de ces incidents se sont produits en l'an 2000; tous au moment du cabrage. Dans chaque cas, les portes de carter du réacteur avaient été ouvertes avant le vol ayant mené à l'incident. Dans l'espoir de diminuer les risques de récurrence, Airbus et International Aero Engine ont apporté les quatre améliorations suivantes :

Verrous peints : modification incorporée en usine à partir de juillet 1999, avions portant les numéros de série constructeur (MSN) 1042 et suivants. Disponible pour les réacteurs V2500-A1/A5 par l'entremise du bulletin de service V2500-NAC-71-0227 publié en mai 1999.

Étiquettes d'avertissement : modification incorporée en usine à partir de mai 1999, avions portant les MSN 1022 et suivants. Disponible pour les réacteurs V2500-A1/A5 par l'entremise du bulletin de service V2500-NAC-71-0235 publié en mars 1999.

Plaques anti-pivot : modification incorporée en usine à partir d'octobre 1999, avions portant les MSN 1098 et suivants. Disponible pour les réacteurs V2500-A1/A5 par l'entremise du bulletin de service V2500-NAC-71-0256 publié en mai 1999.

Dispositif de maintien en position ouverte : modification incorporée en usine à partir de décembre 2000, avions portant les MSN 135 et suivants. Disponible pour les réacteurs V2500-A1/A5 par l'entremise du bulletin de service V2500-NAC-71-0259 publié en octobre 2000.

Le C-GTDC était équipé de verrous peints et d'étiquettes d'avertissement, mais il n'avait pas de plaques anti-pivot modifiées ni de dispositif de maintien en position ouverte.

Analyse

Introduction

Les membres de l'équipage de conduite possédaient les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, et l'équipe de maintenance possédait les qualifications nécessaires pour effectuer les travaux de maintenance. On a déterminé que l'avion était en bon état de marche pour effectuer le vol. Par conséquent, l'analyse portera sur les facteurs humains, les procédures opérationnelles et l'indication de la position du carter de soufflante.

Prise de décision

Normalement, lorsqu'une équipe de maintenance finit de travailler sur un avion, les carters sont fermés et verrouillés conformément à la référence 71-13-00-201 du manuel de maintenance. La décision prise par le CE1 de fermer les carters de soufflante mais de ne pas les verrouiller était une adaptation intentionnelle du point du manuel de maintenance, son raisonnement étant que le travail de l'équipe suivante serait facilité et que les exigences locales en matière de sécurité seraient respectées puisque les carters semblaient fermés. Il n'est pas inhabituel de laisser une tâche en suspens avant un changement d'équipe, et il existe, dans l'industrie, des pratiques normalisées qui permettent d'indiquer clairement qu'une tâche n'est pas terminée. En plus de faire un exposé de relève et de laisser les carters ouverts, il existe également une pratique qui consiste à fixer un drapeau d'avertissement ou une étiquette à la pièce concernée, et souvent à placer une note d'avertissement dans le poste de pilotage. L'équipe de maintenance n'a pas évalué les conséquences liées à la fermeture des carters sans procéder à leur verrouillage, ni au fait de ne pas placer les indicateurs d'avertissement normalisés. Il y avait probablement un certain degré de complaisance aggravé par le fait que les membres de l'équipe avaient travaillé à l'extérieur toute la nuit.

Habituellement, le CE de relève reçoit un exposé du CE relevé. Dans le cas présent, c'est le TEA1 qui a présenté l'exposé au CE2. Au cours de son exposé, il a souligné la nécessité d'installer des colliers de serrage sur la conduite de récupération d'huile et a bien mentionné qu'il fallait retirer le chiffon bien en vue sous le réacteur, mais n'a pas fait mention de la nécessité de verrouiller les carters. Le CE2 savait que les colliers de serrage dont il avait besoin pour la conduite de récupération d'huile n'étaient pas disponibles et, d'après les cartes de travail signées et les inscriptions faites dans le carnet de route, il a cru que le moteur était prêt. Lorsque le CE1 a demandé au CE2 s'il avait compris la nature des tâches qu'il restait à accomplir, il n'a pas passé en revue chaque point et n'a répété ce à quoi il référait, pas plus que ne l'a fait le CE2 lorsqu'il a confirmé avoir bien compris l'exposé. Cet échange plus ou moins clair aurait pu suffire si le livre de relève avait été utilisé, mais à la seule lumière d'un transfert verbal de renseignements, l'échange était insuffisant.

Cinq vérifications extérieures ont été effectuées par trois personnes qualifiées avant que l'avion ne décolle, mais aucune n'a remarqué les carters déverrouillés. On peut également inclure le CE2 qui a ramassé le chiffon sous le réacteur gauche. Tout le personnel lié à l'avion avant son départ était au courant qu'il fallait vérifier les verrous. Le personnel était aussi au courant de la présence des étiquettes d'avertissement qui ordonnait ce genre de vérification; cependant, personne n'a pu dire où se trouvaient les étiquettes ni leur nombre.

Procédures opérationnelles

Les procédures exigent qu'une tâche soit certifiée sur la carte de travail après l'achèvement de cette tâche. Dans le cas présent, la majorité du travail était terminée, sauf une tâche relativement mineure qui consistait à installer des colliers de serrage afin d'éviter qu'il y ait à nouveau des dommages. Ce n'est pas faire preuve de professionnalisme que de terminer une tâche complexe et de la faire certifier par un autre technicien puisque cette situation va donner lieu à une longue inspection de la part du technicien qui n'a pas participé au travail en question. Aussi, ce n'est pas faire preuve de professionnalisme que de certifier une tâche pour laquelle il reste du travail à accomplir par un autre technicien, et ce, même si le travail à accomplir peut sembler insignifiant, comme, dans le cas présent, l'installation des colliers de serrage. Afin d'éviter ces situations, la méthode privilégiée pour le transfert du travail à accomplir est la suivante :

- a) inscrire le travail à accomplir dans le carnet de bord,
- b) générer une nouvelle carte de travail pour le travail qui reste à accomplir, et
- c) inscrire dans le livre de relève tous les détails concernant le travail à accomplir.

Dans le cas présent, le travail a été certifié comme étant terminé, et ce, malgré le fait qu'il ne l'était pas. L'inscription suivante a ensuite été faite sur la carte de travail : [TRADUCTION] « conduite remplacée, vérification d'absence de fuite, bon état de marche ». La même inscription a été faite dans le carnet de bord. Ces inscriptions ont laissé croire au CE2 ainsi qu'au commandant de bord que le réacteur était prêt. Au moment de l'accident, il n'existait aucune procédure exigeant l'inscription du verrouillage et du déverrouillage des verrous des portes des carters de soufflante ni la confirmation des faits par une inspection distincte.

Indication de la position des carters de soufflante

Les carters de soufflante possèdent quatre verrous qui se ferment sous le réacteur. Les portes des carters de soufflante sont lourdes et conçues de manière à ce que, lorsqu'elles pendent sans support, elles se joignent bord à bord, donnant l'impression qu'elles sont verrouillées même si elles ne le sont pas. Normalement, les verrous peuvent se trouver dans les trois positions suivantes (voir Annexe A) :

- a) verrous complètement verrouillés et ne dépassant pas sous les carters;
- b) verrous fermés, mais non verrouillés. Dans ce cas, les verrous dépassent d'environ un pouce sous les carters. Il s'agit de la position normale des verrous après l'ouverture des carters par le personnel de maintenance, et ce, jusqu'à ce que les verrous soient verrouillés de nouveau;
- c) verrous complètement ouverts et déverrouillés. Il s'agit d'une situation temporaire qui survient après le déverrouillage des carters. Selon les normes de l'industrie, les verrous sont immédiatement fermés puisque ne pas le faire présente un danger de blessures pour les techniciens d'entretien. Un verrou complètement ouvert dépasse d'environ quatre pouces sous les carters.

En raison de la circonférence des réacteurs et de leur proximité avec le sol, une personne doit, pour effectuer une inspection visuelle adéquate des verrous, se mettre à quatre pattes sous le fuseau réacteur et lever les yeux. Les verrous ne sont pas visibles pour une personne qui se tient à moins de 10 pieds du réacteur et ils sont difficiles à voir de loin en raison de leur taille relativement petite et de leur forme discrète.

La modification publiée par le motoriste dictant l'application sur les portes de l'instruction « *Caution Make Sure That The Fan Cowl Doors Are Fully Latched When Closed* » n'a pas été efficace. Le bulletin de service exige que les étiquettes soient installées au bas et de chaque côté des carter de soufflante, ce qui en augmente la visibilité lorsque les portes sont ouvertes et maintenues dans cette position. Cependant, lorsque les carter de soufflante sont fermés, la position basse des étiquettes et la grande circonférence des carter de soufflante diminuent la visibilité des étiquettes, et les chances d'attirer l'attention d'une personne sur les verrous (voir Annexe B) sont plus minces. De plus, aucun membre du personnel lié à l'avion avant son départ n'était en mesure de dire combien il y avait d'étiquettes ni où elles se trouvaient.

La modification disponible visant à empêcher la fermeture complète des portes lorsqu'elles sont abaissées n'avait pas été faite sur l'avion accidenté. Cette modification permet d'avoir un repère visuel quand les verrous sont déverrouillés. Cependant, cette modification, maintenant incorporée aux avions en usine, n'est pas obligatoire et ne constitue qu'une option proposée aux clients pour les avions plus âgés. En outre, le dispositif n'empêcherait pas d'abaisser complètement les portes et de les laisser déverrouillées comme dans le cas présent. Les carter de soufflante étaient en voie d'être verrouillés; par conséquent, le dispositif de blocage aurait déjà été actionné afin de permettre aux portes des carter de soufflante de se fermer pour le verrouillage, rendant ainsi le dispositif de sécurité inefficace. La méprise relative à l'état des portes qui pourrait découler de l'incorporation de la modification sur certains avions et pas sur d'autres pourrait être évitée si la modification était obligatoire pour tous les avions concernés.

Les dommages relevés sur l'avion accidenté ne semblent pas indiquer l'existence d'un danger ayant des conséquences catastrophiques liées à la défaillance, mais cette possibilité ne peut pas être écartée. De plus, il y a eu d'autres cas de perte de carter de soufflante sur des avions A319, A321 et A330, et l'information disponible indique que les portes des carter de soufflante ainsi que les systèmes de verrous de ces avions étaient les mêmes que pour l'A320. Malgré les mesures visant à aider le personnel de maintenance et les équipages de conduite à s'assurer que les portes sont verrouillées et pour améliorer la visibilité des verrous déverrouillés, il est peu probable que ces mesures soient vraiment efficaces. L'avion accidenté n'était équipé d'aucun indicateur (mécanique ou dans le poste de pilotage) pouvant indiquer que les carter étaient déverrouillés. De tels dispositifs sont présents sur de nombreux autres panneaux d'accès sur ce type d'avion et sur d'autres types d'avion de la même classe.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les carters de soufflante du réacteur gauche étaient fermés, mais n'avaient pas été verrouillés. Résultat, l'avion a décollé avec les carters de soufflante déverrouillés et a été endommagé.
2. Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) et les méthodes de maintenance n'ont pas été respectées, ce qui a amené le chef d'équipe (CE) 2 et le commandant de bord à croire que le réacteur était prêt.
3. L'exposé de relève verbal fait lors du changement de quart était insuffisant. Résultat, le CE2 n'a pas été informé correctement du fait qu'au cours du quart suivant il fallait terminer la pose des colliers de serrage et verrouiller les carters de soufflante.
4. Au cours de vérifications extérieures effectuées séparément, le CE2, le technicien d'entretien (TEA) 4 et le premier officier n'ont pas remarqué que les verrous des carters de soufflante n'étaient pas verrouillés.
5. La position des étiquettes d'avertissement des carters de soufflante est inadéquate en ce sens que les étiquettes ne sont pas facilement visibles quand les carters de soufflante sont fermés et déverrouillés.

Faits établis quant aux risques

1. La modification disponible qui fait que la fermeture complète des portes est impossible quand les portes sont abaissées n'avait pas été faite sur l'avion accidenté. Cette modification permet d'avoir un repère visuel quand les verrous sont déverrouillés.
2. L'indication de la position des carters de soufflante est inadéquate en ce sens que les verrous sont relativement petits et difficiles à voir. L'avion accidenté n'était équipé d'aucun dispositif mécanique ni d'indicateur dans le poste de pilotage pouvant indiquer à l'équipage de conduite ou au personnel au sol que les carters étaient déverrouillés et ainsi prévenir des dommages à l'aéronef.

Mesures de sécurité

Mesures prises par l'exploitant

Après l'accident, l'exploitant a apporté les modifications suivantes à ses procédures d'utilisation normalisées :

1. La relève liée aux travaux physiques s'effectue sur place et non dans le bureau.
2. Le livre de relève est toujours utilisé et apporté sur le lieu de travail afin de s'assurer que l'information est exacte et complète.

3. Une copie du livre de relève de maintenance est remise au coordonnateur du contrôle de la maintenance et des opérations (CMO) à la fin de chaque quart.
4. Les carters de soufflante sont fermés et verrouillés ou maintenus en position ouverte.
5. Le verrouillage des carters est un point d'inspection obligatoire.
6. Le personnel de maintenance et le personnel des opérations de vol ont reçu l'instruction de faire une vérification au toucher des verrous des carters de soufflante.
7. En cas de recours à des méthodes autres que celles qui sont normalisées, le coordonnateur CMO doit être prévenu immédiatement.
8. Les feuilles de vérifications journalières ont été modifiées dans le but de faciliter les vérifications à l'arrivée et avant le décollage.
9. Le marquage et la mise en évidence des travaux incomplets ou en cours est maintenant une procédure d'utilisation normalisée.
10. Le bulletin de service V2500-NAC-71-0256, Modifications des verrous, a été incorporé.
11. Le bulletin de service V2500-NAC-71-0259, Dispositif de blocage automatique de carter ouvert, a été incorporé.

Mesures prises par Transports Canada

À la suite de l'accident, Transports Canada a publié l'Alerte aux difficultés en service AL-2000-06. L'alerte s'adressait à tous les exploitants d'avions gros porteurs au Canada. Les constatations et les recommandations ne sont pas uniquement basées sur les avions Airbus propulsés par les réacteurs IAE V2500. L'alerte stipulait ceci :

L'enquête de Transports Canada et du Bureau de la sécurité des transports du Canada présentement en cours sur la perte récente d'un capot de soufflante du moteur d'un avion Airbus exploité au Canada a mis en lumière plusieurs constatations susceptibles de compromettre la sécurité de fonctionnement de ces avions ainsi que d'autres avions de transport à réaction gros porteurs :

1. La perte de capots de soufflante en vol représente un important danger pour la sécurité de l'avion et de ses occupants.
2. L'omission de suivre les instructions du constructeur concernant le fonctionnement des verrous de capot peut entraîner l'ouverture de la poignée de verrouillage en vol.
3. Un bon nombre des événements récents sont survenus à la suite de travaux d'entretien au cours desquels on avait ouvert le capot, ce qui laisse croire que certaines personnes ayant travaillé sur ces ensembles ne suivent peut-être pas les

instructions de fonctionnement du constructeur.

4. Lors de plusieurs essais de fermeture, la poignée du verrou a terminé sa course avant l'engagement complet de la détente/loquet de sécurité, ce qui compromettait l'efficacité du verrou. Il peut être difficile en situation opérationnelle de remarquer le léger déport de la détente/loquet de sécurité.
5. En situation opérationnelle, on entend difficilement le bruit de « clic » audible lorsque la détente/mécanisme de sécurité s'engage. Les publications d'Airbus ne mentionnent pas de procédure pratique pour déterminer si la poignée est bien fermée.
6. Sur 80 % des verrous d'Airbus inspectés, on a constaté que la tension de verrouillage était inférieure à la tension minimale recommandée par le constructeur.
7. Dans plusieurs ensembles de verrou inspectés, les ressorts de retenue étaient brisés ou manquants.
8. Dans certains cas, les goupilles de verrouillage de poignée étaient brisées et ce bris semblait avoir été causé par un mauvais montage.
9. Compte tenu de leur position sur la partie inférieure du capot, il peut être difficile de remarquer qu'une détente ou qu'une poignée de verrouillage de capot n'est pas correctement fermée.

À la suite de ces constatations, Transports Canada recommande fortement que :

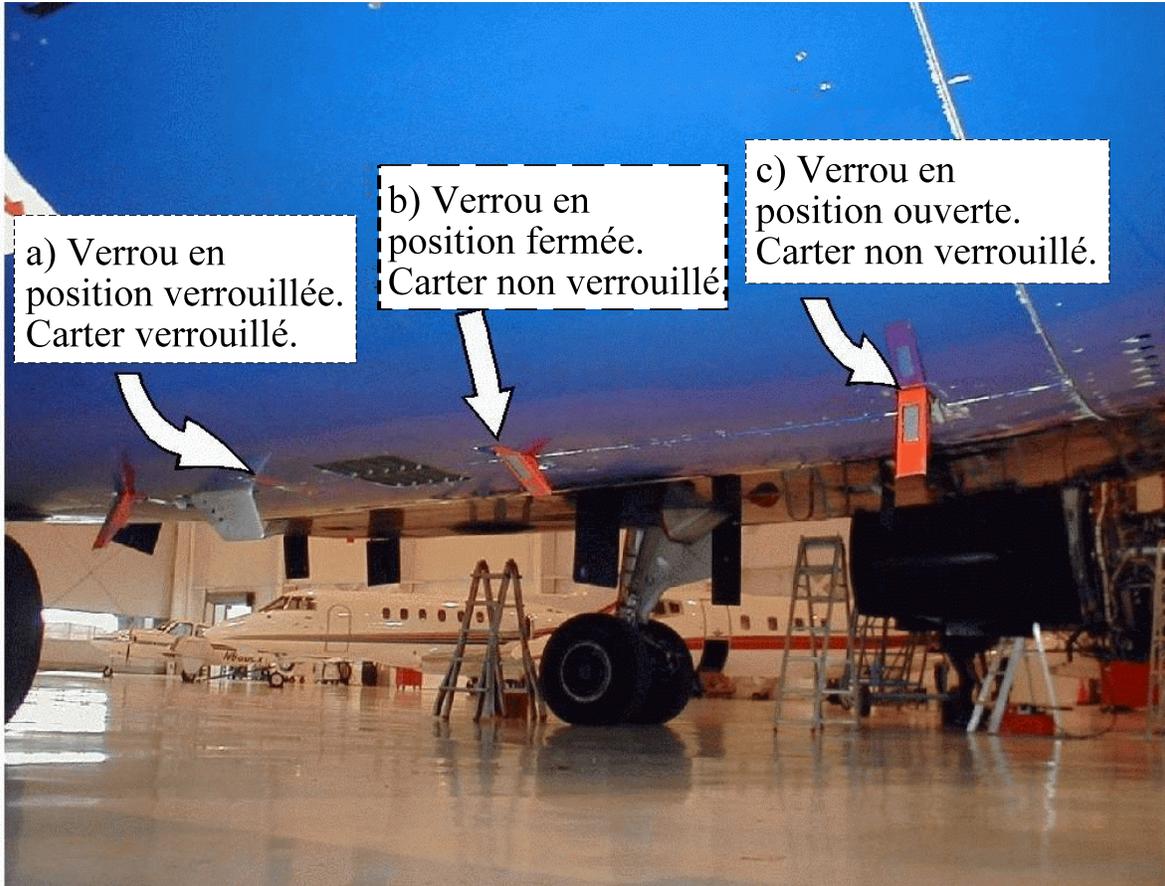
1. Les exploitants d'avions de transport à réaction gros porteurs s'assurent que le personnel autorisé à utiliser les verrous de capot ait lu et compris les instructions stipulées dans les publications pertinentes du constructeur et qu'il ait reçu une formation adéquate sur le fonctionnement des dispositifs de fermeture de capots.
2. On procède à une inspection visuelle de toutes les parties facilement visibles des verrous de capot pendant chaque manipulation et qu'on corrige toute anomalie avant le vol.
3. Les exploitants d'avion dont les verrous de capot ne sont pas facilement visibles étudient la possibilité de peindre les poignées d'une couleur contrastante afin de faciliter la détection des poignées mal fermées.
4. Les exploitants et les techniciens d'entretien des gros avions de la catégorie transport aient à leur disposition une procédure pour s'assurer de la sécurité des capots moteur avant le vol.
5. Le personnel chargé de l'entretien de ces verrous, dispose de tous les documents nécessaires pour effectuer un bon montage, ex. le manuel d'entretien de l'avion, etc.

Mesures prises par la Direction Générale de l'Aviation Civile française

La Direction Générale de l'Aviation Civile de la France a publié la Consigne de navigabilité 2000-444-156(B). La modification des plaques anti-pivot, IAE V2500-NAC-71-0256, est désormais obligatoire.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 25 septembre 2001.

Annexe A - Position des verrous



Annexe B - Étiquette d'avertissement



Annexe C - Liste des documents pertinents

Les bulletins de service suivants ont été publiés par International Aero Engines :

V2500-NAC-71-0235 - Nacelle - Powerplant - Fan Cowl Doors - Application of Caution Markings (*Fuseau - Réacteur - Portes des carter de soufflante - Pose des étiquettes d'avertissement*);

V2500-NAC-71-0227 - Nacelle - Powerplant - Fan Cowl Door Latch Handles - Application of Fluorescent Paint (*Fuseau - Réacteur - Poignées des verrous des portes des carter de soufflante - Application de peinture fluorescente*);

V2500-NAC-71-0256 - Nacelle - Powerplant - Right Hand Fan Cowl Door - Modification to Latch Assembly (*Fuseau - Réacteur - Porte droite des carter de soufflante - Modification au dispositif de verrou*);

V2500-NAC-71-0259 - Nacelle - Powerplant - Air Inlet Cowl - Installation of a Hold Open Device (*Fuseau - Réacteur - Carter d'entrée d'air - installation d'un dispositif de maintien en position ouverte*).

Annexe D - Sigles et abréviations

ADF	radiogoniomètre automatique
agl	au-dessus du sol
ATC	contrôle de la circulation aérienne
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CE	chef d'équipe
CMO	contrôle de la maintenance et des opérations
ECAM	contrôleur électronique des systèmes de l'avion
EIU	interfaces réacteur
FADEC	régulation automatique à pleine autorité redondante
h	heure
HAE	heure avancée de l'Est
IAE	International Aero Engine
kg	kilogramme(s)
MSN	numéro de série constructeur
TEA	technicien d'entretien d'aéronefs