



Bureau de la sécurité  
des transports  
du Canada

Transportation  
Safety Board  
of Canada

# RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A15C0146



## **Panne de moteur et collision avec le relief**

Oceanview Helicopters Ltd.

Hughes 369D (hélicoptère), C-FOHE

7 nm au nord de Paynton (Saskatchewan)

22 octobre 2015

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
Place du Centre  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741  
1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst-tsb.gc.ca](mailto:communications@bst-tsb.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par  
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2017

Rapport d'enquête aéronautique A15C0146

No de cat. TU3-5/15-0146F-PDF  
ISBN 978-0-660-07451-1

Le présent rapport se trouve sur le site Web  
du Bureau de la sécurité des transports du Canada  
à l'adresse [www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le 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 aéronautique A15C0146

### **Panne de moteur et collision avec le relief**

Oceanview Helicopters Ltd.

Hughes 369D (hélicoptère), C-FOHE

7 nm au nord de Paynton (Saskatchewan)

22 octobre 2015

### *Résumé*

Le 22 octobre 2015, un Hughes 369D (immatriculé C-FOHE, numéro de série 410942D) exploité par Oceanview Helicopters Ltd. effectuait du travail aérien sur des lignes électriques, avec le pilote et un lignard à bord, près de Paynton (Saskatchewan). À 13 h 42, heure normale du Centre, alors qu'il était en vol stationnaire à environ 325 pieds au-dessus du sol pour installer une balise sphérique, l'hélicoptère a subi une panne de moteur, a soudainement commencé à descendre, et a percuté le relief. Le pilote et le lignard ont été mortellement blessés, et l'hélicoptère a été détruit dans l'incendie après impact. La radiobalise de repérage d'urgence s'est déclenchée au moment de l'impact, mais a été détruite dans l'incendie subséquent.

*This report is also available in English.*



## *Renseignements de base*

### *Déroulement du vol*

Le 22 octobre 2015, vers 8 h 30<sup>1</sup>, le pilote a quitté l'aéroport de North Battleford (CYQW) (Saskatchewan) à bord de l'hélicoptère Hughes 369D (immatriculé C-FOHE, numéro de série 410942D) à destination d'un lieu de travail près de Paynton (Saskatchewan). Après l'atterrissage, le pilote a fait l'exposé sur les mesures de sécurité au lignard et à l'équipe au sol et a discuté du plan opérationnel de la journée. D'après ce plan, le pilote et le lignard devaient installer des balises sphériques sur des lignes électriques qui traversent la rivière Saskatchewan Nord près de Paynton. Après l'exposé, l'équipe a passé le reste de la matinée à installer plusieurs balises sphériques.

L'équipage de l'hélicoptère a fait une pause vers midi pour dîner et refaire le plein, et a repris les travaux d'installation de balises sphériques vers 13 h 30. Un membre de l'équipe au sol a enregistré une vidéo des travaux d'installation de la première balise sphérique après la pause du midi. Cette vidéo montre la chute soudaine de l'hélicoptère qui s'est produite par la suite.

L'on y voit l'hélicoptère en vol stationnaire, face au nord-est, puis l'apparition d'une flamme jaune à l'échappement du moteur, suivie d'une bouffée de fumée noire. L'hélicoptère s'éloigne ensuite des lignes électriques et descend en tournant en sens antihoraire. L'hélicoptère a finalement percuté le relief sur une île dans la rivière. La vidéo ne montre pas l'écrasement au sol. Le pilote et le lignard ont été mortellement blessés, et l'hélicoptère a été détruit dans l'incendie après impact.

### *Renseignements sur l'entreprise*

Oceanview Helicopters Ltd. (Oceanview) est une société de service aérien commercial (travaux aériens et affrètement). Au moment de l'événement à l'étude, l'entreprise exploitait 5 hélicoptères en vertu des sous-parties 702 et 703 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC)<sup>2</sup>. Quoique la réglementation en vigueur ne l'exigeait pas, Oceanview avait mis en place un système de gestion de la sécurité en 2009.

### *Surveillance du service public d'électricité et de l'entrepreneur*

SaskPower est un service public d'électricité qui dessert la province de la Saskatchewan. SaskPower avait retenu Forbes Bros. Ltd., une entreprise de construction de lignes électriques, pour construire et ériger des pylônes et filer des lignes électriques. Oceanview

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale du Centre (temps universel coordonné moins 6 heures).

<sup>2</sup> Sous-partie 702 – Travaux aériens, et sous-partie 703 – Exploitation d'un taxi aérien du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

agissait comme sous-traitant de Forbes Bros. Ltd. pour effectuer des travaux aériens et installer des balises sphériques sur les lignes électriques qui traversent la rivière Saskatchewan Nord.

Bon nombre de services publics d'électricité et d'entrepreneurs qui font ce type de travail élaborent habituellement des procédures d'utilisation normalisées (SOP) ou des programmes d'exploitation technique d'aéronef (AOP). Ces procédures comprennent des précautions et des directives réglementaires à l'intention des employés qui pourraient effectuer des opérations aériennes.

Quoique SaskPower avait des AOP relatives à l'exploitation des avions, elle n'avait publié ni SOP ni AOP pour les hélicoptères. Comme SaskPower n'avait aucun contrôle sur le travail aérien effectué, la surveillance nécessaire devait incomber à Forbes Bros. Ltd. et Oceanview.

Forbes Bros. Ltd. a instauré des SOP pour le travail aérien en hélicoptère et les travaux effectués depuis une plateforme installée à l'extérieur de l'hélicoptère<sup>3</sup>. D'après ces SOP, on doit exploiter l'hélicoptère conformément aux exigences réglementaires de Transports Canada (TC), au manuel de vol de l'aéronef, et aux suppléments au manuel de vol. Les procédures définies dans les SOP ou les AOP peuvent varier d'une entreprise à l'autre, mais elles ne peuvent être moins strictes que les exigences réglementaires établies par TC.

### *Charges externes*

Les hélicoptères servent à toutes sortes de travaux aériens, y compris le transport de charges externes. On divise ce type de travail en 4 catégories, selon la nature du travail et les limites de conception de l'hélicoptère. TC définit ainsi les charges externes :

***charge externe de classe A pour hélicoptère*** Charge externe qui ne peut bouger librement, être larguée ni se trouver plus bas que le train d'atterrissage.

***charge externe de classe B pour hélicoptère*** Charge externe qui peut être larguée et qui n'est pas en contact avec la terre, l'eau ou toute autre surface.

***charge externe de classe C pour hélicoptère*** Charge externe qui peut être larguée et qui reste en contact avec la terre ou l'eau ou toute autre surface.

***charge externe de classe D pour hélicoptère*** Charge externe avec une personne transportée à l'extérieur de l'aéronef ou avec toute charge externe autre qu'une charge externe de classe A, B ou C pour hélicoptère<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> La plateforme de travail installée sur un hélicoptère permet d'effectuer des travaux depuis l'extérieur de l'aéronef.

<sup>4</sup> Alinéa 101.01(1) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

Comme le travail aérien en question était exécuté par un lignard sur une plateforme externe, on considère qu'il s'agissait de travaux avec charge externe de classe D. Le RAC et les normes de service aérien commercial applicables stipulent que l'on peut utiliser les hélicoptères monomoteurs pour les travaux avec charge externe de classe D. Toutefois, la charge ne doit pas se trouver plus bas que le train d'atterrissage, et le dispositif qui transporte du personnel doit faire l'objet d'une approbation de navigabilité. Inversement, si la charge externe de classe D se trouve plus bas que le train d'atterrissage, on doit utiliser un hélicoptère multimoteur capable de faire du vol stationnaire avec un moteur inopérant à l'altitude et à la masse existantes<sup>5</sup>. Oceanview utilisait l'équipement approprié et avait l'approbation de TC pour effectuer des travaux avec charge externe de classe D.

### *Renseignements sur l'aéronef*

Le Hughes 369D, également appelé 369D de MD Helicopters Inc., était un hélicoptère à 5 places, à un seul turbomoteur (Rolls Royce 250-C20B, numéro de série CAE832457), muni d'un rotor principal à 5 pales entièrement articulé et d'un rotor de queue anticouple semi-articulé à 2 pales. L'hélicoptère était homologué pour une masse maximale au décollage de 3000 livres et pour les vols de jour et de nuit selon les règles de vol à vue.

L'hélicoptère était muni d'un train d'atterrissage à patins et avait été modifié par l'ajout d'une plateforme de travail externe conformément au certificat de type supplémentaire (CTS) C-LSH11-012/D. Ce CTS permettait l'exécution de travaux avec charge externe de classe D. L'hélicoptère avait en outre été modifié par l'ajout d'un filtre-écran d'entrée d'air conformément au CTS SH04-24. Ce filtre-écran assure une meilleure filtration de l'air aspiré par le compresseur, ce qui le protège contre les dommages causés par l'aspiration de débris et de corps étrangers.

L'hélicoptère avait accumulé 14 335 heures de vol et aucun point d'entretien n'était non corrigé ou différé. Avant le décollage du vol à l'étude, l'hélicoptère n'éprouvait aucune difficulté technique connue.

L'hélicoptère n'était pourvu d'aucun enregistreur de bord, comme un enregistreur de conversations de poste de pilotage ou un enregistreur de données de vol, et la réglementation n'en exigeait pas.

### *Renseignements sur l'épave et sur l'impact*

L'accident s'est produit sur une île boisée (petits arbres, haies et arbustes) à relief plat dans la rivière Saskatchewan Nord. L'hélicoptère a percuté le relief dans une assiette horizontale, à un taux de descente élevé et à une vitesse vers l'avant nulle. L'hélicoptère n'a laissé aucun sillage et s'est immobilisé face au nord-est. Un incendie après impact a consommé environ 80 % de la structure de l'hélicoptère, ainsi que la végétation à proximité.

---

<sup>5</sup> Article 702.21 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

Les dommages aux pales des rotors principal et de queue ont révélé un couple et un régime très bas des rotors au moment de l'impact. Une inspection de l'ensemble rotor a permis de constater la continuité de la transmission au moyeu du rotor principal. Étant donné l'étendue des dommages causés par l'incendie, les résultats de plusieurs inspections ont été non concluants, notamment l'inspection de la continuité entre le moteur et les commandes de vol et l'inspection de nombreux composants, dont les filtres à huile et à carburant.

Une inspection du moteur a permis de constater que l'incendie qui s'est déclaré après l'impact avait entièrement consumé le boîtier d'entraînement des accessoires. On a pu récupérer le reste du moteur, qui a été transporté aux installations régionales d'examen des épaves du BST aux fins d'analyses plus approfondies.

### *Masse et centrage*

L'hélicoptère transportait environ 300 livres de carburant au moment de l'événement, et sa masse brute était d'environ 2710 livres. Un examen de la masse et du centrage à vide et avant le vol de l'événement à l'étude a révélé que l'hélicoptère était exploité en deçà des limites stipulées.

### *Renseignements sur le personnel et sa formation*

#### *Pilote*

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote d'hélicoptère professionnel restreint au vol de jour. Le pilote était entré au service d'Oceanview en septembre 2008. Les dossiers indiquent que le pilote possédait la licence et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote avait achevé un entraînement périodique en vol le 22 février 2015, et une formation périodique avec plateforme de travail externe le 3 mars 2015.

**Tableau 1. Heures de vol du pilote**

Heures totales de vol	21 992
Heures de vol sur type	7 621
Plateforme de travail externe	336
Heures de vol au cours des 7 derniers jours	4,2
Heures de vol au cours des 30 derniers jours	4,2
Heures de vol au cours des 90 derniers jours	39,2

Le pilote était de service depuis 6,5 heures au moment de l'événement et avait été au repos pendant au moins 14 heures avant sa période de travail. Le jour de l'événement était le 8<sup>e</sup> jour de travail du pilote après une période de congé de 44 jours. Le pilote n'avait pas volé



depuis le 17 octobre 2015, et l'entreprise l'avait affecté à des tâches au sol durant les 4 jours précédant l'événement. L'enquête a permis de conclure que la fatigue n'était pas un facteur dans l'accident.

### *Lignard*

Le lignard était au service de Forbes Bros. Ltd. depuis 2006. Tout d'abord embauché comme monteur de ligne, en 2013, il avait suivi la formation et obtenu la certification requises pour être lignard en charge externe de classe D pour hélicoptère.

### *Conditions météorologiques*

À 14 h (environ 18 minutes après l'accident), le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation à CYQW, situé à quelque 38 milles marins au sud-est du lieu de l'événement, faisait état des conditions suivantes : vents du 310° vrai à 13 nœuds, rafales à 19 nœuds, visibilité de 9 milles terrestres sous un ciel dégagé, température de 14 °C, point de rosée de 14 °C, et calage altimétrique de 29,90 pouces de mercure. Le ciel près du lieu de l'accident était légèrement couvert et il y avait une très faible brise.

### *Installation de balises sphériques*

On utilise les balises sphériques pour indiquer les lignes électriques, les câbles de garde en hauteur et les haubans. Elles consistent en deux demi-coquilles en thermoplastique léger qui sont unies sur les lignes électriques. Les balises sphériques sont installées dans les zones d'approche d'aéroports et d'héliports ainsi que sur les lignes électriques qui franchissent de longues distances au-dessus de canyons, de rivières et de lacs.

L'installation des balises sphériques se fait par hélicoptère lorsque le relief ou la hauteur des lignes électriques ne permettent pas l'utilisation d'équipement au sol. L'hélicoptère est muni d'une plateforme de travail externe montée sur les patins du train d'atterrissage. Le lignard s'assoit sur la plateforme et s'attache à l'aide d'une ceinture de sécurité et d'un câble d'attache. Le lignard tient la balise sur ses genoux au décollage. L'hélicoptère s'approche ensuite de la ligne électrique pour permettre au lignard d'installer la balise (photo 1). Des contreponds à l'autre bout de la plateforme externe contrebalancent le poids du lignard et assurent la stabilité latérale de l'hélicoptère.

Photo 1. Installation d'une balise sphérique (Source : P&R TECH, avec annotations du BST)



## *Autorotation*

En cas de perte de puissance du moteur, un hélicoptère peut effectuer un atterrissage en autorotation pour se poser en toute sécurité. L'autorotation est une condition en vol dans laquelle un hélicoptère descend sans application de puissance moteur au rotor principal. Le régime (tr/min) du rotor principal et la portance qui en résulte proviennent du passage de l'air vers le haut sur les pales et dans le disque du rotor principal durant la descente de l'hélicoptère. Ce mouvement d'air génère une force autorotative. Pour réussir un atterrissage en autorotation, le régime du rotor principal et la vitesse avant doivent être suffisants. À mesure que l'hélicoptère approche du point de poser, le pilote effectue un arrondi pour en ralentir la vitesse avant. Cet arrondi accroît également le régime du rotor principal à mesure que décélère l'hélicoptère. Le pilote peut alors exploiter le régime accru du rotor principal pour ralentir la descente et poser l'hélicoptère au sol.

Un atterrissage en autorotation est une manœuvre difficile pour tout pilote d'hélicoptère. Il exige des compétences qui ne sont pas sollicitées dans des conditions d'exploitation normales.

## *Vol stationnaire d'un hélicoptère monomoteur*

Les divers modes de vol d'un hélicoptère sont entrecoupés par un temps de vol stationnaire<sup>6</sup> relativement court (p. ex., entre l'ascension verticale et le vol vers l'avant). La nature des travaux d'installation de balises sphériques et de diverses autres opérations aériennes exige que l'hélicoptère fasse du surplace pendant de longues périodes. Si une panne de moteur se produit durant un vol stationnaire, l'hélicoptère doit se trouver à une altitude minimale pour amorcer une descente et atteindre une vitesse anémométrique suffisante pour réussir un atterrissage en autorotation.

---

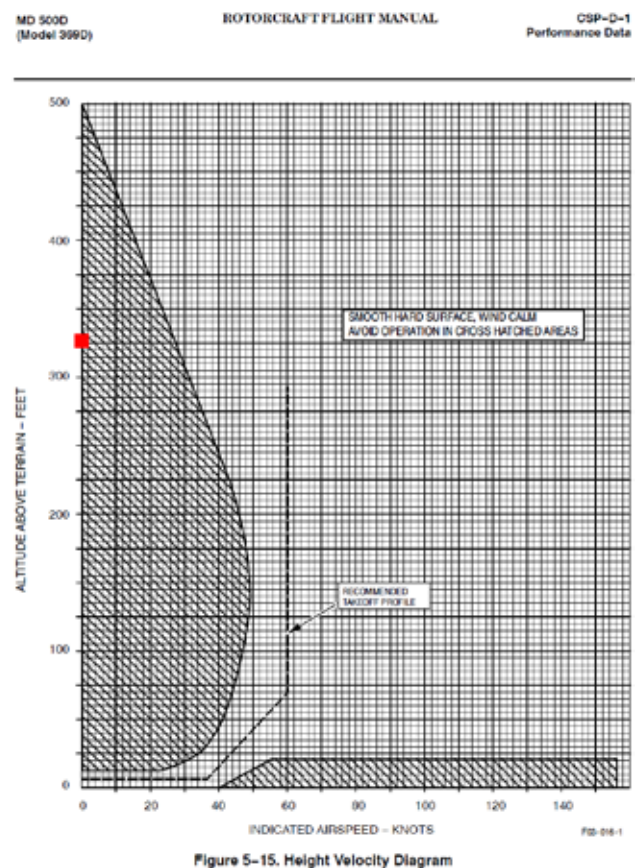
<sup>6</sup> En vol stationnaire, l'hélicoptère maintient une position fixe au-dessus du sol.

D'après les normes de navigabilité du RAC, les hélicoptères doivent avoir à leur bord un manuel de vol du giravion (RFM) durant les opérations aériennes<sup>7</sup>. Ce manuel de vol contient l'information (comme les limites, les procédures d'urgence et normales, les données de performance, la masse et le centrage) propre à l'hélicoptère. Les exigences réglementaires de conformité au manuel ne s'appliquent qu'au chapitre sur les limites. Les données de performance du manuel de vol du Hughes 369D comprennent un graphique hauteur / vitesse. La partie hachurée de ce graphique représente les combinaisons de vitesse anémométrique et d'altitude auxquelles un atterrissage en autorotation est improbable (figure 1).

Toujours d'après le manuel de vol du Hughes 369D [traduction] : « Bien que l'exploitation de l'hélicoptère dans la zone hachurée ne soit pas interdite, on doit toutefois l'éviter<sup>8</sup> ». En outre, d'après les procédures d'urgence du manuel de vol [traduction] : « La région hachurée [du graphique] représente des combinaisons de vitesse anémométrique et d'altitude auxquelles un atterrissage en autorotation pourrait être difficile à réaliser. L'exploitation de l'hélicoptère dans la zone hachurée doit se faire avec prudence<sup>9</sup> ». Au moment de la panne de moteur, l'hélicoptère se trouvait en vol stationnaire à 325 pieds au-dessus du sol avec une vitesse anémométrique nulle. L'hélicoptère se trouvait donc dans la partie hachurée du graphique à la figure 1 (indiqué par un carré rouge).

Certaines entreprises ont mis en place leurs propres exigences, qui comprennent des restrictions sur les vols stationnaires prolongés d'hélicoptères monomoteurs. Les hélicoptères bimoteurs peuvent compter sur un deuxième moteur en cas de panne du premier. Ainsi, les hélicoptères multimoteurs peuvent utiliser la puissance du deuxième

Figure 1. Graphique hauteur / vitesse montrant l'altitude et la vitesse au moment de la panne de moteur (carré rouge) (Source : manuel de vol du giravion Hughes 369D, en anglais seulement, avec annotations du BST)



<sup>7</sup> Alinéa 521.367(2) du Règlement de l'aviation canadien (RAC).

<sup>8</sup> MD Helicopters Inc., MD 500D (modèle 369D) CSP-D-1 Rotorcraft Flight Manual (RFM) (18 juillet 1998), section 5-6, p. 5-20.

<sup>9</sup> *Ibid.*, section 3-3, Procedures: Engine Failure – Above 12 Feet and Below 500 Feet AGL, p. 3-5.

moteur pour contrôler le taux de descente ou pour maintenir le vol stationnaire si leurs masse et altitude le permettent.

### *Possibilités de survie*

L'accident s'est produit sur une île inhabitée, et les premiers intervenants ont dû traverser la rivière à la nage et se frayer un chemin dans la broussaille dense pour atteindre l'épave.

Au moment de la panne de moteur, l'hélicoptère était en vol stationnaire à une altitude qui permettait difficilement de réussir un atterrissage en autorotation. Bien que l'hélicoptère n'ait pu générer suffisamment de force autorotative pour réussir un atterrissage en autorotation, il a tout de même atteint un taux de descente verticale élevé. L'enquête a déterminé que ce taux était d'environ 2600 pi/min juste avant l'impact.

Dans des conditions normales, tout objet subit une force<sup>10</sup> de 1 g. Si le poids de cet objet doublait ou triplait par suite d'un changement soudain d'état ou de vitesse, l'objet en question subirait une force de 2 ou 3 g respectivement. Des études réalisées par la Federal Aviation Administration (FAA) et la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis ont montré qu'une force g supérieure à 27 entraîne des blessures graves qui peuvent être mortelles<sup>11</sup>. Le taux de descente, calculé à partir d'une analyse de la vidéo, aurait entraîné une force g de 139 à 208 à l'impact.

---

<sup>10</sup> Force gravitationnelle.

<sup>11</sup> H.D. Carden, NASA Technical Paper 2083, *Correlation and Assessment of Structural Airplane Crash Data With Flight Parameters at Impact* (Springfield, VA: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Branch, novembre 1982).

## Groupe motopropulseur (turbomoteur)

L'hélicoptère était motorisé par un turbomoteur Rolls-Royce 250-C20B, qui a été lourdement endommagé dans l'incendie après impact (photo 2). Une inspection externe du moteur a permis de constater des bosses sur le carter du compresseur et une déformation radiale de ce dernier.

Le rôle du compresseur est d'aspirer et de comprimer l'air pour le porter à une pression optimale pour la combustion. L'ensemble compresseur comprend un compresseur axial, un compresseur centrifuge / rotor du compresseur, un carter et une volute du diffuseur.

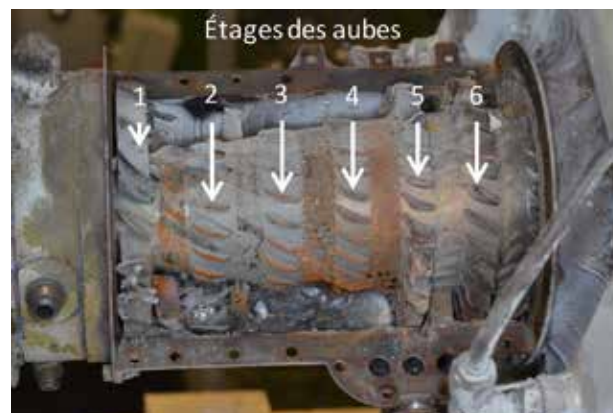
Le démontage de l'ensemble compresseur (numéro de pièce 6890550, numéro de série CAC80174), a permis de constater la défaillance complète des aubes des 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> étages du compresseur axial. Les entretoises de soutien avant du compresseur ne présentaient aucune anomalie antérieure à l'impact. Les aubes du 1<sup>er</sup> étage du compresseur étaient intactes. L'examen des entretoises de soutien avant et des aubes du 1<sup>er</sup> étage du compresseur n'a révélé aucun signe d'érosion ou de corrosion préexistantes. Les aubes des 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> étages montraient des dommages s'atténuant progressivement (figure 2).

L'examen de l'ensemble compresseur a révélé que toutes les aubes des 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> étages s'étaient rompues à proximité de leur talon. Les talons de 6 des aubes de compresseur rompues présentaient des surfaces de rupture partielles et interprétables. L'inspection des surfaces de rupture au microscope électronique à balayage a révélé des défaillances en surcharge. Les autres surfaces de rupture des talons d'aubes rompus du compresseur présentaient des taches et marques de frottement après rupture<sup>12</sup>.

Photo 2. Turbomoteur Rolls-Royce 250-C20B



Figure 2. Compresseur axial montrant les aubes des étages 1 à 6



<sup>12</sup> Les taches et marques de frottement après rupture résultent d'un contact entre des composants secondaires rompus et les surfaces de rupture. Ils masquent les signes probants de la cause première de la défaillance.

L'examen de l'ensemble carter du compresseur a révélé que toutes les aubes des 1<sup>er</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> étages du stator étaient présentes, mais qu'elles étaient fléchies et tordues. Toutes les aubes des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> étages du stator étaient rompues près de leur talon (figure 3). Toutes les ruptures présentaient des taches et marques de frottement après rupture. Toutes les aubes de 2<sup>e</sup> étage du stator étaient présentes, sauf 3. Ces 3 aubes manquantes s'étaient rompues près de leur talon. L'examen de ces surfaces de rupture a révélé des taches et marques de frottement après rupture ainsi qu'une couche de corrosion à haute température. L'analyse de rupture des fragments d'aubes récupérés plus en aval dans le moteur n'a pas permis de tirer de conclusions étant donné les taches et les dommages d'impact secondaire.

Figure 3. Demi-coquilles de carter du compresseur montrant les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> étages du stator



On a consulté la base de données des Rapports de difficultés en service de l'Aviation civile de TC qui, outre les données canadiennes, comprend celles de la Federal Aviation Administration des États-Unis et de l'Australian Civil Aviation Safety Authority. On y a trouvé 13 défaillances de compresseurs Allison<sup>13</sup> 250-C20, C20B et C20J (ruptures ou usure excessive) qui se sont produites au cours des 10 dernières années et qu'il a été impossible d'attribuer formellement à des dommages causés par des corps étrangers.

### *Révision majeure et maintenance de l'ensemble compresseur*

L'expression « révision majeure » signifie un processus de remise en état qui comprend le démontage, l'inspection, la réparation ou le remplacement de pièces; le remontage, le réglage, la post-finition et la mise à l'essai d'un produit aéronautique. Cette révision majeure garantit que le produit aéronautique est en tous points conforme aux tolérances de service précisées dans les instructions pour le maintien de la navigabilité relatives au produit<sup>14</sup>. Certains composants d'aéronefs, notamment les moteurs, sont continuellement soumis à des conditions d'exploitation extrêmement exigeantes qui peuvent causer l'usure et la fatigue et ainsi réduire leur intégrité structurale. En s'appuyant sur l'expérience et la recherche, les fabricants ont établi un nombre maximal d'heures entre les révisions majeures. Le respect de ces périodes réduit considérablement la probabilité de défaillance d'un composant.

Les pratiques de maintenance de Rolls Royce recommandent la révision majeure de l'ensemble compresseur à intervalles de 3500 heures. On appelle communément ces

<sup>13</sup> Allison était le détenteur originel du certificat de type du moteur; Rolls Royce en a fait l'acquisition par la suite.

<sup>14</sup> Alinéa 101.01(1) du Règlement de l'aviation canadien (RAC).

intervalles « temps entre révisions ». L'ensemble compresseur fait également l'objet d'une inspection du carter et des aubes de compresseur ainsi que des aubes de stator à intervalles de 1750 heures. Un examen des dossiers de maintenance a permis de constater que le compresseur de l'hélicoptère en cause avait été l'objet de l'inspection requise après 1750 heures en mars 2012, et que l'on n'avait noté aucune anomalie. Au moment de l'événement, le compresseur en question totalisait 3453 heures de temps de service.

L'hélicoptère avait accumulé environ 570 heures de vol dans un environnement salin au cours de l'année qui a suivi l'inspection de 1750 heures du compresseur. Au cours des 2,5 années de service qui ont précédé l'événement, l'hélicoptère avait passé la majeure partie du temps dans l'arrière-pays.

L'exploitation dans un environnement salin, que Rolls-Royce considère comme étant un environnement corrosif, peut entraîner l'érosion ou la corrosion prématurées des composants du compresseur. Les lettres de service commercial 1172, *Compressor Case, Blade and Vane Erosion/Corrosion Inspection*<sup>15</sup> et 1135, *Contamination Removal (Water Rinse) Instructions Using Water Only*<sup>16</sup> de Rolls-Royce recommandent aux exploitants de faire des inspections à intervalles plus rapprochés, soit de 300 heures, et des rinçages quotidiens à l'eau douce lorsqu'ils mènent leurs activités dans des environnements érosifs ou corrosifs.

Une lettre de service commercial comprend de l'information et des pratiques recommandées de maintenance qui améliorent la sécurité de l'aéronef ou du composant et en prolongent la vie utile. Aucune exigence réglementaire n'impose l'adoption des pratiques recommandées contenues dans une lettre de service commerciale unique. Toutefois, les exploitants sont tenus de se conformer à leurs calendriers de maintenance approuvés. D'après le calendrier de maintenance approuvé par TC d'Oceanview pour le Hughes 369D, l'entreprise doit se conformer à tous les bulletins de moteurs commerciaux et à toutes les lettres de service commercial sur les compresseurs Rolls-Royce de la série 250-C20. L'enquête a permis de déterminer que lorsque l'hélicoptère était exploité dans un environnement salin, Oceanview n'avait pas fait les inspections à intervalles plus rapprochés ni les rinçages à l'eau douce. Pourtant, les lettres de service commercial 1172 et 1135 recommandaient ces mesures, et le calendrier de maintenance approuvé de l'entreprise approuvé par TC les exigeait.

### *Radiobalise de repérage d'urgence*

L'hélicoptère était équipé d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) 406 AF-H. L'ELT s'est déclenchée au moment de l'impact, et son signal a été capté par le Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario). Un incendie a mis fin à la transmission du signal de l'ELT peu après l'impact. Le Centre conjoint de coordination de sauvetage n'a dépêché aucune ressource.

---

<sup>15</sup> Rolls-Royce, Lettre de service commercial 1172, *Compressor Case, Blade and Vane Erosion/Corrosion Inspection*, Révision 5 (20 mai 2013).

<sup>16</sup> Rolls-Royce, Lettre de service commercial 1135, *Contamination Removal (Water Rinse) Instructions Using Water Only*, Révision 10 (27 août 2004).

## *Rapports de laboratoire du BST*

Le BST a complété les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP0257/2015 - N2 and Rotor RPM [revolutions per minute] Gauge Examination (Examen du tachymètre rotor-moteur)
- LP0264/2015 - Examination of Compressor Assembly and Combustion Case (Examen de l'ensemble compresseur et du carter de combustion)
- LP0278/2015 - Video Analysis (Analyse de la vidéo)



# *Analyse*

## *Généralités*

Les dossiers indiquent que le pilote possédait la licence et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. L'enquête a permis de conclure que la fatigue du pilote et les conditions météorologiques qui prévalaient n'étaient pas un facteur dans cet accident.

Avant le décollage du vol à l'étude, l'hélicoptère n'éprouvait aucune difficulté technique connue. Il a également été établi que la cellule et le circuit des commandes de vol de l'hélicoptère n'ont pas été des facteurs contributifs dans cet événement. L'analyse portera sur le groupe motopropulseur de l'hélicoptère, la panne de moteur durant le vol stationnaire, le scénario de l'accident, et la possibilité de survie.

## *Groupe motopropulseur (turbomoteur)*

La flamme jaune et la bouffée de fumée noire que l'on peut voir dans la vidéo sont caractéristiques d'une panne de moteur. Toutefois, il a été impossible de déterminer la cause exacte de la panne de l'ensemble compresseur en raison des dommages secondaires (taches et marques de frottement après rupture).

Les dommages secondaires à l'ensemble compresseur et les fragments d'aubes retrouvés en aval de la section compresseur laissent croire que le moteur fonctionnait toujours peu de temps après la panne initiale du compresseur. L'absence de dommages aux entretoises de soutien avant ou aux aubes de 1<sup>er</sup> étage du compresseur laisse croire que le moteur n'a pas ingéré de corps étranger. Les dommages au compresseur commencent au niveau des aubes de 2<sup>e</sup> étage. En tenant compte de l'écoulement de l'air durant le fonctionnement du compresseur, les dommages progresseraient vers l'aval depuis le point de la défaillance initiale.

Cette progression des dommages laisse croire que la défaillance initiale est survenue dans les aubes de 2<sup>e</sup> étage du compresseur ou dans les aubes de 2<sup>e</sup> étage du stator. Les aubes de 2<sup>e</sup> étage du compresseur étaient complètement détruites, mais il n'y avait aucun dommage en amont. Il est donc probable que la défaillance d'une aube de 2<sup>e</sup> étage du compresseur ait provoqué la perte de puissance.

Une autre hypothèse, quoique moins probable, porte sur la défaillance d'une aube de 2<sup>e</sup> étage du stator. Celle-ci aurait été poussée vers l'avant dans la trajectoire des aubes de 2<sup>e</sup> étage du compresseur et aurait fracturé des aubes du compresseur, et occasionné des dommages qui se seraient propagés jusqu'en aval.

## *Révision majeure et maintenance de l'ensemble compresseur*

Le compresseur a failli avant la fin de la période prescrite de révision majeure. Le compresseur totalisait 3453 heures de service. Au moment de l'événement, il restait donc 47 heures avant la prochaine révision majeure recommandée.

Le compresseur de l'aéronef en cause faisait l'objet d'inspections visuelles de routine durant les activités de maintenance planifiée, et aucune anomalie n'avait été notée. De plus, l'aéronef à l'étude était muni d'un filtre-écran d'entrée d'air pour prévenir l'ingestion de corps étrangers dans le moteur. L'admission du compresseur, les entretoises de soutien avant et les aubes de 1<sup>er</sup> étage ne présentaient ni érosion, ni corrosion, ni dommages causés par des corps étrangers. On peut donc supposer que les autres composants de l'ensemble compresseur n'étaient pas affectés par l'érosion ou la corrosion. Le filtre-écran d'entrée d'air a considérablement réduit la possibilité d'érosion et de corrosion des aubes et a éliminé l'hypothèse de dommages aux aubes de compresseur causés par des corps étrangers. Par conséquent, il est très peu probable que l'érosion ou la corrosion ou encore des dommages causés par l'ingestion de corps étrangers aient contribué à la défaillance du compresseur.

On a déterminé que le facteur principal était probablement la défaillance d'une aube de 2<sup>e</sup> étage du compresseur. Par conséquent, il est possible que l'aube de compresseur rompue ait été sujette à la fatigue et à une éventuelle défaillance par surcharge avant que s'écoule la période prescrite de révision majeure. Les études laissent croire que les défaillances de ce type sont rares.

L'enquête a également permis de conclure que, sans être des facteurs contributifs dans l'événement à l'étude, l'inspection à intervalles plus rapprochés contre l'érosion et la corrosion et les rinçages quotidiens à l'eau douce du compresseur n'ont pas été faits selon les recommandations du fabricant du moteur. Si les exploitants qui mènent leurs activités dans un environnement érosif et corrosif ne suivent pas les procédures recommandées par les fabricants, il y a un risque accru de défaillance prématurée et non détectée du compresseur.

## *Vol stationnaire d'un hélicoptère monomoteur*

Étant donné que l'exploitation d'un hélicoptère comprend toujours des temps de vol stationnaire, le manuel de vol de giravion comprend un graphique hauteur / vitesse qui indique les combinaisons de vitesse anémométrique et d'altitude à éviter. Comme les temps de vol stationnaire sont inévitables, les combinaisons de vitesse anémométrique et d'altitude figurent dans la section sur les données de performance du manuel de vol de giravion plutôt que dans la section sur les limites.

L'enquête a permis de déterminer que l'hélicoptère se trouvait dans la partie hachurée du graphique hauteur / vitesse (figure 1) durant les opérations de travail aérien. La panne de moteur est survenue alors que l'hélicoptère était en vol stationnaire à une altitude qui offrait peu de chance de réussir une autorotation. Si l'on exploite un hélicoptère monomoteur dans la partie hachurée du graphique hauteur / vitesse, on réduit considérablement la possibilité

de réussir une autorotation en cas de panne de moteur, ce qui augmente le risque de blessure ou de décès.

### *Scénario de l'accident*

Un hélicoptère Hughes 369D peut réussir une autorotation depuis un vol stationnaire à une vitesse anémométrique nulle dans certaines conditions seulement. Celles-ci comprennent une altitude minimale de 500 pieds au-dessus du sol et une transition immédiate au vol vers l'avant afin de maintenir l'énergie rotor nécessaire pour ralentir le taux de descente de l'hélicoptère.

Durant l'installation de balises sphériques, l'hélicoptère était en vol stationnaire à une altitude d'environ 325 pieds avec des vents très faibles. La perte de puissance moteur est survenue alors que l'hélicoptère était en vol stationnaire, et le pilote a manœuvré l'aéronef vers l'arrière pour éviter tout contact avec le câble de garde et les lignes électriques plus bas. Sans puissance moteur, le vol continu de l'hélicoptère dépendait de l'énergie restante dans le disque du rotor et de la transition au vol vers l'avant. Dans l'événement à l'étude, le pilote ne pouvait pas passer immédiatement au vol vers l'avant, car il devait éviter des lignes électriques. Cette manœuvre vers l'arrière a utilisé une quantité importante d'énergie rotor, et l'hélicoptère a commencé à descendre. L'altitude était insuffisante pour réussir un atterrissage en autorotation, et l'hélicoptère a percuté le relief.

### *Possibilités de survie*

L'accident s'est produit sur une île inhabitée, ce qui a retardé l'intervention des secours. Lorsque les premiers intervenants sont arrivés sur les lieux, l'hélicoptère et la végétation environnante étaient la proie des flammes.

Le taux de descente, calculé à partir d'une analyse de la vidéo, aurait donné lieu à une force  $g$  de 139 à 208 à l'impact. Toute tentative du pilote de ralentir le taux de descente ont peut-être réduit les forces d'impact; toutefois, celles-ci sont demeurées supérieures au seuil de survie. L'hélicoptère a été soumis à des forces  $g$  qui se situaient, elles aussi, bien au-delà des limites structurales de l'aéronef; ces forces ont rompu le réservoir de carburant, cause de l'incendie après impact. On a déterminé que l'accident n'offrait aucune chance de survie.

## *Faits établis*

### *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Il est probable qu'une aube de 2<sup>e</sup> étage du compresseur était sujette à la fatigue et à une éventuelle défaillance en surcharge, causant une perte de puissance moteur.
2. La panne de moteur est survenue alors que l'hélicoptère était en vol stationnaire. L'altitude était insuffisante pour réussir un atterrissage en autorotation, et l'hélicoptère a percuté le relief.

### *Faits établis quant aux risques*

1. Si l'on exploite un hélicoptère monomoteur dans la partie hachurée du graphique hauteur / vitesse, on réduit considérablement la possibilité de réussir une autorotation en cas de panne de moteur, ce qui augmente le risque de blessure ou de décès.
2. Si les exploitants qui mènent leurs activités dans un environnement érosif et corrosif ne suivent pas les procédures recommandées par les fabricants, il y a un risque accru de défaillance prématurée et non détectée du compresseur.

### *Autres faits établis*

1. Le compresseur a failli avant la fin de la période prescrite de révision majeure.
2. Le filtre-écran d'entrée d'air a considérablement réduit la possibilité d'érosion et de corrosion des aubes et a éliminé l'hypothèse de dommages aux aubes de compresseur causés par des corps étrangers.

## *Mesures de sécurité*

### *Mesures de sécurité prises*

#### *Oceanview Helicopters Ltd.*

Oceanview Helicopters Ltd. a volontairement suspendu ses opérations avec lignard après l'accident, et ne les a toujours pas reprises.

#### *SaskPower*

SaskPower a commencé la mise en place d'un programme de sécurité pour hélicoptères au début de 2016. D'après la société, les mesures prises dans le cadre de ce programme comprennent

1. une formation de base sur les hélicoptères pour les employés concernés;
2. une formation sur les opérations aériennes de la société (donnée par un entrepreneur) pour les employés concernés;
3. une formation de certification d'élingage pour les employés concernés;
4. l'élaboration et la mise en œuvre des procédures d'utilisation normalisées suivantes auxquelles doivent adhérer les employés et les entrepreneurs de SaskPower :
  - a) orientation sur les hélicoptères – transport de personnel
  - b) opérations d'élingage en hélicoptère;
5. une refonte complète des exigences d'approvisionnement relatives aux exploitants d'hélicoptère pour SaskPower, y compris de strictes exigences en sécurité et en formation;
6. le recrutement d'un spécialiste des opérations aériennes, à qui il incombera
  - a) d'élaborer et de superviser un processus de réservation et d'approbation des vols pour les travaux prévus ou imprévus, tant pour les employés que pour les entrepreneurs, et
  - b) d'élaborer des politiques et procédures de vol pour SaskPower, ainsi que de préparer un guide de sélection du type d'aéronef à employer pour chaque procédure de travail. Cette mesure vise directement à réduire l'utilisation d'hélicoptères monomoteurs en vols stationnaires prolongés.

#### *Forbes Bros. Ltd.*

Forbes Bros. Ltd. a indiqué avoir pris les mesures suivantes dans le cadre de ses efforts soutenus pour améliorer son système de gestion de la santé et sécurité :

1. examen des normes d'exploitation d'hélicoptère de Forbes Bros. Ltd.;
2. adoption de la pratique exemplaire d'évaluation des risques prévol de l'Helicopter Association of Canada comme exigence pour tous les fournisseurs de services d'hélicoptère à Forbes Bros. Ltd.;
3. collaboration avec des tiers experts en sécurité aérienne pour aider Forbes Bros. Ltd. à évaluer ses pratiques relatives à l'exploitation des hélicoptères.

*Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 4 janvier 2017. Le rapport a été officiellement publié le 2 février 2017.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports ([www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.*