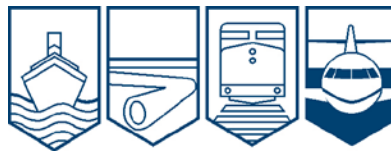


Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

## **RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A11P0117**



**IMPACT DE ROTOR PRINCIPAL ET COLLISION AVEC LE  
RELIEF**

**DE L'HÉLICOPTÈRE BELL 407, C-GNVI  
EXPLOITÉ PAR VIH HELICOPTERS LTD.  
À 14 NM AU NORD DE STEWART (COLOMBIE-BRITANNIQUE)  
LE 31 JUILLET 2011**

**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

### Impact de rotor principal et collision avec le relief

de l'hélicoptère Bell 407, C-GNVI  
exploité par VIH Helicopters Ltd.  
à 14 nm au nord de Stewart (Colombie-Britannique)  
le 31 juillet 2011

Rapport numéro A11P0117

### *Résumé*

L'hélicoptère Bell 407 (immatriculation C-GNVI, numéro de série 53847), exploité par VIH Helicopters Ltd., décolle de l'aéroport de Stewart vers 9 h 43, heure avancée du Pacifique, avec le pilote et 2 passagers à bord. L'hélicoptère vole à destination d'un site de recherches géologiques à 14 milles marins au nord de Stewart (Colombie-Britannique), près du glacier Nelson. Il n'y a pas d'autres communications verbales avec l'aéronef en cause après son départ, et l'enregistrement des données de suivi de vol cesse à 10 h 04. Quelque 6 heures plus tard, l'épave de C-GNVI est découverte éparpillée sur le flanc d'une montagne au site de recherches. Il n'y a aucun survivant. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz s'active, mais l'antenne et le câble de l'antenne sont endommagés, et aucun signal n'est reçu par le Centre canadien de contrôle des missions. Il n'y a pas d'incendie.

*This report is also available in English.*

## *Renseignements de base*

### *Déroulement du vol*

En utilisant des données extraites d'appareils photo, d'un système de positionnement mondial (GPS) portatif et d'un système de suivi par GPS de bord (qui transmet l'information de suivi à l'exploitant), l'enquête a déterminé que vers 9 h 58<sup>1</sup>, l'hélicoptère en cause s'est posé en équilibre sur le bout du patin gauche<sup>2</sup> sur une saillie de montagne à 5100 pieds au-dessus du niveau la mer (asl). Un passager occupait le siège avant gauche à côté du pilote, l'autre était dans le siège arrière gauche faisant face à l'avant. Ces passagers avaient déjà volé une fois avant avec ce pilote. Les 2 passagers avaient l'habitude de se déplacer en hélicoptère et connaissaient bien les procédures d'entrée et de sortie en vol stationnaire<sup>3</sup>. Le passager du siège arrière a effectué une sortie en vol stationnaire pour récupérer une corde d'escalade laissée sur les lieux le jour précédent. L'autre passager est resté à bord. L'hélicoptère a décollé et a reculé afin de permettre au passager de récupérer la corde. L'hélicoptère a ensuite atterri une seconde fois pour ramasser le passager. Ce décollage et l'atterrissage subséquent n'ont pas été signalés par le système de suivi par GPS, puisque les critères de signalement n'ont pas été satisfaits<sup>4</sup>. À 10 h 01, l'hélicoptère a décollé de nouveau avec les 2 passagers à son bord. Le système de suivi par GPS a signalé le décollage. L'hélicoptère s'est déplacé lentement le long du versant de la montagne de gauche à droite (de face à la montagne), a fait le tour du sommet vers la gauche et a effectué un autre passage à basse vitesse dans la même direction le long du versant de la montagne. À 10 h 04, le système de suivi par GPS a signalé que l'hélicoptère en cause s'était posé environ à 760 pieds au-dessus de l'endroit où la corde avait été ramassée. Il s'agit de la dernière donnée de position et d'altitude transmise par le système de suivi par GPS. À 10 h 14, le logiciel du système de suivi par GPS a généré un affichage d'état inactif, indiquant que le système n'avait pas reçu de compte rendu de position depuis 10 minutes.

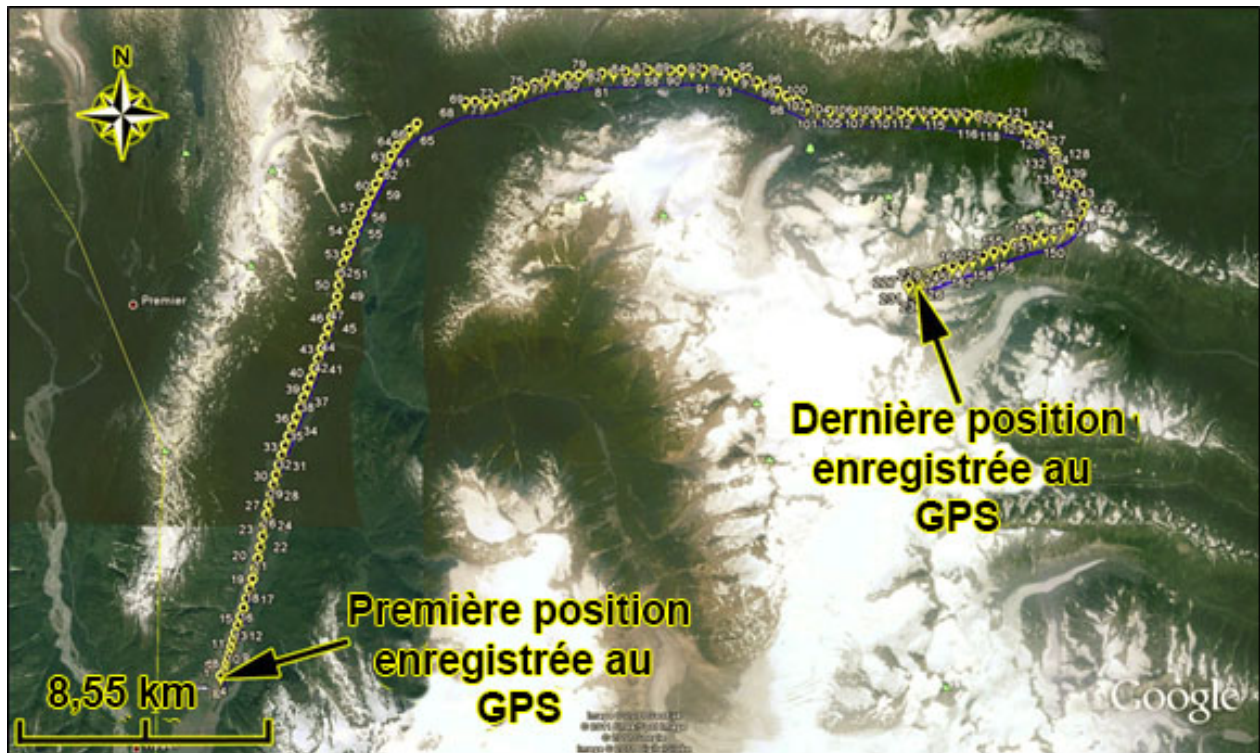
---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

<sup>2</sup> Atterrissage d'un hélicoptère où les patins, ou un seul d'eux, sont en contact avec une surface fixe pour stabiliser l'hélicoptère, mais la masse est soutenue par le ou les rotors principaux. On a habituellement recours à cette manœuvre sur un relief en pente ou lorsque la surface d'atterrissage ne peut pas accepter les 2 patins.

<sup>3</sup> Manœuvre où un passager entre dans un hélicoptère ou en sort lorsque l'hélicoptère est en vol stationnaire bas ou qu'il effectue un atterrissage en équilibre sur le bout des patins.

<sup>4</sup> Le système de suivi par GPS signale un atterrissage lorsque la vitesse sol diminue à moins de 10 nœuds, et un décollage est signalé lorsque la vitesse sol augmente au-dessus de 20 nœuds.



**Figure 1.** Tracé des données du GPS illustrant la trajectoire de vol (image : Google Earth; diagramme ajouté par le BST)

### *Conditions météorologiques*

Le message d'observation météorologique régulière horaire pour l'aviation de 10 h pour l'aéroport de Stewart faisait état des conditions suivantes : vents du 230° vrai (V) à 5 nœuds, visibilité de 12 milles terrestres (sm) avec quelques nuages à 400 pieds au-dessus du sol (agl), nuages épars à 1200 pieds agl, nuages fragmentés à 5700 pieds agl, et nuages fragmentés à 14 000 pieds agl, température de 12 °C, point de rosée de 11 °C, calage altimétrique de 29,96 pouces de mercure et visibilité plus faible au nord. Des séquences vidéo filmées de l'hélicoptère juste avant l'accident indiquaient de bonnes conditions de vol et des nuages à moyenne altitude fragmentés avec un plafond de nuages déchiquetés ainsi qu'une bonne visibilité en dessous. Le ruban voyant au lieu de récupération de la corde d'escalade indiquait des vents presque nuls. Le sommet de certaines des montagnes élevées était couvert de nuages fins. Les conditions météorologiques n'ont pas été considérées comme une cause de cet événement.

### *Suivi de vol*

La société VIH Helicopters Ltd. est exploitée en conformité avec les sous-parties 2, 3 et 4 de la partie VII du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) et utilise un système de contrôle d'exploitation de type « D ». En vertu de ce système, l'autorité concernant le commencement, le déroutement et la fin du vol d'un aéronef de la société est déléguée au commandant de bord. Selon le manuel d'exploitation de la compagnie (COM), le suivi des vols consiste à surveiller la progression d'un vol et à aviser les autorités si le vol est en retard ou porté manquant. L'information à jour sur l'endroit où se trouvent les aéronefs de l'entreprise doit être conservée

à un endroit approprié. Dans le cas du vol en question, le suivi des vols a été effectué à partir de la base de Stewart.

Selon la section 3.2 du COM, et en conformité avec l'article 703.18 du RAC, un plan de vol exploitation est requis pour chaque vol. En outre, le COM précise que les pilotes sont tenus d'informer le personnel assurant le suivi des vols de tout retard imprévu qui entraînera un retour tardif. Le jour de l'événement, le pilote a indiqué oralement ses intentions pour la journée. Avant l'événement, les pilotes et le personnel de la base se fiaient habituellement aux plans de vol exploitation communiqués oralement. Aucun plan de vol exploitation n'a été consigné par écrit pour le vol en question. Il y avait un panneau mural à la base de Stewart conçu à cette fin, mais il n'était pas utilisé. De plus, les pilotes n'avaient pas l'habitude de préciser une heure de retour. Cela était en grande partie dû à la nature des activités, qui exigeaient souvent que les pilotes restent à un site de recherches plus longtemps que prévu, au besoin, pour attendre que le mauvais temps se lève, pour déplacer les travailleurs du groupe de recherches (appelés grimpeurs) ou pour transporter de l'équipement aux grimpeurs. Le jour de l'événement, la tâche des grimpeurs consistait à travailler à partir de l'emplacement de descente en rappel pour prélever des échantillons de roche de la falaise près du chantier. Par surcroît, ils devaient vérifier, à partir de l'hélicoptère, une zone d'intérêt à la droite (à l'ouest) de l'emplacement actuel de descente en rappel des grimpeurs. Avant son départ, le pilote a indiqué au personnel au sol à Stewart qu'un retour à Stewart était prévu pour effectuer d'autres vols après avoir déposé les grimpeurs, et ce, si les conditions météorologiques le permettaient. Le pilote n'a pas précisé d'heure de retour.

Au moment de l'événement, aucune procédure n'avait été établie, et il n'était pas courant, à cette base, d'avoir recours aux appels périodiques visant à rendre compte de l'état du personnel ou de l'hélicoptère tout au long d'un vol. Cependant, de nombreuses stations de répéteurs sont établies partout dans la région, et le personnel au sol a l'habitude de s'en servir pour surveiller les activités des aéronefs. Dans de nombreux cas, le personnel au sol peut assurer le suivi de la progression de vol des aéronefs dans la région en restant à l'écoute des communications radio entre les aéronefs de l'exploitant et les équipes sur les lieux de travail.

En plus des communications radio, il est aussi possible de surveiller la progression des vols par Internet sur un site Web, utilisant le système de suivi par GPS installé sur les aéronefs de l'exploitant. Le système signale sa position à intervalles de 2 minutes, en plus de signaler les atterrissages et les décollages qui répondent aux critères établis par l'exploitant. Le système incorpore aussi une fonction d'urgence qui, si elle est activée manuellement de l'hélicoptère, porte l'intervalle de signalement à 15 secondes et déclenche des alarmes par l'intermédiaire du système d'avis de surveillance. Le personnel à la base de Stewart consultait périodiquement le site Web du système de suivi par GPS tout au long de la journée du vol en cause. Le site Web de suivi a signalé que le dispositif de suivi par GPS était devenu inactif près du point de débarquement prévu. Rien n'indiquait que la fonction d'urgence avait été activée. Comme il était normal de recevoir le message d'inactivité chaque fois que le moteur d'un hélicoptère était coupé, le personnel au sol à Stewart a conclu que le pilote avait vraisemblablement atterri et coupé le moteur pour attendre que le mauvais temps se lève.

### *Intervention en cas d'aéronef en retard*

Le personnel au sol à Stewart prévoyait le retour de l'hélicoptère en cause vers 11 h. Lorsque l'hélicoptère n'est pas arrivé comme prévu, le personnel au sol a essayé de communiquer avec

l'hélicoptère sur ses radios VHF (très haute fréquence)-AM et VHF-FM. De plus, on a essayé d'établir le contact radio avec les occupants de l'hélicoptère sur les radios VHF-FM personnelles qui avaient été fournies à chacun d'eux. Lorsqu'on a essayé d'appeler le pilote sur sa radio FM personnelle, on a découvert que cette radio avait été laissée dans le hangar. L'hélicoptère en cause n'était pas doté d'un système de communications par satellite. Toutes les tentatives de communiquer avec l'hélicoptère et ses occupants se sont soldées par un échec. Le groupe de recherches avait placé des stations de répéteurs au sommet de différentes montagnes pour élargir les possibilités de communication entre la base de Stewart et les autres camps de recherches dans la région. Les signaux radio VHF se propagent en visibilité directe.

L'emplacement et le relief entourant le projet du glacier Nelson empêchaient l'accès en visibilité directe entre l'hélicoptère et les répéteurs les plus proches à partir de certains endroits du site de recherches et à basse altitude. L'impossibilité d'établir la communication, en plus de l'état inactif signalé par le système de suivi par GPS, ont porté le personnel au sol à croire que l'hélicoptère en cause s'était vraisemblablement posé pour attendre que les conditions météorologiques s'améliorent avant de retourner à Stewart.

À 15 h, des membres du personnel de VIH Helicopters Ltd. et de l'entrepreneur responsable des recherches ont décidé d'appeler un hélicoptère d'un autre site pour vérifier le statut de C-GNVI, à partir de la dernière position signalée par le système de suivi par GPS. À bord de l'hélicoptère de recherches, il y avait 1 pilote et 1 technicien d'entretien. Ces personnes ne connaissaient pas très bien le site, et ont été incapables de localiser l'hélicoptère ou les grimpeurs. De plus, les tentatives d'établir la communication par radio avec l'hélicoptère en cause ou les grimpeurs ont échoué. L'hélicoptère de recherches s'est ensuite rendu à une aire de rassemblement tout près pour y prendre du matériel de premiers soins et 2 géologues, formés en premiers soins. Les géologues connaissaient bien le site et ont rapidement localisé l'épave. Peu de temps après, il a été établi que les 3 personnes à bord C-GNVI avaient subi des blessures mortelles.

Le COM comprend un plan d'intervention en cas d'aéronef en retard. En vertu de ce plan, l'exploitant doit effectuer une vérification de la trajectoire de vol. En outre, la procédure précise qu'il faut communiquer avec le centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) pour confirmer si un signal de la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) a été reçu et pour alerter le JRCC de la possibilité de devoir faire appel aux services de recherches et sauvetage (SAR). Le JRCC n'a pas été avisé que l'aéronef en cause était en retard et que l'entreprise avait commencé une opération de recherches aérienne. À ce stade, le personnel au sol croyait que le JRCC aurait communiqué avec eux s'il avait reçu un signal de l'ELT.

## *Aéronef*

Le Bell 407 est un hélicoptère monomoteur à turbine de 7 places à 1 seul pilote. Il est doté d'un rotor principal de 4 pales. Il est piloté à partir du siège de droite. L'hélicoptère C-GNVI était muni d'un panier de transport externe surélevé sur le côté droit. Les passagers montaient et descendaient habituellement par les portes passagers de gauche. Les commandes de vol du siège du pilote de gauche avaient été retirées, et les moignons du manche cyclique et du levier de pas collectif étaient protégés par des couvercles semi-rigides.

Le moteur comporte un régulateur automatique à pleine autorité redondante (FADEC) constitué de 2 unités principales : 1 module de commande électronique (ECU) et 1 régulateur hydromécanique (HMU). L'ECU surveille et contrôle les paramètres de fonctionnement du moteur relatifs aux éléments suivants :

- vitesses (régime du rotor principal, de la turbine à gaz et de la turbine de puissance);
- commandes moteur (angle de la manette de poussée sur le régulateur de carburant, couple et angle de pas collectif);
- températures (température des gaz mesurée et température de l'air à l'entrée du compresseur);
- débit de carburant (livres à l'heure);
- pression de l'air ambiant.

Lorsque les limites précisées sont dépassées, l'ECU déclenche un enregistrement d'événement, qui récupère les 12 secondes précédentes et continue d'enregistrer pendant les 12 secondes qui suivent.

### *Masse et centrage*

L'hélicoptère a décollé de Stewart avec 3 personnes à son bord et 2 sacs à dos dans le panier de transport externe sur le côté droit. Les enquêteurs ont calculé la masse et le centrage avec une charge de carburant estimative de 580 livres<sup>5</sup> et ont obtenu une masse au décollage d'environ 4300 livres. Il a été établi que la masse et le centre de gravité se trouvaient à l'intérieur des limites prescrites.

### *Navigabilité*

L'hélicoptère avait déjà été en cause dans un accident le 15 décembre 2010<sup>6</sup> et avait été lourdement endommagé. L'hélicoptère avait cumulé environ 1290 heures de vol depuis sa fabrication, et environ 40 heures depuis sa remise en service après d'importantes réparations consécutives à l'accident précédent. Les dossiers de maintenance examinés indiquent que la maintenance de l'hélicoptère avait été assurée en conformité avec les procédures approuvées. L'inspection quotidienne avait été effectuée le matin de l'accident.

### *Examens de l'épave*

On a récupéré de grandes parties de la cabine, le moteur, la transmission et le moyeu du rotor principal auquel des sections de pales du rotor principal étaient toujours fixées, la poutre de queue avec des sections d'arbre d'entraînement, le rotor de queue et la boîte de transmission du rotor de queue. L'arbre d'entraînement du rotor de queue et l'arbre d'entraînement principal entre le moteur et la transmission étaient sectionnés. Des sections de pales de rotor rompues étaient éparpillées sur la falaise. Ces sections de pales de rotor n'ont pas été récupérées en raison des risques liés à leur récupération. Les appareils photo des passagers, le GPS portatif et l'ELT ont également été récupérés. En outre, l'enquête a pu avoir accès aux données transmises par le système de suivi par GPS.

---

<sup>5</sup> Le matin de l'accident, l'hélicoptère a été ravitaillé de 246 litres de carburant Jet A-1. Les dossiers de l'exploitant n'indiquent pas le volume de carburant réel à bord de l'hélicoptère.

<sup>6</sup> Rapport d'enquête aéronautique numéro A10P0388 du BST

L'hélicoptère était muni d'un ELT ARTEX C406-N HM (numéro de pièce 4543-5061, numéro de série 05613) (installé et soumis à des essais le 15 octobre 2010, avec vérification de fonctionnement en mai 2011). Le personnel de récupération a trouvé l'ELT activé 2 jours après l'événement et l'a éteint à ce moment. L'antenne était brisée, et le câble de l'antenne s'était sectionné. Le Bureau de la sécurité des transports (BST) a enquêté sur de nombreux événements au cours des 5 dernières années où un ELT avait été rendu inopérant parce que l'unité ou l'antenne avaient été endommagées<sup>7</sup>. Selon le sous-alinéa 551.104(f)(2)(ii) de la partie V (Navigabilité) du RAC, à bord d'un hélicoptère léger, l'axe sensible de l'ELT doit être orienté à environ 45° vers le bas par rapport à la direction normale du vol vers l'avant. Cependant, dans l'aéronef en cause, l'ELT était monté sur une surface horizontale de la cellule, qui formait le dessus de la console entre les 2 sièges passagers qui font face à l'arrière. L'ELT de modèle HM (modèle pour hélicoptère) comporte 6 contacteurs à inertie. L'ELT a été installé en conformité avec le manuel d'installation du fabricant, qui répond aux exigences de l'article 551.104 du RAC. On n'a pas trouvé de dossiers d'entretien faisant état de réparation, de modification ou de remplacement de l'antenne de l'ELT durant toute la durée de vie de l'hélicoptère.

Il a été possible de récupérer les données de fonctionnement du moteur de l'ECU de l'hélicoptère en cause dans le cadre de l'enquête. En conséquence, le moteur n'a pas été démonté en vue d'un examen. Les données enregistrées indiquent qu'il n'y a pas eu d'anomalie du FADEC. Les données de l'ECU, jusqu'à l'enregistrement 10 (annexe A), indiquent que le moteur fonctionnait normalement, à des valeurs de couple variant entre 58 et 62 %, pendant au moins 11 secondes avant que le couple baisse à 52 %. Cette baisse a été accompagnée d'une réduction du débit de carburant et du régime du générateur de gaz. Immédiatement après, une perte de régime du rotor principal de 9 % a déclenché la consignation de l'événement. Les données indiquent que l'ECU et le pilote ont tous deux réagi avec des commandes d'augmentation du régime du moteur à son niveau maximal permis. Le moteur a réagi aux commandes et a atteint un débit de carburant maximal pendant que 5 dépassements des limites de couple consécutifs ont été enregistrés. Une forte hausse subséquente du couple, atteignant 150 %, a été suivie d'une divergence de régime de la turbine de puissance et du rotor principal. De fortes hausses de couple sont caractéristiques de pales de rotor heurtant des objets<sup>8</sup>.

Les calculs des performances ont permis de déterminer que la puissance de l'hélicoptère était plus que suffisante pour faire du vol stationnaire hors de l'effet de sol dans les conditions actuelles quant à la masse, à l'altitude et à la température, avec le dégivrage moteur activé ou non. Il faut faire fonctionner le dégivrage moteur lorsque la température extérieure ambiante est inférieure à 5 °C dans de l'humidité visible. La température à l'élévation du site de recherches était vraisemblablement autour de 0 °C. Les vidéos et les photos prises durant le vol illustrent que l'hélicoptère ne volait pas dans ou à proximité de l'humidité visible au site de recherches.

L'examen des composants et des enregistrements récupérés et la recherche des circuits n'ont révélé aucune anomalie antérieure à l'impact en ce qui a trait aux composants du moteur ou de

---

<sup>7</sup> Rapports d'enquête aéronautique numéros A09A0016, A09C0172, A09W0021, A09Q0181, A09Q0190, A08W0173, A08Q0054, A08O0233, A07W0003, A07O0238 et A07C0001 du BST.

<sup>8</sup> Le couple est l'effet de torsion entre un arbre d'entraînement en rotation (moteur) et la résistance d'un arbre récepteur (rotor principal). Une forte hausse de couple peut être causée par l'augmentation soudaine de la résistance produite par le rotor principal entraîné heurtant un objet solide fixe, tandis qu'une perte de couple soudaine peut être causée par une perte de puissance d'entraînement, comme la rupture d'un arbre d'entraînement.



la chaîne dynamique, les pales du rotor, les composants de commandes de vol et le circuit hydraulique.

### *Enregistreurs de bord*

En mars 2010, puis à nouveau en juin 2012, le BST a publié sa Liste de surveillance, qui comprend les enjeux de sécurité sur lesquels le BST a enquêté et qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Un problème multimodal relevé dans le Liste de surveillance est que « des données essentielles pour comprendre comment et pourquoi des accidents de transport se produisent sont souvent perdues ou endommagées, ou il n'est pas obligatoire de les recueillir ». Les hélicoptères monomoteurs à turbine qui ne requièrent qu'un pilote, comme le Bell 407, ne satisfont pas aux dispositions relatives aux enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) et aux enregistreurs de données de vol (FDR) de l'article 605.33 du RAC, et ne sont pas tenus d'être dotés de ces appareils. L'hélicoptère en cause n'était pas équipé d'un CVR ni d'un FDR. En conséquence, les enquêteurs du BST n'avaient pas accès aux données de ces appareils.

Les 2 dernières minutes de données enregistrées à partir du GPS portatif indiquent que la position et l'altitude de l'hélicoptère étaient stationnaires pendant 54 secondes avant l'interruption de l'alimentation électrique ou la perte du signal GPS. Le compte rendu de position suivant aurait été enregistré 6 secondes plus tard.

L'information recueillie des appareils photo et vidéo numériques, du GPS portatif et du système de suivi par GPS s'est révélée d'une très grande valeur pour l'enquête du BST. On a fait d'importants progrès technologiques au cours des dernières années; il existe actuellement sur le marché un très grand nombre d'appareils miniatures avec lesquels on peut enregistrer des données ainsi que des séquences vidéo et audio. Ces appareils d'enregistrement miniatures repoussent un grand nombre des limites des enregistreurs de plus ancienne génération en matière de taille, de poids et de capacité de mémoire. Il est maintenant possible d'obtenir des enregistreurs vidéo haute définition pleine résolution plus petits qu'un appareil photo traditionnel de 35 mm à objectif non interchangeable.

### *Carburant*

Des échantillons de carburant quotidiens prélevés du filtre à carburant de l'hélicoptère, du filtre du distributeur de carburant et du réservoir de stockage le jour de l'accident étaient limpides et propres à l'œil nu, et un essai colorimétrique n'a révélé aucun signe d'eau ou de liquide dégivrant dans les échantillons. Le vol qui a mené à l'accident était le premier de la journée. L'hélicoptère était en vol depuis environ 21 minutes avant l'accident. Les autres hélicoptères utilisant la même source de carburant ce jour-là n'ont pas signalé de problème lié au carburant.

### *Limites de temps de vol et de temps de service de vol*

Les directives de l'exploitant quant aux limites de temps de vol et de temps de service de vol correspondent à celles du RAC. L'alinéa 4.25.1.1 du COM décrit les limites normalisées de temps de vol, notamment un maximum de 120 heures par période de 30 jours consécutifs, et de 60 heures par période de 7 jours consécutifs.

L'alinéa 4.25.1.2 du COM précise que les pilotes ne doivent pas travailler plus de 14 heures par période de 24 heures consécutives. En outre, l'alinéa 4.25.1.4 du COM stipule que chaque pilote doit avoir au moins 1 période de 24 heures sans service à 3 reprises par période de 30 jours consécutifs, et à 13 reprises par période de 90 jours consécutifs.

### *Personnel navigant*

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel (hélicoptère), délivrée initialement en 2001. La licence n'autorisait que le vol de jour et était validée par un examen médical d'aviation de catégorie 1. La licence était valide jusqu'au 1 juillet 2012 sans restrictions médicales. L'enquête a déterminé que rien n'indiquait que le rendement du pilote avait été perturbé par un état pathologique préexistant.

VIH Helicopters Ltd. a embauché le pilote en janvier 2011. Au moment de l'accident, les dossiers indiquent que le pilote avait cumulé quelque 2500 heures de vol en tant que commandant de bord sur différents hélicoptères monomoteurs légers, et 1000 heures de vol de plus en tant que commandant de bord sur des hélicoptères multimoteurs. Les dossiers de formation du pilote indiquent que VIH Helicopters Ltd. a fourni une formation sur type au pilote et une qualification sur l'hélicoptère Bell 407, en plus d'une formation de sortie en vol stationnaire en janvier 2011. Un vol de familiarisation dans la région au nord de Stewart a été effectué avec le pilote en chef de l'exploitant en juin 2011. Un employeur précédent avait donné de la formation en gestion des ressources en équipe (CRM) et en prise de décisions du pilote en 2010, et la formation sur le vol en montagne en 2008. Le pilote en cause avait cumulé quelque 240 heures de vol en montagne, ce qui comprenait notamment les changements d'équipage, les opérations en équilibre sur le bout des patins et le transport de charges externes à l'appui de projets de recherche minière.

À l'exception de 1 journée de service de 15,1 heures le 17 juillet 2011, les heures de vol et de service consignées du pilote n'ont pas excédé les limites pendant sa période d'affectation (voir la rubrique Affectation des équipages). Dans les 15 jours précédant l'accident, la longueur moyenne des journées de service du pilote était de 12,75 heures. Les journées de service les 28 et 29 juillet étaient chacune de 12,75 heures, avec 5,6 heures de vol chaque jour. Le 30 juillet, le pilote a été de service pendant 11,5 heures; il a effectué 6 vols et totalisé 3,8 heures de vol. Les heures consignées de ces journées de service comprennent la période de chaque jour entre le premier décollage et le dernier atterrissage, et ne tiennent pas compte des tâches à accomplir avant et après le vol. Le COM de VIH Helicopters Ltd. (en conformité avec le paragraphe 700.16[1] du RAC) limite la longueur des journées de travail des pilotes à 14 heures par période de 24 heures. L'exploitant fournit des formulaires sur lesquels la journée de service au complet est consignée. Le pilote n'avait pas encore rempli le formulaire, qui devait être soumis chaque mois. Tous les jours comportaient plusieurs périodes de plus de 30 minutes entre les vols. Une fois, il y a eu une pause de 4,5 heures entre les vols. Ces périodes de repos, de même que les heures de départ, étaient complètement aléatoires. Pendant la période d'affectation en cours au moment de l'accident, le pilote avait accumulé environ 100 heures de vol, atteignant un maximum de 40 heures par période de 7 jours.

Le pilote en cause restait aux camps de base pendant sa période d'affectation. On disait des camps qu'on y trouvait un lit confortable et de la bonne nourriture. Le pilote était dans un logement de fonction de l'exploitant à Stewart la nuit précédant le jour de l'accident. Le pilote semblait reposé et de bonne humeur le matin de l'accident.

## *Affectation des équipages*

La rotation normale pour ce projet était une période d'affectation de 4 semaines suivie de 2 semaines de congé. Dans certains cas, la longueur des périodes d'affectation était prolongée pour répondre aux besoins opérationnels ou satisfaire aux demandes de congé d'autres pilotes. Le pilote en cause a commencé sa période d'affectation de 3 semaines le 12 juillet 2011, après un congé prolongé de 27 jours. Le pilote avait demandé le congé prolongé, qui avait été approuvé par l'employeur. La période d'affectation de 3 semaines faisait partie d'efforts de l'exploitant visant à réaligner les horaires des pilotes sur la rotation de 4 semaines de travail et 2 semaines de congé. Le 28 juillet 2011, le pilote en cause a été avisé que sa période d'affectation devait être prolongée de 10 jours; le pilote devait se présenter à Stewart le 30 juillet pour répondre à une demande de congé d'un autre pilote. En réponse à cette demande, le pilote a exprimé sa grande frustration à l'égard de cette prolongation et du court préavis.

La région autour de Stewart est une zone de recherche minière active. Le relief est très accidenté, et les pilotes effectuent des manœuvres telles que des atterrissages en équilibre sur le bout des patins et des entrées et sorties en vol stationnaire, ainsi que des opérations de transport de charges externes pour appuyer des activités de recherche minière. De nombreux jours de vol sont perdus en raison des conditions météorologiques. L'enquête a déterminé que le pilote en cause était d'avis que le travail à Stewart était très exigeant, et que la fatigue des pilotes pouvait entraîner des conditions dangereuses dans les derniers jours d'une période d'affectation de 4 semaines. Le pilote avait également exprimé son mécontentement à l'égard de la prolongation de sa période d'affectation juste avant son congé prévu, et croyait qu'une prolongation de ce genre nuisait à la capacité des gens à se concentrer sur leur travail et causait en outre des problèmes à la maison. À au moins 1 autre occasion, le pilote avait demandé d'être relevé pour cause de fatigue. Cette fois-là, le préposé à l'affectation de VIH Helicopters Ltd. avait pris des dispositions pour qu'un pilote de relève arrive en moins de 2 jours. L'enquête a permis de déterminer que l'exploitant appuyait les pilotes dans leur décision de ne pas voler parce que leur état de fatigue les inquiétait, et que reporter les travaux afin de permettre à un pilote de prendre un peu plus de repos ne posait pas de problème au groupe de recherches. Le pilote en cause n'a pas demandé de reporter les travaux, ni n'a indiqué qu'il devait être relevé de ses fonctions pour la période d'affectation actuelle en raison de fatigue.

Le pilote est arrivé à Stewart le jour précédant celui de l'accident, soit son 19<sup>e</sup> jour de service. Le pilote était un nouveau venu au projet du glacier Nelson. Le pilote sortant a donné un exposé de changement d'équipage; cet exposé comportait des renseignements sur l'emplacement, une description des sites où les travaux sont effectués et un examen cartographique des trajectoires par mauvais temps. Le pilote en cause a refusé une offre d'effectuer un vol de familiarisation. À la fin de la journée, le pilote en cause a ramassé 4 passagers à d'autres sites, en plus de l'équipe de recherches de 2 personnes au site du glacier Nelson, et les a ramenés à Stewart. Le vol en question était le deuxième vol du pilote à ce site.

## *Possibilités de survie*

Les 2 sièges du poste de pilotage étaient équipés d'un harnais de sécurité à 4 points. Le pilote est demeuré retenu dans son siège par la ceinture abdominale et les bretelles de sécurité tout au long des événements menant à l'accident. Le pilote portait un casque.

Le passager qui occupait le siège avant gauche a été trouvé hors de l'hélicoptère. Le harnais de sécurité était fixé à la cellule séparément du siège, et a été trouvé avec la ceinture abdominale et les 2 bretelles de sécurité bouclées. Le siège est resté dans l'hélicoptère. L'extrémité extérieure de la ceinture abdominale était fixée à son point d'attache sur le montant de porte arrière. Le montant de porte s'est rompu de la cellule à sa base lorsque la cellule s'est défaite, créant ainsi une ouverture sur le côté de l'hélicoptère adjacent au passager non retenu par son harnais de sécurité.

Le passager du siège arrière a également été trouvé hors de l'hélicoptère. Tous les sièges de la cabine des passagers étaient équipés de harnais de sécurité à 3 points, et ils ont tous été trouvés non bouclés.

Les forces associées à la dislocation après l'impact avec le sol étaient brutales et au-delà des limites normales de la résistance humaine. La collision avec le relief n'offrait aucune chance de survie.

### *Exploitant*

VIH Helicopters Ltd. est une filiale du VIH Aviation Group. VIH Helicopters Ltd. exploite une flotte de 40 hélicoptères au pays et à l'échelle internationale, et fournit la majorité de ses services en vertu de la sous-partie 2 (Opérations de travail aérien) ou de la sous-partie 3 (Exploitation d'un taxi aérien) de la partie VII du RAC. VIH Helicopters Ltd. a entamé le processus de mise en œuvre d'un système de gestion de la sécurité (SGS) officiel; cependant, le règlement n'oblige actuellement pas l'entreprise à avoir un SGS entièrement opérationnel.

Dans sa politique en matière de sécurité, VIH Helicopters Ltd. considère que la sécurité est une valeur fondamentale et stipule que ses employés ont non seulement le droit, mais aussi la responsabilité, de refuser de travailler lorsqu'il existe des situations dangereuses ou un risque de danger imminent. L'enquête a permis de déterminer que VIH Helicopters Ltd. avait déjà appuyé les employés qui signalaient des conditions de travail dangereuses et avait pris les mesures nécessaires pour ramener le risque à des niveaux acceptables.

Le SGS est un autre secteur mentionné dans la Liste de surveillance du BST. Comme le précise la Liste de surveillance du BST :

Mis en œuvre convenablement, les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) permettent aux sociétés de transport de reconnaître les dangers, de gérer les risques et d'élaborer puis de respecter des processus de sécurité efficaces. Cependant, Transports Canada n'assure pas toujours une surveillance efficace des sociétés aériennes qui sont en train de faire la transition vers un SGS, et certaines sociétés ne sont même pas tenues d'avoir un SGS.

L'enquête a donné lieu aux rapports suivants du Laboratoire du BST :

LP098/201 - *Engine instrument analysis* (analyse des instruments moteur)

LP099/2011 - *Sequential time sequence* (séquence temporelle)

LP104/2011 - *Audio enhancement* (amélioration de l'audio)

Ces rapports sont disponibles sur demande auprès du BST.

## *Analyse*

Il n'y a eu aucun témoin de l'événement et il n'y avait pas de données d'enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) ou d'enregistreur de données de vol (FDR) pour aider les enquêteurs. Les renseignements provenant du module de commande électronique (ECU), du système de suivi par système de positionnement mondial (GPS), du GPS portatif et des appareils photo personnels ont grandement aidé l'enquête du BST. Rien n'indique qu'une défaillance ou que le mauvais fonctionnement d'un circuit de l'hélicoptère avait contribué à cet événement. En conséquence, la présente analyse porte essentiellement sur un scénario possible expliquant pourquoi l'hélicoptère a heurté le relief. En outre, l'analyse traitera de plusieurs facteurs liés aux procédures de suivi des vols et aux plans d'intervention en cas d'aéronef en retard, et ce, dans un effort visant à améliorer la sécurité.

Les données GPS enregistrées indiquent que l'hélicoptère était en vol stationnaire, ou presque, pendant 54 secondes jusqu'à l'interruption de l'alimentation électrique ou la perte du signal GPS. Les données de l'ECU indiquent une légère réduction graduelle de puissance, suivie d'une réduction soudaine de régime du rotor principal. La baisse de régime du rotor principal s'est vraisemblablement produite parce que les pales du rotor principal ont heurté un obstacle pendant une manœuvre de l'hélicoptère à proximité de la paroi rocheuse. Tout dommage aux pales de rotor, lesquelles sont à la fois une surface portante et une surface de gouverne, entraînera vraisemblablement une instabilité ou une perte totale de maîtrise. Cette augmentation soudaine du couple à 150 % est caractéristique d'un impact de rotor violent. La divergence subséquente entre le régime du rotor principal (diminué) et celui de la turbine de puissance (augmenté) est révélatrice d'un relâchement soudain du couple causé par la rupture de l'arbre d'entraînement entre le moteur et la transmission. Pendant que l'hélicoptère se trouvait à proximité d'un relief escarpé, pour des raisons indéterminées, les pales du rotor principal ont percuté le relief, ce qui a causé une perte de maîtrise et une collision avec le relief.

Le suivi des vols est un moyen de défense contre les conséquences néfastes possibles lorsqu'un aéronef est porté manquant ou qu'il est en retard. Ce moyen de défense a commencé à faire défaut lorsque le plan de vol verbal n'a pas précisé d'heure de retour à Stewart. En l'absence d'un plan de vol exploitation documenté, d'un moyen d'enregistrer les modifications apportées à ce plan de vol et de directives explicites relatives au moment où il faut considérer qu'un vol est en retard, les hypothèses émises par le personnel au sol quant à l'état d'un aéronef peuvent entraîner des retards dans le déclenchement du plan d'intervention en cas d'aéronef en retard. Malgré les tentatives de communication, on savait que la couverture des communications était intermittente. Lorsqu'il y a une divergence entre les procédures d'un exploitant et la pratique courante, cela peut mettre l'équipage de conduite et les passagers davantage à risque de blessures ou de perte de vie à la suite d'un accident.

Une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) est un autre moyen de défense qui peut aider à réduire les retards dans le déclenchement d'opérations de recherches et sauvetage. Ce moyen de défense a échoué lorsque l'antenne s'est brisée et que le câble de l'antenne a été sectionné. En conséquence, le Centre canadien de contrôle des missions n'a pas détecté le signal de l'ELT. Le personnel au sol de l'exploitant croyait que le centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) aurait communiqué avec lui si l'hélicoptère en cause avait été impliqué dans un accident. Des dommages causés à l'ELT ou à son antenne accroissent la probabilité qu'un signal de détresse ne soit pas détecté. En conséquence, les membres de l'équipage de conduite et les

passagers blessés courent un risque élevé de mourir en raison du retard des services de recherches et sauvetage. Les procédures de l'exploitant et le personnel qui participe au suivi des vols doivent tenir compte des limites des ELT.

L'aéronef en cause était équipé d'un système de suivi par GPS, qui fournissait des mises à jour de position toutes les 2 minutes. Le système ne comprenait pas de moyen d'émettre des avis d'urgence automatiques. Dans le cas présent, le personnel au sol n'a pas reçu d'avis d'urgence activé manuellement par l'intermédiaire du système de suivi par GPS, ce qui a contribué à la conviction selon laquelle le pilote s'était posé pour attendre que les conditions météorologiques s'améliorent. Selon le manuel d'exploitation de la compagnie (COM), le plan d'intervention en cas d'aéronef en retard aurait dû être déclenché lorsque l'aéronef était considéré comme étant en retard. Cependant, l'absence de signal d'ELT, en plus du fait qu'aucun avis d'urgence n'a été reçu par l'intermédiaire du système de suivi par GPS, ont porté le personnel au sol à croire que la situation n'exigeait pas le déclenchement du plan d'intervention en cas d'aéronef en retard. Cette interprétation de la situation a contribué à retarder le déclenchement des opérations de recherches et sauvetage. Le plan d'intervention en cas d'aéronef en retard de l'exploitant exigeait que le JRCC soit avisé qu'il pourrait être nécessaire d'avoir recours aux services de recherches et sauvetage. Cette étape a été omise, et le JRCC n'a pas été avisé du retard de l'aéronef. Si le JRCC n'est pas avisé au moment opportun, l'équipage de conduite et les passagers de cet aéronef sont exposés à des risques accrus de blessures ou de décès en raison des retards des services de recherches et sauvetage potentiellement essentiels à leur survie.

Des journées de travail consécutives peuvent avoir un effet cumulatif sur la fatigue des pilotes d'hélicoptère, plus particulièrement dans le cas où leurs tâches demandent beaucoup de concentration et augmentent leur charge de travail<sup>9</sup>. La fatigue peut s'accumuler lorsqu'un déficit de sommeil est reporté des jours précédents de manque de sommeil<sup>10</sup>.

Le pilote en cause avait soulevé des préoccupations concernant la longueur de la période d'affectation de 4 semaines, et ce, en raison de la nature exigeante du travail. L'enquête a permis de déterminer qu'il pouvait y avoir un conflit entre les plans personnels du pilote et les exigences opérationnelles de l'employeur. Ce conflit peut bien avoir été l'agent catalyseur qui a poussé le pilote à exprimer sa frustration au personnel de l'exploitant et à la lier à des préoccupations à l'égard de la sécurité aérienne. Cependant, rien n'indique que le pilote souffrait des effets de la fatigue au moment de l'événement. Dans les jours qui ont précédé l'événement, les heures de vol et journées de service du pilote se trouvaient à l'intérieur des limites prescrites par la réglementation. Le matin de l'événement, le pilote était de bonne humeur et semblait bien reposé. De plus, le pilote n'avait pas mentionné à l'exploitant ou au groupe de recherches, comme il l'avait fait lors d'une période d'affectation antérieure, qu'il souffrait des effets de la fatigue. L'enquête n'a pas permis d'établir de lien entre les périodes d'affectation de 4 semaines et la fatigue du pilote dans le cas présent.

Les dispositifs de retenue des occupants des sièges de la cabine arrière n'étaient pas bouclés. Il est possible que le passager du siège arrière ait débouclé son dispositif de retenue en prévision d'une sortie en vol stationnaire près des lieux de l'accident et qu'il ne l'ait pas bouclé de

---

<sup>9</sup> P. Croucher, *Professional Helicopter Pilot Studies*, 2007, pages 1-56.

<sup>10</sup> J.A. Caldwell et J.L. Caldwell, *Fatigue in Aviation – A guide on staying awake at the stick*, Ashgate Publishing, novembre 2003, page 42.

nouveau lorsqu'il est revenu dans l'hélicoptère après avoir récupéré la corde d'escalade ou qu'il ne l'ait pas bouclé du tout pendant toute la durée du vol. En cours de vol, les dispositifs de retenue doivent être utilisés et n'être débouclés que lorsque cela est nécessaire pour sortir de l'aéronef. Les procédures comme les atterrissages en équilibre sur le bout des patins et les sorties en vol stationnaire exigent que les passagers débouclent leurs dispositifs de retenue. Les passagers qui effectuent des sorties en vol stationnaire courent un risque plus élevé de blessure si les dispositifs de retenue sont débouclés pendant plus de temps que cela est nécessaire.

L'hélicoptère était équipé d'un système de suivi par GPS avec un intervalle de compte rendu de 2 minutes. Des comptes rendus plus fréquents auraient pu fournir des données supplémentaires utiles à l'enquête. En plus du système de suivi par GPS, 3 autres sources de données enregistrées ont fourni des renseignements supplémentaires très utiles à l'enquête : un GPS portatif, des appareils photo numériques et l'ECU de l'aéronef.

Au cours des dernières années, un grand nombre de types d'appareils miniatures avec lesquels on peut enregistrer des données ainsi que des séquences vidéo et audio sont apparus sur le marché. En vertu de la réglementation, l'hélicoptère n'était pas tenu d'être équipé d'un appareil d'enregistrement de données de vol, quel qu'il soit. Cela peut limiter la quantité et la qualité des données qui peuvent être recueillies dans le cadre d'une enquête.

## *Faits établis*

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

1. Pendant que l'hélicoptère se trouvait à proximité d'un relief escarpé, les pales du rotor principal ont percuté le relief, ce qui a causé une perte de maîtrise et une collision avec le relief.

### *Faits établis quant aux risques*

1. S'il y a une divergence entre les procédures d'un exploitant et la pratique courante, l'équipage de conduite et les passagers peuvent être davantage exposés à des risques de blessures ou de perte de vie à la suite d'un accident.
2. Si le Centre conjoint de coordination de sauvetage n'est pas avisé au moment opportun une fois qu'on a déterminé qu'un aéronef est en retard ou qu'il a été en cause dans un accident, l'équipage de conduite et les passagers de cet aéronef sont exposés à des risques accrus de blessures ou de décès en raison des retards des services de recherches et sauvetage potentiellement essentiels à leur survie.
3. Les dommages causés à la radiobalise de repérage d'urgence ou à son antenne accroissent la probabilité qu'un signal de détresse ne soit pas détecté. En conséquence, les membres de l'équipage de conduite et les passagers blessés vont courir un risque élevé de mourir en raison du retard des services de recherches et sauvetage.
4. Les procédures comme les atterrissages en équilibre sur le bout des patins et les sorties en vol stationnaire exigent que les passagers débouclent leur dispositif de retenue. Les passagers qui effectuent des sorties en vol stationnaire courent un risque plus élevé de blessure si les dispositifs de retenue sont débouclés pendant plus de temps que nécessaire.
5. L'absence d'enregistrements de conversations dans le poste de pilotage et de données de vol dans le cadre d'une enquête pourrait empêcher la détermination et la communication d'importantes lacunes en matière de sécurité, et ainsi l'amélioration de la sécurité des transports.

### *Autres faits établis*

1. L'enquête n'a pas permis d'établir de lien entre les périodes d'affectation de 4 semaines et la fatigue du pilote dans le cas présent.



## *Mesures de sécurité*

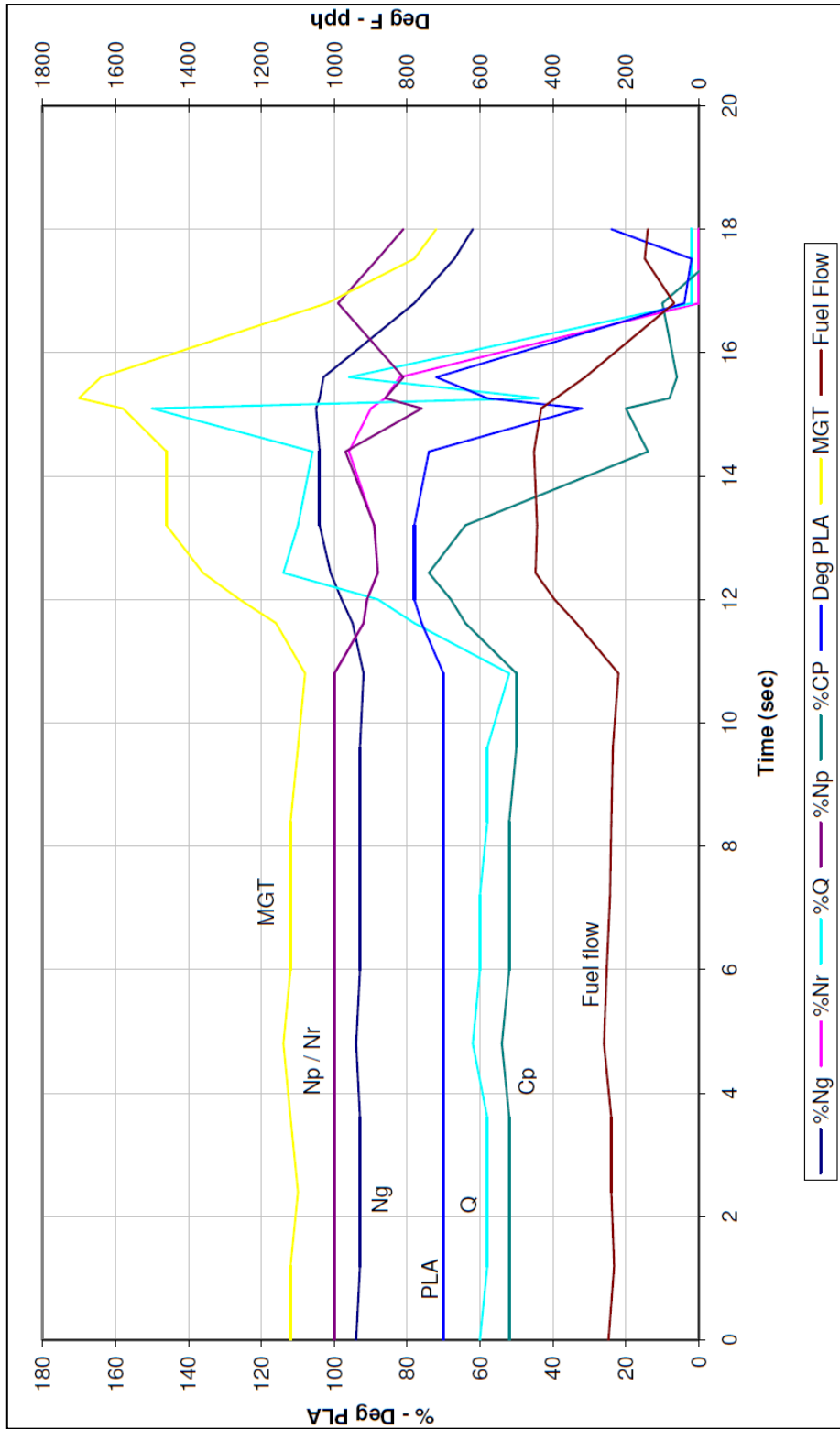
### *Mesures de sécurité prises*

VIH Helicopters Ltd. a entrepris de travailler en collaboration avec les fabricants de systèmes de surveillance de données de vol en vue d'élaborer et de mettre à l'essai le matériel et les logiciels de fournisseurs qui permettraient de mieux répondre aux besoins de l'exploitation d'hélicoptères selon les règles de vol à vue (VFR).

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 17 avril 2013. Il est paru officiellement le 19 juillet 2013.*

*Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)). Vous y trouverez également la Liste de surveillance qui décrit les problèmes de sécurité dans les transports présentant les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a établi que les mesures prises jusqu'à présent sont inadéquates, et que tant l'industrie que les organismes de réglementation doivent prendre de nouvelles mesures concrètes pour éliminer ces risques.*

Annexe A- Données enregistrées par l'ECU (en anglais seulement)



## *Annexe A – Données enregistrées par l'ECU (suite)*

### *Définitions des éléments du graphique*

PLA	Manette de poussée
MGT	Température mesurée des gaz
Np/Nr	Vitesse de la turbine de puissance / Vitesse du rotor principal
Ng	Vitesse du générateur de gaz
Q	Couple
Cp	Pas collectif
Fuel flow	Débit carburant du moteur
Pph	Livres par heure