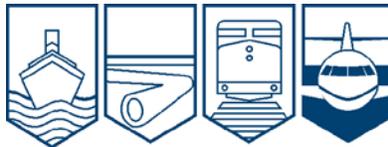


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE  
A13W0070**



**PERTE D'EFFICACITÉ DU ROTOR DE QUEUE ET COLLISION  
AVEC LE RELIEF**

**AURORA HELICOPTERS LTD. (SOUS LA BANNIÈRE  
WOOD BUFFALO HELICOPTERS)**

**HÉLICOPTÈRE BELL 206B, IMMATRICULÉ C-FZWB**

**FORT MCMURRAY (ALBERTA) 75 NM N**

**29 MAI 2013**

**Canada**

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

## Rapport d'enquête aéronautique

### Perte d'efficacité du rotor de queue et collision avec le relief

Aurora Helicopters Ltd. (sous la bannière  
Wood Buffalo Helicopters)  
Hélicoptère Bell 206B, immatriculé C-FZWB  
Fort McMurray (Alberta) 75 NM N  
29 mai 2013

Numéro de rapport A13W0070

### *Résumé*

Un hélicoptère Bell 206B (immatriculé C-FZWB, numéro de série 1342) exploité par Wood Buffalo Helicopters effectue des travaux associés à des relevés fauniques à environ 75 milles marins au nord de Fort McMurray (Alberta). Pendant la recherche d'un lieu d'atterrissage, l'hélicoptère amorce une rotation intempestive vers la droite et chute dans un bosquet à 10 h 58, heure avancée des Rocheuses. Le pilote et le passager qui occupe le siège arrière de droite subissent des blessures mortelles. L'autre passager, qui occupe le siège avant de gauche, est grièvement blessé. L'émetteur de localisation d'urgence de 406 MHz se déclenche dès l'impact. Il n'y a pas d'incendie.

*This report is also available in English.*

## *Renseignements de base*

### *Déroulement du vol*

Ce vol était nolisé par Alberta Sustainable Resource Development (ASRD) pour récupérer des colliers émetteurs perdus par des caribous. Deux biologistes de la faune devaient utiliser une antenne montée à l'extérieur de l'hélicoptère et jumelée à un récepteur portatif pour repérer ces colliers. Une fois les colliers repérés, l'hélicoptère devait se poser à proximité, et les biologistes pourraient alors en descendre et les récupérer à pied.

Les aéronefs exploités par contrat avec l'ASRD doivent maintenir une veille radio avec le centre local de commandement et de contrôle situé à Fort McMurray. Le pilote a fait un premier appel de vérification au centre de commandement ASRD à 9 h 15<sup>1</sup>. À 9 h 24, le pilote a fait un autre appel pour indiquer qu'il se préparait à décoller et qu'il se dirigerait vers le nord. L'hélicoptère a quitté l'héliport de Wood Buffalo, à l'aéroport de Fort McMurray, à 9 h 28. Conformément à la politique de l'ASRD, le pilote a transmis un appel de position et d'état après 30 minutes au centre de commandement ASRD à 9 h 59, pour indiquer qu'il se trouvait au nord de l'aérodrome Fort MacKay/Firebag. L'hélicoptère volait à 1340 pieds au-dessus du sol (agl) à une vitesse sol de 99 nœuds (se reporter à l'annexe A)<sup>2</sup>.

À 10 h 10, l'hélicoptère a atteint le secteur 1, qu'il a survolé en vol circulaire à quelques reprises pour déterminer l'emplacement d'un collier émetteur. L'hélicoptère a volé à une altitude d'à peine 100 pieds agl, mais ne s'est pas posé dans ce secteur. Le centre de commandement ASRD a tenté un contact radio à 10 h 29, mais n'a pas obtenu de réponse. Le pilote a communiqué avec le centre à 10 h 32 pour indiquer que les opérations se déroulaient normalement et qu'il se dirigeait vers le deuxième secteur, situé au nord-ouest. À ce moment, l'hélicoptère volait à une altitude de 550 pieds agl et à une vitesse sol de 58 nœuds.

À 10 h 48, l'hélicoptère est arrivé à proximité du secteur 2. Il a passé les 8 minutes suivantes à décrire des vols circulaires dans le secteur pour déterminer l'emplacement du collier et trouver un bon endroit où se poser.

À 10 h 55, l'hélicoptère a effectué un vol circulaire au-dessus du secteur et a exécuté un virage à gauche à une altitude de 140 pieds agl. À 10 h 56 min 14 s, l'hélicoptère a viré à l'est à 120 pieds agl et à une vitesse sol de 36 nœuds. À 10 h 56 min 24 s, l'hélicoptère se trouvait à 105 pieds agl et volait à une vitesse sol de 27 nœuds. A cet instant, le vent dominant soufflait sans doute du nord à environ 5 nœuds (vent traversier soufflant de la gauche).

À 10 h 56 min 34 s, l'hélicoptère se trouvait à 115 pieds agl et volait à une vitesse sol de 16 nœuds. C'est à ce moment que le pilote a amorcé un virage au sud. La vitesse sol a diminué à 5 nœuds. Le système de positionnement mondial (GPS) a enregistré un dernier point de cheminement à 10 h 56 min 54 s; l'hélicoptère se trouvait alors à 18 pieds agl et se déplaçait à une vitesse sol de 3 nœuds. Après le virage au sud, l'hélicoptère aurait été en position vent

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

<sup>2</sup> On a déduit l'altitude et la vitesse à partir de données GPS, car ces renseignements n'avaient pas été communiqués à l'ASRD.

arrière. L'hélicoptère a amorcé une rotation intempestive vers la droite. Il n'y a eu aucun signe de défaillance mécanique avant ou durant la rotation. L'hélicoptère a chuté dans un bosquet de peupliers de 60 à 70 pieds de haut pour s'immobiliser sur son côté droit.



**Photo 1.** Épave de l'hélicoptère C-FZWB dans un bosquet de peupliers

L'ASRD a tenté d'entrer en contact radio à 11 h 8, mais sans succès; il a reçu un appel téléphonique de Wood Buffalo Helicopters à 11 h 9 concernant la réception d'un signal de l'émetteur de localisation d'urgence (ELT)<sup>3</sup> de C-FZWB. À 11 h 14, un hélicoptère de l'entreprise a été dépêché vers les dernières coordonnées connues de C-FZWB pour chercher l'hélicoptère; il est arrivé sur place à 11 h 43. On a trouvé l'hélicoptère C-FZWB à 11 h 54. Des secours additionnels sont arrivés sur les lieux pour venir en aide au pilote et aux passagers de l'hélicoptère.

### *Examen de l'épave*

Trois arbres proches des lieux de l'accident présentaient des dommages causés par la chute de l'hélicoptère. Tous trois présentaient des entailles de pale de rotor près de leurs cimes; un arbre avait été décimé, et la majorité de ses branches avait été arrachées.

On a retrouvé tous les composants de l'hélicoptère à l'intérieur d'un rayon de 100 pieds de l'épave. La cabine et le fuselage de l'hélicoptère étaient toujours en un seul morceau, mais avaient subi d'importants dommages à la suite de l'impact, en particulier le côté droit du

---

<sup>3</sup> Wood Buffalo Helicopters avait été avertie par le Centre de coordination du sauvetage - Trenton, qui avait reçu le signal ELT de 406 MHz de l'hélicoptère C-FZWB.

fuselage. L'arbre de la tête de rotor principal s'était séparé sous la tête de rotor et se trouvait à 26 pieds de l'épave. L'une des pales du rotor principal présentait 2 fractures. L'autre pale, toujours fixée à la tête de rotor, était lourdement endommagée.

La poutre de queue se trouvait à côté du fuselage, mais elle était sectionnée à environ 3 pieds après les stabilisateurs. La poutre présentait des signes d'impact contre un arbre à cet endroit, sur son côté gauche. Le reste de la poutre de queue, y compris le plan fixe vertical et le rotor de queue, gisait à environ 7 pieds derrière et légèrement à l'est de la section avant. La section arrière était orientée avec le cône arrière pointant vers l'épave principale.

Le rotor de queue était en grande partie intact, et l'une de ses pales était toujours attachée à la chape. Cette pale n'était pas déformée, mais son revêtement comportait des dommages superficiels par suite du choc. L'autre pale s'était fracturée juste avant la chape et gisait au sol environ 5 pieds à l'est de la section arrière de la poutre de queue.

L'enquête a pu déterminer la continuité des commandes de vol avant l'accident. On a également vérifié la continuité de l'ensemble moteur, transmission et rotor de queue. Les dommages que présentait l'hélicoptère correspondaient à ceux causés lorsque le moteur produit de la puissance. Les dommages causés aux pales du rotor principal, à la suite du choc avec les arbres, se trouvaient sur leur intrados.

Lors de l'événement, le pilote occupait le siège avant droit, soit la position habituelle du pilote à bord d'un hélicoptère. L'un des passagers occupait le siège arrière droit. Le pilote ainsi que le passager du siège de droite portaient des casques d'aviation au moment de l'événement et étaient retenus par des ceintures-baudriers à 4 points d'attache. Le passager survivant, qui occupait le siège avant gauche, ne portait pas de casque, mais était retenu par une ceinture-baudrier à 4 points d'attache. Ce passager a réussi à évacuer l'hélicoptère par le pare-brise avant brisé.

Au moment de l'événement, les masses de l'hélicoptère<sup>4</sup> étaient inférieures aux limites prescrites et son centre de gravité se trouvait dans la plage normale.

### *Équipage de conduite*

Les dossiers indiquent que le pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel - hélicoptères valide, annotée pour l'hélicoptère Bell 206. Au moment de l'événement, le pilote était titulaire d'un certificat médical de catégorie 1 d'aviation civile sans restriction.

Entré au service de Wood Buffalo Helicopters le 1<sup>er</sup> avril 2013, il avait reçu une formation au sol, qui comprend la sensibilisation à l'état de vortex et à la perte d'efficacité du rotor de queue, et de l'entraînement en vol sur l'hélicoptère Bell 206B. Il avait également réussi un examen de compétence sur le Bell 206B donné par l'entreprise le 14 avril 2013.

---

<sup>4</sup> On a calculé que la masse de l'hélicoptère au moment de l'événement était de 2944 lb. La masse maximale au décollage est de 3200 lb.

Au moment de l'événement, le pilote avait accumulé environ 504 heures de vol aux commandes d'hélicoptères, dont 400 heures aux commandes de l'hélicoptère Bell 206. Il en était à sa 11<sup>e</sup> journée de travail consécutive, après avoir eu 8 jours de congé.

Durant ses 3 derniers jours de travail, il n'avait pas volé le 26 mai, avait réalisé 3,1 heures de vol le 27 mai, et 3,0 heures de vol le 28 mai. Il n'y avait aucune indication que des facteurs physiologiques, y compris la fatigue, étaient en cause dans l'accident.

### *Aéronef*

Propriété de Wood Buffalo Helicopters, l'hélicoptère était exploité en vertu de la sous-partie 702 du *Règlement de l'aviation canadien* au moment de l'événement. Un examen des dossiers d'entretien de l'hélicoptère a montré que ce dernier avait été entretenu conformément aux règlements en vigueur au moment de l'événement. Il n'y avait aucun défaut signalé ou non corrigé. L'hélicoptère n'était pas muni d'enregistreurs de données de vol ni d'enregistreurs de conversations de poste de pilotage, et il n'était pas tenu d'avoir cet équipement. Il était muni d'un appareil GPS Garmin, qui a conservé les données de suivi du vol en cause (se reporter à l'annexe A).

### *Conditions météorologiques*

L'ASRD a fourni une observation météorologique pour Birch Mountain, située à environ 11 milles marins au sud du lieu de l'accident. À 1200, la visibilité était de 19 milles marins. La température était de 18 °C, et le taux d'humidité relative était de 51 %. On a déterminé que l'altitude-densité était de 2198 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le vent soufflait du nord à 5 nœuds; la hauteur du plafond nuageux n'était pas indiquée.

Un rapport du pilote du premier hélicoptère de l'entreprise arrivé sur les lieux après l'accident a indiqué que le ciel était dégagé, que le vent était léger et que la température était de 23 ou 24 °C. On n'a observé aucun cumulonimbus ni la moindre condition météorologique défavorable.

## *Mouvement de lacet imprévu ou perte d'efficacité du rotor de queue*

Vues du haut, les pales du rotor principal du Bell 206B tournent en sens antihoraire. Cette rotation fait que l'hélicoptère subit une réaction de couple en sens opposé qui se manifeste par un mouvement de lacet vers la droite. Pour neutraliser ce mouvement, l'hélicoptère est muni d'un rotor de queue. Le rotor principal produit un couple et le pilote doit neutraliser le mouvement de lacet induit en utilisant le palonnier de telle façon que la poussée du rotor de queue augmente ou diminue au besoin.

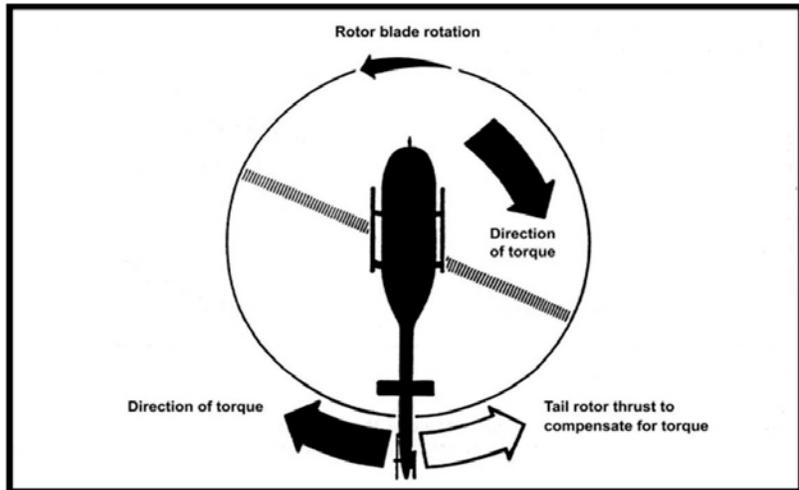


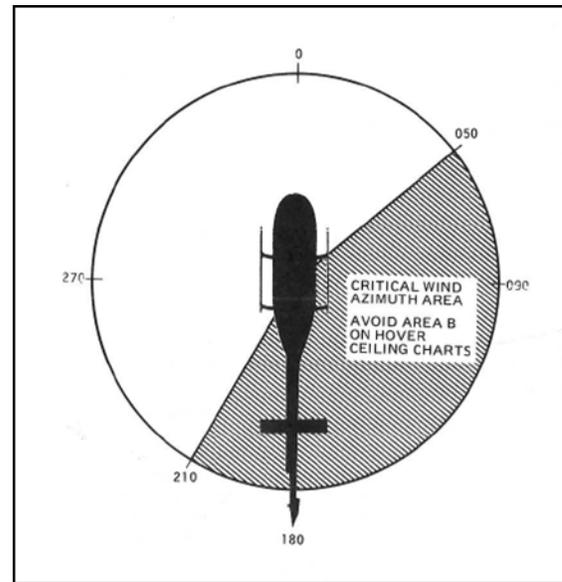
Figure 1. Effet de couple (source : Transports Canada, 2006)<sup>5</sup>

La perte d'efficacité du rotor de queue est en fait un mouvement de lacet non sollicité qui ne se neutralise pas de lui-même et qui, s'il n'est pas corrigé, peut entraîner la perte de maîtrise de l'hélicoptère<sup>6</sup>. La perte d'efficacité du rotor de queue n'est pas attribuable à un bris d'équipement ni à une maintenance déficiente, et tout hélicoptère monorotor volant à des vitesses inférieures à 30 nœuds est susceptible à ce phénomène. Cette perte est causée par un rotor de queue qui ne fournit pas une poussée suffisante pour maintenir la maîtrise en direction de l'aéronef du fait, habituellement, de certaines directions de vent pendant le vol stationnaire. Une poussée insuffisante du rotor de queue pour un certain réglage de puissance à des altitudes plus élevées peut également causer cette perte.

<sup>5</sup> Transports Canada, TP 9982F – *Manuel de pilotage des hélicoptères* (2<sup>e</sup> édition, 06/2006), figure 3-3, page 12, accessible à l'adresse <http://www.tc.gc.ca/publications/FR/TP9982/PDF/HR/TP9982F.pdf> (dernière consultation le 21 janvier 2014).

<sup>6</sup> U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, *Rotorcraft Flying Handbook* (2000), pp. 11-12.

Le manuel de vol de l'hélicoptère Bell 206 recommande la prudence lorsque le vent relatif souffle de la zone horizontale de vent relatif critique. Ce manuel traite en outre des plafonds de vol stationnaire et informe les pilotes que, lorsqu'ils exploitent un hélicoptère dans la zone B<sup>7</sup> (indiquée par la zone hachurée à la figure 2), la marge de maîtrise du rotor de queue et le contrôle de la température du moteur pourraient empêcher l'utilisation de l'hélicoptère dans la zone B des tableaux des plafonds de vol stationnaire lorsque le vent relatif se trouve dans la zone horizontale de vent relatif critique : par conséquent, il y a risque de perte d'efficacité du rotor de queue.



**Figure 2.** Zone horizontale de vent relatif critique (source : Bell Helicopters, *Bell Jet Ranger-II Model 206B Flight Manual* (2009))

Le manuel de vol de l'hélicoptère met en garde contre l'exploitation à basses vitesses indiquées au-dessus des altitudes publiées dans les tableaux de performance, car l'efficacité du rotor de queue pourrait alors être marginale aux réglages de puissance élevée dans ces conditions.

Bell Helicopters a émis la lettre d'information 206-84-41 en 1984 qui expliquait les caractéristiques de vol à basse vitesse pouvant entraîner un mouvement de lacet intempestif. La circulaire d'information 90-95 émise par la Federal Aviation Administration porte sur le phénomène de mouvement de lacet imprévu et recommande des techniques de rétablissement. Ce document cerne les conditions où peut survenir une perte d'efficacité du rotor de queue, notamment « durant toute manœuvre qui exige du pilote qu'il exploite l'hélicoptère dans une configuration de puissance élevée et de basse vitesse indiquée, par vent traversier de gauche ou vent arrière », en particulier durant les virages à droite. La technique de rétablissement recommandée consiste à appuyer à fond sur la pédale gauche du palonnier, à déplacer le manche de pas cyclique vers l'avant et, si l'altitude le permet, à réduire la puissance.

Dans un numéro de la publication *Sécurité aérienne - Vortex*<sup>8</sup>, Transports Canada présente le phénomène de mouvement de lacet imprévu vers la droite et la technique de rétablissement recommandée.

Le *Guide d'étude et de référence - Licences de pilote privé et professionnel* (hélicoptère)<sup>9</sup> publié par Transports Canada mentionne la perte d'efficacité du rotor de queue comme sujet de formation théorique à couvrir dans la partie « performance de l'hélicoptère ». Le *Manuel de pilotage des*

<sup>7</sup> Bell Helicopters, *Bell Jet Ranger-II Model 206B Flight Manual* (2009), p. 3-6D.

<sup>8</sup> Transports Canada, TP 202F, *Sécurité aérienne - Vortex*, numéro 1/2002.

<sup>9</sup> Transports Canada, TP 2476F – *Guide d'étude et de référence - Licences de pilote privé et professionnel* incluant les licences de pilote - Avion à hélicoptère (5<sup>e</sup> édition, juin 2004, révisé en novembre 2005).

*hélicoptères*<sup>10</sup> publié par Transports Canada énonce ce qui suit au sujet de la perte d'efficacité du rotor de queue :

Dans un vent fort par rafales, un virage pour s'écarter de la position vent debout doit se faire du côté opposé à la réaction de couple [...]. Vous vous assurez ainsi qu'il y a suffisamment de contrôle avec le rotor de queue. Si les limites de contrôle devaient être atteintes à ce moment-là, il serait encore possible de faire un virage en toute sécurité pour se remettre en position vent debout.

### *Rapports du laboratoire du BST*

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

- LP 104/2013 - GPS and Annunciator Panel

Ce rapport peut être obtenu du BST sur demande.

---

<sup>10</sup> Transports Canada, TP 9982F – *Manuel de pilotage des hélicoptères* (2<sup>e</sup> édition, 06/2006), page 39, accessible à l'adresse <http://www.tc.gc.ca/publications/FR/TP9982/PDF/HR/TP9982e.PDF> (dernière consultation le 21 janvier 2014).

## *Analyse*

L'examen de l'épave et des données recueillies durant l'enquête indique qu'il n'y avait aucun problème mécanique qui aurait pu entraîner la perte de maîtrise et l'écrasement subséquent. Il n'y avait aucune indication que des facteurs physiologiques, y compris la fatigue, étaient en cause dans l'accident. L'analyse portera donc sur le phénomène aérodynamique que l'on appelle « perte d'efficacité du rotor de queue ».

L'hélicoptère était utilisé dans un régime de vol où il était exposé à un vent arrière, autrement dit un vent qui provenait de la zone horizontale de vent relatif critique. Pendant que le pilote cherchait un endroit propice à l'atterrissage, l'hélicoptère volait à basse vitesse et à un réglage de puissance élevé. Plus le pilote a réduit la vitesse, plus l'hélicoptère est devenu susceptible à la perte d'efficacité du rotor de queue. Les dommages causés à l'intrados des pales du rotor principal indiquent que le pilote a tenté d'augmenter la puissance par la commande du collectif pour reprendre de l'altitude. L'application de puissance dans ce régime de vol particulier n'aurait qu'amplifié la tendance au mouvement de lacet vers la droite et accru la perte de maîtrise. L'hélicoptère a perdu l'efficacité de son rotor de queue, ce qui a entraîné une perte de maîtrise de la direction à une altitude au-dessus des arbres qui empêchait tout rétablissement efficace.

Le fabricant et l'organisme de réglementation ont distribué de l'information pour alerter les pilotes à propos de la perte d'efficacité du rotor de queue. On aurait en outre communiqué cette information au pilote durant sa formation initiale et dans le cadre de la formation subséquente sur l'hélicoptère Bell 206. L'enquête n'a pu déterminer dans quelle mesure le pilote était sensibilisé à ce phénomène dans le régime de vol où il pilotait l'hélicoptère.

## *Faits établis*

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

1. L'hélicoptère a été placé dans un régime de vol qui a causé une perte d'efficacité du rotor de queue, ce qui a entraîné une perte de maîtrise de direction à une altitude empêchant tout rétablissement : il en est résultée une collision avec le relief.

## *Mesures de sécurité*

### *Mesures de sécurité prises*

#### *Wood Buffalo Helicopters*

Wood Buffalo Helicopters a modifié à ses formulaires de formation afin de consigner que le sujet de la perte d'efficacité du rotor de queue a été abordé dans le cadre de ses programmes de formation théorique et d'entraînement au vol. L'entreprise a également mené une campagne de sensibilisation à la perte d'efficacité du rotor de queue après cet accident par l'entremise d'une réunion de sécurité et de la préparation et la distribution d'un bulletin d'exploitation au sujet de ce phénomène et des dangers liés au vol à basse vitesse et à faible altitude.

*Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. En conséquence, le Bureau a autorisé la publication du rapport le 17 décembre 2013. Il est paru officiellement le 5 février 2014.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.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.*

# Annexes

## Annexe A – Trajectoire de vol

