

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A02P0169



PERTE D'ENTRAÎNEMENT DU ROTOR PRINCIPAL

DU SIKORSKY S-61L (HÉLICOPTÈRE) N346AA
EXPLOITÉ PAR CROMAN CORPORATION
À WENDLE CREEK (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 8 AOÛT 2002

Canada

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

Rapport d'accident aéronautique

Perte d'entraînement du rotor principal

du Sikorsky S-61L (hélicoptère) N346AA
exploité par Croman Corporation
à Wendle Creek (Colombie-Britannique)
le 8 août 2002

Rapport numéro A02P0169

Sommaire

L'hélicoptère Sikorsky S-61L, immatriculé N346AA et portant le numéro de série 61425, commence à soulever une charge de billes de bois lorsque le bruit du moteur s'arrête. Au moment où l'hélicoptère commence à descendre, la charge à l'élingue est larguée, et le rotor principal commence à ralentir. L'hélicoptère descend d'environ 700 pieds, et le rotor principal continue de ralentir jusqu'à ce que l'appareil percute des arbres et le sol. Le personnel de la compagnie arrive sur le lieu de l'accident en 15 minutes et éteint un petit incendie qui s'est déclaré dans l'épave. L'hélicoptère est détruit par l'impact, et les deux pilotes subissent des blessures mortelles.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

L'hélicoptère effectuait de l'hélicodébardage à Wendle Creek, situé à 42 milles marins (nm) au sud-est de Prince George (Colombie-Britannique). Croman Corporation, une compagnie américaine oeuvrant au Canada, exploitait l'hélicoptère en plus d'en être le propriétaire. L'hélicoptère était piloté par un équipage composé de deux pilotes canadiens. Le pilote aux commandes était assis dans le siège gauche. L'équipage avait commencé à voler vers 6 h 10, heure avancée du Pacifique¹, le jour de l'accident, et à 10 h 20, soit lorsque l'accident s'est produit, il avait effectué environ une heure du troisième cycle² de la journée. Des conditions météorologiques de vol à vue prévalaient à ce moment-là. La visibilité était illimitée et les vents étaient légers. L'hélicoptère utilisait une élingue de 200 pieds de longueur et ramassait une charge de billes de bois à partir d'une zone située à 4 200 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), en amont d'un peuplement forestier sur pied et au bord de la zone de coupe. Après l'arrêt du bruit du moteur, on a pu observer pendant trois secondes de la fumée blanche sortir des alentours de l'échappement des moteurs, puis le rotor principal a commencé à ralentir au moment où l'hélicoptère en descente longeait le versant de la montagne, passait par-dessus le peuplement forestier sur pied et se dirigeait vers l'aire de débardage des billes de bois. Le rotor a continué à ralentir, et plusieurs secondes plus tard, l'appareil a percuté des arbres, puis le sol dans l'aire de débardage située à 3 700 pieds asl. Malgré le fait qu'un incendie ait endommagé légèrement les moteurs et la zone des moteurs, il a été déterminé que cet incendie s'était déclaré après l'impact. Aucun des extincteurs des moteurs n'a été déchargé.

Les deux pilotes possédaient les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol en question. Un examen des dossiers a révélé que les heures de vol et de service de l'équipage étaient conformes à la réglementation en vigueur, et on a rien remarqué d'anormal dans les activités du pilote avant l'accident. Le pilote aux commandes était titulaire d'un certificat médical de classe 1 en état de validité qui comprenait une restriction exigeant le port de verres correcteurs. Le pilote aux commandes portait des lunettes le jour de l'accident. L'enquête n'a pas permis d'établir avec certitude si les pilotes portaient leur harnais. La violence de l'accident laisse néanmoins croire qu'il n'était pas possible de survivre à l'accident.

De par leur conception, les deux jauges de carburant conservent leur dernière position lorsque l'électricité est coupée. Un examen sur place a révélé que la jauge de carburant du réservoir avant indiquait 450 livres, et la jauge du réservoir arrière, 425 livres. Il y avait donc l'équivalent d'environ 104 gallons impériaux de carburant à bord au moment de l'accident. Le réservoir souple arrière est demeuré intact à la suite de l'impact, tandis que le réservoir souple avant a subi une petite déchirure par laquelle du carburant s'échappait lentement. Au total, 82 gallons impériaux ont été récupérés de l'épave. Le manuel de vol indique que le réservoir contient 0,6 gallon impérial (5 livres) de carburant inutilisable. Des échantillons de carburant recueillis du puisard du réservoir de N346AA le matin du jour de l'accident ont été envoyés pour analyse après l'accident. Il s'agissait de carburant Jet A, soit un carburant approuvé pour l'hélicoptère en question. Les échantillons contenaient une quantité négligeable d'eau et de particules de matière.

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins sept heures) sauf indication contraire.

² Un cycle correspond au temps passé en vol entre les arrêts de ravitaillement ce qui, dans le cas présent, représentait environ 80 minutes.

Selon ce qui a été mesuré, la charge de billes de bois attachée à l'élingue au moment de l'accident pesait 8 250 livres. Les calculs de masse et de centrage montrent qu'avec 104 gallons impériaux et deux pilotes à bord, la charge à l'élingue aurait pu être de 9 950 livres sans que la masse brute maximale de l'hélicoptère (22 000 livres) ou la masse maximale au crochet (10 000 livres) ne soient dépassées. Il a été déterminé que la masse et le centrage de l'hélicoptère se trouvaient dans les limites prescrites au moment de l'accident.

Les dommages subis par les pales du rotor principal et du rotor de queue sont typiques d'un impact où la vitesse du rotor est faible ou nulle.

L'hélicoptère était équipé de deux moteurs General Electric CT58-140-1. Le démontage du moteur numéro un (numéro de série 285-074L) et du moteur numéro deux (numéro de série 295-083) effectué après l'accident a révélé que les deux moteurs avaient subi des dommages correspondant à ceux que l'on constate lorsque les moteurs ne fonctionnent pas à l'impact. Même si les moteurs avaient été lourdement endommagés par l'impact et l'incendie qui a suivi, aucune anomalie qui aurait pu causer l'arrêt des moteurs n'a été trouvée. Les moteurs n'étaient pas équipés d'un système de réallumage automatique. Chaque moteur était toutefois équipé d'un régulateur de survitesse conçu pour couper les moteurs en cas de survitesse.

La boîte de transmission principale, réf. S6135-20600-039 et numéro de série A14-A24-64-580, cumulait 1 050 heures de service depuis la dernière révision. Le nombre d'heures recommandé entre les révisions pour une boîte de transmission principale utilisée pour des opérations répétitives de levage externe, comme de l'hélicoptère, est de 1 100 heures. Il est important de noter que 11 mois avant d'être posée dans l'hélicoptère en question, la boîte de transmission principale avait été déposée d'un autre hélicoptère S-61 (N9119S) et avait été réparée à la suite d'une série de glissements des roues libres³.

Une inspection en cours de démontage de la boîte de transmission principale a été effectuée après l'accident à une installation de révision de boîtes de transmission principales approuvée par Sikorsky. L'inspection a révélé que tous les composants, sauf les roues libres, avaient subis une usure normale. Aucune particule n'a été trouvée dans les détecteurs de limailles, et le filtre à huile principal ne contenait aucun débris d'importance, il y avait toutefois de fines particules de bronze dans l'huile. Les dommages subis par la boîte de transmission principale correspondent à ceux que l'on constate lorsque le rotor principal ne tourne pas au moment de l'impact. L'inspection de la boîte de transmission principale a permis d'établir que tous les dommages, sauf ceux qu'avaient subis les roues libres, étaient attribuables à l'impact.

Une roue libre est un dispositif mécanique qui fonctionne comme un embrayage à roue libre et qui permet au moteur de l'hélicoptère d'entraîner le rotor, mais qui empêche le rotor d'entraîner le moteur. À l'origine, les roues libres ont été installées sur les hélicoptères à moteur à pistons et leur rôle consistait à permettre l'exécution d'une autorotation réussie en empêchant la traînée du moteur de ralentir le rotor.

Les roues libres droite et gauche avaient été révisées par l'exploitant le 12 septembre 2001. Celui-ci avait utilisé des arbres à cames, des cages à rouleaux, des rouleaux, des bagues (Oilite), des logements d'engrenages et des paliers de logements d'engrenages neufs. Au moment de

³ Le « glissement » est un terme utilisé pour décrire le débrayage et l'embrayage des rouleaux des roues libres pendant leur fonctionnement.

l'accident, les roues libres cumulaient 532 heures de service, ce qui respecte le temps recommandé entre les révisions qui se situe entre 450 et 550 heures pour les roues libres utilisées au cours d'opérations répétitives de levage externe (ce temps entre révisions avait été recommandé par Sikorsky après avoir constaté une plus grande usure des roues libres dans les cas d'opérations répétitives de levage externe au cours de l'enquête effectuée en 1993 en marge du rapport numéro A93P0051). Après l'accident, les roues libres ont été démontées et inspectées, et plusieurs composants ont fait l'objet d'essais. Les roues libres droite et gauche montraient une usure et des dommages similaires. Même aux endroits où il y avait de l'usure, les dimensions des logements d'engrenages, des arbres à cames et des cages à rouleaux des roues libres n'étaient pas anormales pour des composants qui avaient été en service 532 heures sur un appareil qui effectuait de l'hélicoptère.

Cependant, l'état des surfaces usées de ces composants, et en particulier l'état des rouleaux et des bagues Oilite, n'était pas typique de ce que l'on constate sur les composants des roues libres qui font l'objet d'une révision. Les rouleaux étaient aplatis en de nombreux endroits et étaient salis par du métal en plus d'être contaminés par du bronze. Les rouleaux, qui doivent posséder une dureté à coeur RC se situant entre 60 et 64, ont fait l'objet d'essais de dureté qui ont permis de révéler que, à l'exception des endroits où la surface avait été endommagée, les rouleaux possédaient une dureté se situant de un à deux points sous la dureté prescrite. L'examen métallographique a révélé que, là où la surface a été endommagée, l'attaque chimique n'a pas donné les résultats escomptés; les endroits endommagés sont devenus blancs. La surface se trouvant à côté et au-dessous des zones blanches présentait une surface d'attaque chimique plus foncée. Il y avait une zone de transition entre les zones plus foncées et les zones où on s'attendait à trouver une microstructure de martensite durcie par revenu. Des lectures de microdureté ont été prises et ont permis de découvrir que la dureté des zones blanches était sensiblement plus élevée que la dureté prescrite pour les rouleaux, tandis que la dureté des zones adjacentes plus foncées était sensiblement moindre que la dureté à coeur prescrite. Les observations relatives à la microstructure et à la microdureté sont typiques de la surchauffe locale de la surface au-dessus de la température de formation de la martensite (environ 1 600 degrés Fahrenheit) suivie d'un refroidissement rapide dû au lubrifiant des roues libres, ce qui a entraîné la formation de martensite non durcie par revenu. La zone moins dure adjacente à la martensite non durcie par revenu était de la martensite ayant subi un durcissement excessif par revenu dû à une exposition à des températures se situant au-dessous de la température de formation de la martensite, mais au-dessus de la température de trempe des rouleaux pendant leur fabrication.

Les chemins des rouleaux dans les logements d'engrenages étaient piqués et montraient des signes de débrayages et d'embrayages multiples (dépressions parallèles laissées par les rouleaux). Selon l'expérience de Sikorsky, ce type de dommage ne correspond pas à du glissement (roue libre), dont l'usure semble plus uniforme et ne montre pas de signes de dépressions parallèles ou de piquage.

Des chemins laissés par les rouleaux ont été trouvés sur les méplats des arbres à cames. Ces chemins avaient une profondeur moyenne de 0,00106 pouce, et l'un d'entre eux atteignait même 0,0016 pouce de profondeur. Les méplats avaient aussi une zone où le métal s'était accumulé en forme de vague jusqu'à une hauteur de 0,0019 pouce du côté le plus bas (débrayage) des chemins laissés par les rouleaux. Toute usure mesurée sur un méplat d'arbre à cames au cours d'une révision entraîne le rejet de la pièce.

Les bagues Oilite supportent la cage à rouleaux. La cage maintient l'alignement entre les rouleaux et les méplats de l'arbre à came et le logement d'engrenages. Les bagues des deux roues libres montraient un certain nombre de dommages comme de la déformation, des criques, du broyage et de l'usure. Une quantité importante de très fines particules de matériaux provenant des bagues a été trouvée sur les rouleaux, les cages à rouleaux, les arbres à cames, le logement d'engrenages et dans l'huile se trouvant dans le couvert avant de la boîte de transmission principale, ainsi que dans le puisard d'huile. Une comparaison entre les données de fabrication des bagues Oilite et les données recueillies durant l'inspection des bagues a indiqué que les bagues avaient été fabriquées à l'intérieur des limites prescrites.

Pendant l'inspection des roues libres de N346AA effectuée après l'accident, une autre compagnie d'hélicoptère exploitant un Sikorsky S-61 a signalé un glissement. Les roues libres de ce dernier ont été inspectées, et on a trouvé des dommages similaires à ceux trouvés sur les roues libres de N346AA.

La radiobalise de détresse de N346AA n'était pas installée au moment de l'accident. Elle avait été déposée et entreposée à l'installation d'entretien et de ravitaillement de l'hélicoptère qui se situe à environ un nm de la zone d'hélicoptère et du lieu de l'accident. De l'information anecdotique laisse croire qu'il est courant de déposer les radiobalises de détresse pour les opérations d'hélicoptère et de les poser pour tous les autres vols, puisque ce type d'opération déclenche souvent les radiobalises de détresse. L'hélicoptère en question était exploité en demeurant continuellement à la vue de personnel au sol qui était en mesure de localiser l'épave sans l'aide d'une radiobalise de détresse. Un examen des livrets techniques et des dossiers de maintenance a indiqué qu'à l'exception de la radiobalise de détresse qui n'était pas installée, l'hélicoptère était certifié, équipé, maintenu et exploité conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées.

Analyse

Puisque l'enquête a permis de déterminer que l'hélicoptère se trouvait à l'intérieur des limites de masse et de centrage, qu'il y avait suffisamment de carburant à bord pour effectuer le vol et que les conditions météorologiques n'étaient pas un facteur contributif, la présente analyse portera principalement sur des questions mécaniques.

Au moment de l'accident, les moteurs ne tournaient pas, et la vitesse du rotor était faible ou nulle. L'inspection des moteurs n'a permis de découvrir aucune anomalie qui aurait pu causer l'arrêt des moteurs avant l'impact. Cependant, la fumée blanche sortant de la zone d'échappement des moteurs après l'arrêt du bruit des moteurs laisse croire que, même si les moteurs tournaient encore et qu'ils étaient alimentés en carburant, il n'y avait pas de combustion de carburant. L'explication la plus probable est qu'un des moteurs a subi une survitesse et s'est arrêté.

Une survitesse de moteur peut être provoquée par une foule de facteurs comme une interruption de l'entraînement de la transmission due, par exemple, à une expulsion des roues libres⁴. Les régulateurs de survitesse coupent l'arrivée de carburant au moteur en cas de survitesse, mais ne laissent aucune indication qu'une survitesse s'est produite. Une fois l'arrivée

⁴ Le terme « expulsion » est utilisé pour décrire le débrayage rapide, complet et sous forte pression des rouleaux des roues libres pendant le fonctionnement.

de carburant coupée, le moteur s'éteint, la vitesse de rotation diminue et l'alimentation en carburant reprend. Les moteurs ne sont pas équipés de système de réallumage et, par conséquent, ils ne se sont pas réallumés automatiquement après la reprise de l'alimentation en carburant. On a conclu que les moteurs se sont arrêtés à cause d'une survitesse, probablement induite pendant une expulsion d'une roue libre.

L'inspection de la boîte de transmission principale a révélé que tous les dommages, à l'exception de ceux subis par les roues libres, découlaient de l'impact. Les roues libres droite et gauche ont subi des dommages similaires. L'examen métallographique de la zone entourant les endroits aplatis sur les rouleaux a montré qu'il existait une couche de martensite non trempée en surface. Le glissement et l'expulsion des rouleaux sont les causes les plus probables de ces anomalies métallurgiques. Les rouleaux n'avaient pas été durcis à coeur selon les spécifications pendant leur processus de fabrication. On ne sait pas quel effet cette anomalie peut avoir eu sur la capacité des roues libres de maintenir l'embrayage. La zone de métal accumulé en forme de vague sur les méplats de l'arbre à cames du côté inférieur (débrayage) des chemins des rouleaux indique que les rouleaux ont été forcés en débrayage avec une force extrême et inhabituelle. Les autres dommages subis par les composants des roues libres — le grippage du matériau des rouleaux, les bosses et le piquage dans les chemins des rouleaux dans les logements d'engrenages et le fractionnement des bagues — sont également un signe de dommages causés par un glissement et une expulsion.

Des dommages aux bagues peuvent entraîner une perte de support des cages à rouleaux. Cette situation peut à son tour entraîner la perte de l'alignement des rouleaux, ce qui augmente les risques d'expulsion des rouleaux. Pendant une opération normale, les bagues sont stationnaires et ne subissent aucune charge. Cependant, la présence d'une quantité de fines particules de bronze indique que les bagues étaient sujettes à de petites charges répétitives et à des mouvements, comme ceux qui découleraient d'une vibration. La contamination des chemins des rouleaux par du matériau provenant des bagues Oilite a augmenté les risques d'expulsion des rouleaux.

Il est probable que lorsque la première roue libre a été expulsée, le moteur affecté a subi une survitesse et s'est arrêté. Au moment où l'autre moteur et l'autre roue libre ont absorbé toute la charge du rotor, la roue libre restante a été expulsée à son tour et le moteur qui y était associé a subi une survitesse et s'est arrêté. Les roues libres se sont débrayées l'une après l'autre, mais le temps entre les débrayages était si court que l'on peut considérer que les débrayages se sont produits en même temps. En tenant compte de la perte de vitesse de rotation du rotor, de la hauteur disponible et des manoeuvres qu'il fallait exécuter, il est peu probable que l'hélicoptère ait été mis en autorotation complète.

L'historique des accidents montre que lorsqu'un des moteurs ou une des roues libres d'un Sikorsky S-61 connaît une défaillance, il existe un risque considérable que la seconde roue libre connaisse également une défaillance, ce qui entraînerait une perte de puissance des deux moteurs. Il est raisonnable de conclure qu'un appareil possédant deux composants sujets à une défaillance risque deux fois plus de subir cette défaillance qu'un appareil ne possédant qu'un de ces composants. Les pilotes d'hélicoptère à deux moteurs s'attendent avec raison que, s'il y a une perte de puissance d'un premier moteur, il puisse utiliser le second moteur. Cette attente constitue en partie la base de l'acceptation par le pilote du niveau de risque opérationnel. Au contraire des hélicoptères qui sont la majeure partie du temps exploités en vol de croisière, un

hélicoptère utilisé dans un domaine de vol à risque élevé (comme c'est le cas pour l'hélicébardage) a peu de chance de réussir une autorotation en cas de perte totale de la puissance à la transmission.

Le BST est au courant de plusieurs glissements de roues libres du Sikorsky S-61. De plus, le BST a effectué des enquêtes sur plusieurs accidents de Sikorsky S-61 avant la présente enquête, y compris les enquêtes qui ont donné lieu aux rapports A01P0003, A00P0182 et A93P0051 dans lesquels il est question d'expulsion de roues libres.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les bagues Oilite des roues libres se sont détériorées, causant l'instabilité des rouleaux et la contamination par du bronze des chemins des rouleaux, ce qui a entraîné une réduction de la capacité des roues libres de maintenir l'embrayage.
2. Les deux roues libres ont subi une défaillance en séquence rapide, ce qui a causé la survitesse des moteurs et subséquemment leur arrêt.
3. À la suite de la perte de puissance des moteurs, l'entraînement du rotor principal a été perdu, ce qui a mené au ralentissement du rotor et à la perte de maîtrise de l'hélicoptère.

Faits établis quant aux risques

1. Si un moteur ou une roue libre d'un Sikorsky S-61 subi une défaillance, il existe un risque considérable que la seconde roue libre en subisse une également.
2. Les hélicoptères utilisés pour des opérations à risque élevé, comme l'hélicébardage, sont souvent exploités dans un domaine de vol où l'exécution d'une autorotation réussie est peu probable dans le cas d'une perte totale de la puissance à la transmission.
3. Les rouleaux des roues libres n'avaient pas été durcis à coeur jusqu'à la dureté prescrite durant le processus de fabrication.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

Sikorsky a publié le bulletin de service d'alerte no 61B35-67A, le 11 octobre 2002. En partie, le bulletin de service d'alerte réduit le temps entre les révisions de 500 à 350 heures pour les roues libres utilisées pour des opérations répétitives de levage externe. Le bulletin exige aussi que certains composants des roues libres fassent l'objet de mesures et d'inspections durant le démontage en vue de la révision, et que ces mesures ainsi que les détails relatifs à l'état de ces composants soient envoyés à Sikorsky.

Transports Canada examine présentement le bulletin de service d'alerte no 61B35-67A. Le but de cet examen est de déterminer le raisonnement derrière la réduction du temps entre les révisions des roues libres et l'applicabilité de ce bulletin aux exploitants canadiens de S-61. De plus,

Transports Canada est en train d'examiner les opérations répétitives de levage externe en général afin de déterminer le degré de validité de la certification et des pratiques de maintenance établies.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 5 mai 2003.