

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A15C0005



**COLLISION AVEC LE RELIEF
AIRSPAN HELICOPTERS LTD.
EUROCOPTER AS350 B2 (HÉLICOPTÈRE)
C-GJPW
LAC KEY (SASKATCHEWAN), 11 NM SE
21 JANVIER 2015**

Canada

Bureau de la sécurité des transports du Canada
Place du Centre
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741
1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst-tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2016

Rapport d'enquête aéronautique A15C0005

No de cat. TU3-5/15-0005F-PDF
ISBN 978-0-660-05446-9

Le présent document se trouve sur le site Web
du Bureau de la sécurité des transports du Canada
à l'adresse www.bst.gc.ca

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

Rapport d'enquête aéronautique A15C0005

Collision avec le relief

Airspan Helicopters Ltd.

Eurocopter AS350 B2 (hélicoptère)

C-GJPW

Lac Key (Saskatchewan), 11 nm SE

21 janvier 2015

Résumé

L'hélicoptère Eurocopter AS350 B2 (immatriculé C-GJPW, numéro de série 4738) exploité par Airspan Helicopters Ltd. effectuait des travaux aériens à environ 11 milles marins au sud-est de l'aéroport du lac Key (CYKJ) (Saskatchewan). Vers 12 h 31, heure normale du Centre, l'hélicoptère a amorcé un basculement et une rotation intempestifs vers la gauche, a chuté et a heurté le relief. Le pilote, seul occupant à bord, a été grièvement blessé, mais a pu évacuer l'épave sans aide. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz s'est actionnée au moment de l'impact et le signal a été capté par le système de recherche et sauvetage assisté par satellite. L'hélicoptère a été lourdement endommagé. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

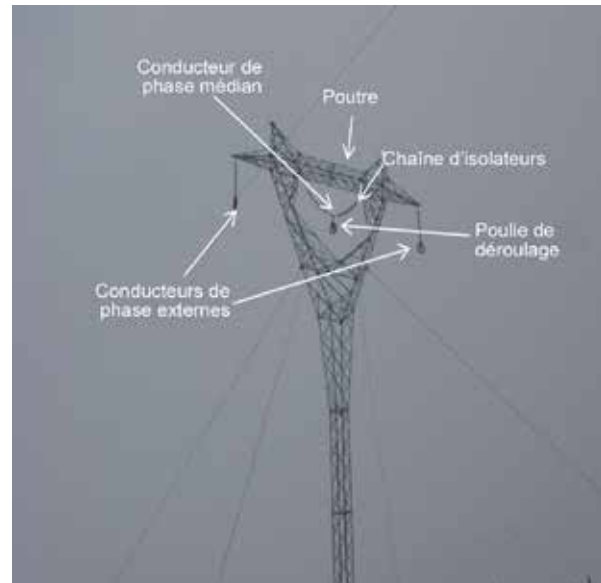
This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Vers 7 h¹ le jour de l'événement (le 21 janvier 2015), le pilote a assisté à une réunion d'équipe de l'entreprise Valard². Les participants ont discuté des travaux à faire ce jour-là. Il s'agissait d'utiliser un hélicoptère pour filer une câblette guide en acier le long d'une ligne de 14 pylônes en acier sur une distance d'environ 2,7 milles marins (nm). Ces pylônes, d'une hauteur d'environ 125 pieds au-dessus du niveau du sol (agl), comprennent chacun une poutre qui supporte 2 conducteurs de phase externes et 1 conducteur de phase médian (figure 1). Un outil, appelé « aiguille », sert à passer la câblette guide par l'emplacement du conducteur de phase médian, sous la chaîne d'isolateurs

Figure 1. Pylône en acier en cause dans l'événement



(annexe A). On n'a ni abordé la procédure de déroulage de la câblette guide par l'emplacement du conducteur de phase médian durant la réunion, ni passé en revue cette procédure avec le pilote avant de commencer les travaux ce jour-là, contrairement aux procédures en vigueur à Valard.

Avant d'effectuer les vols prévus ce jour-là à bord de l'Eurocopter AS350 B2 (immatriculé C-GJPW, numéro de série 4738), le pilote n'a pas essayé le bouton de commande de largage électrique ou la poignée de commande de largage mécanique du crochet de charge, comme l'exigent le *Rotorcraft Flight Manual Supplement (RFMS)* d'Onboard Systems et le RFMS d'Eurocopter portant sur les élingues de suspension. Vers 9 h 15, le pilote, qui occupait le siège droit, a quitté le camp de base à bord de l'hélicoptère en direction du poste dérouleur, situé à environ 16 nm de là. Le poste dérouleur comprend 3 gros tourets de câblette guide. Ces tourets sont ancrés au sol et chacun d'eux est muni d'une freineuse manuelle. La câblette guide est un câble tressé en acier à haute résistance de 0,5 po de diamètre fabriqué par Tesmec. Une fois sur place, le pilote a entrepris de dérouler la câblette guide du côté est des 14 pylônes, à l'emplacement du conducteur de phase externe. Le pilote avait piloté d'autres types d'hélicoptères à bord desquels le bouton de commande de largage électrique du crochet de

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

² Valard est un entrepreneur de travaux pour les sociétés de services publics embauché par le fournisseur d'électricité provincial de la Saskatchewan.

charge se trouvait à d'autres endroits sur le manche cyclique et craignait d'appuyer sur le mauvais bouton. Ainsi, pour éviter tout largage accidentel de la charge externe, le pilote avait l'intention d'utiliser la commande mécanique de largage en cas d'urgence. Après avoir terminé le déroulage à l'emplacement du conducteur de phase externe du côté est des pylônes, le pilote est rentré au camp de base pour faire le plein avant de poursuivre les travaux.

Vers 10 h 50, le pilote a amorcé le déroulage de la câblette guide à l'emplacement du conducteur de phase médian au moyen de l'aiguille et d'un grappin (annexe B). L'enquête n'a pas permis de déterminer si le pilote avait armé le système de largage électrique avant le vol. Le grappin, relié au crochet de charge de l'hélicoptère par une élingue d'environ 36 pieds, sert à lever, à manœuvrer et à tirer l'aiguille à travers la fenêtre du pylône. On appelle ce processus « enfiler la fenêtre ». Le pilote a réussi à enfiler la fenêtre des 10 premiers pylônes sans incident.

Selon les données du système mondial de positionnement (GPS), l'hélicoptère volait à une altitude d'environ 140 pieds agl et à une vitesse sol de 8 nœuds lorsque le pilote enfilait la fenêtre du 11^e pylône. Durant cette opération, l'hélicoptère, qui volait latéralement vers le nord, a fait un mouvement de lacet vers la droite d'environ 90° (pointant vers l'est), ce qui a placé l'ensemble élingue-grappin à environ 15 h par rapport à l'hélicoptère. Les procédures de l'entreprise ne préconisaient aucune position particulière de traction durant les manœuvres d'enfilage. L'hélicoptère a alors soulevé l'aiguille pour la dégager de l'avant de la membrure en acier, en dessous de la chaîne d'isolateurs. Lorsqu'il a commencé à la tirer sous la chaîne d'isolateurs, l'aiguille a effectué un mouvement brusque dans le sens de traction, puis s'est arrêtée soudainement. L'hélicoptère a abruptement amorcé un roulis vers la gauche, a exécuté un mouvement de lacet vers la gauche, a chuté et a heurté le relief.

Durant la chute, le pilot a largué l'élingue à l'aide de la poignée de commande mécanique de largage. Il a ensuite tenté d'arrêter la descente en tirant à fond sur le levier de pas collectif. De 3 à 5 secondes se sont écoulées à partir du moment où l'hélicoptère a amorcé le roulis jusqu'au moment de l'impact.

Renseignements sur l'entreprise

Airspan Helicopters Ltd. (Airspan) exerce ses activités en vertu des sous-parties 702 et 703 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC)³ et offre des services de travail et d'affrètement aérien. Valard, entrepreneur de travaux pour les sociétés de services publics, avait engagé Airspan pour lever des câbles d'acier avec un hélicoptère et les mettre en place sur des pylônes (« déroulage de câbles »). Airspan n'avait pas de système de gestion de la sécurité (SGS) entièrement mis en œuvre, et Transports Canada (TC) ne l'exigeait pas.

³ *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), DORS/96-433, sous-parties 702 – Opérations de travail aérien, et 703 – Exploitation d'un taxi aérien.

Renseignements sur le personnel

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote d'hélicoptère professionnel – vol de jour seulement. C'était la première fois que le pilote effectuait ce type de travail avec une charge externe. Les dossiers indiquent que le pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Tableau 1. Heures de vol du pilote

Nombre total d'heures de vol	2700
Heures de vol sur type	570
Heures de vol – 7 derniers jours	3,7
Heures de vol – 30 derniers jours	3,7
Heures de vol – 90 derniers jours	51,6

Le pilote était de service depuis 5,5 heures au moment de l'accident et avait été au repos pendant au moins 10 heures avant sa période de travail. Le jour de l'événement était le 3^e jour de travail du pilote après une période de congé de 39 jours. Selon l'enquête, rien n'indique que la fatigue ait pu nuire au rendement du pilote.

Formation

On peut classer le comportement de tout opérateur qualifié, y compris les pilotes, selon 3 catégories générales : fondé sur les compétences, fondé sur les règles, et fondé sur les connaissances⁴. Il y a comportement fondé sur les compétences lorsqu'un opérateur utilise des routines apprises (aussi appelées programmes moteurs) qu'il a acquises par la répétition et qu'il peut exécuter sans y penser consciemment. Dans le cas d'un comportement fondé sur les règles, l'opérateur exécute un ensemble de règles qu'il peut avoir retenu en mémoire à long terme ou qu'il peut contrôler au moyen, par exemple, d'une liste de vérification. Enfin, un comportement fondé sur les connaissances est celui pour lequel aucune procédure n'a été établie. La progression au stade d'expert d'un pilote novice dans une tâche donnée passe d'un comportement principalement fondé sur les règles (généralement lent, d'une capacité limitée et laborieux) à un comportement fondé sur les compétences (rapide, à capacité élevée et relativement facile) grâce à une formation, un entraînement et une rétroaction pertinents et efficaces.

Airspan avait embauché le pilote en mai 2014. Comme celui-ci était déjà titulaire d'un contrôle de compétence pilote valide pour l'hélicoptère AS350, la compagnie lui a seulement donné une formation de transition. Cette formation portait sur les exigences de formation au sol propres à

⁴ J. Rasmussen, « The definition of human error and a taxonomy for technical system design », dans J. Rasmussen, K. Duncan, J. Leplat (dir.), *New Technology and Human Error* (Chichester [R.-U.] : Wiley, 1987), p. 23-30.

l'entreprise et comprenait 1 vol avec un pilote instructeur. Au total, le pilote a reçu 8,9 heures d'entraînement au vol consigné, y compris en zone où se trouvent des câbles, et 6,0 de ces heures étaient à bord de l'aéronef en cause. L'entraînement au vol consigné ne comprenait pas les travaux de déroulage.

En septembre 2014, 2 pilotes de la compagnie ont donné au pilote en cause une formation sur les travaux de déroulage, étant donné que le pilote n'avait jamais fait ce type de travail. Cette formation, qui n'a pas été consignée, comprenait des exposés au sol et de 5 à 8 heures de vol comme observateur depuis le siège arrière pendant que le pilote instructeur effectuait les travaux de déroulage. Le pilote en cause n'a jamais pris les commandes de l'hélicoptère durant la formation. Cette technique d'enseignement n'est pas considérée comme étant une pratique exemplaire. D'après l'ouvrage *Human Factors in the Training of Pilots*⁵, [traduction] « l'élève doit avoir l'occasion de s'exercer et non simplement passer des heures à observer l'instructeur ». De plus, comme le fait valoir le *Guide d'instructeur au pilotage – Hélicoptère*⁶ de TC, « Il est impossible d'apprendre autrement qu'en faisant les choses par soi-même (...) ». En outre, l'entreprise n'avait pas vérifié la compétence du pilote en cause pour s'assurer de son aptitude pour les travaux de déroulage.

Le 20 janvier 2015, un autre pilote de la compagnie qui effectuait les travaux de déroulage ce jour-là a fait un exposé au pilote en cause. Comme ce dernier n'avait pas encore effectué de travaux de déroulage et qu'il avait terminé sa formation au déroulage en septembre 2014, l'exposé de 1,5 heure consistait en de l'information sur le processus de déroulage et des précisions sur le lieu des travaux.

Renseignements sur l'hélicoptère

L'AS350 B2 d'Eurocopter (aujourd'hui Airbus Helicopters) était un hélicoptère monomoteur (Turbomeca Arriel 1D1, numéro de série 19333) muni d'un rotor principal semi-articulé et d'un rotor balancier de queue à accouplement flexible. L'hélicoptère était équipé d'un train surélevé et était configuré pour transporter un pilote et un maximum de 5 passagers. L'hélicoptère était homologué pour une masse maximale au décollage de 4961 livres, pour les vols de jour et de nuit selon les règles de vol à vue. Un examen des dossiers techniques indique que l'hélicoptère avait accumulé au total 2253 heures de vol et qu'il n'y avait aucun point d'entretien non corrigé ou différé. L'enquête a déterminé que le jour de l'événement, l'hélicoptère ne présentait aucun problème technique.

⁵ J.M. Koonce, *Human Factors in the Training of Pilots* (2002), p. 38.

⁶ Transports Canada, TP 4818F, *Guide d'instructeur au pilotage – Hélicoptère* (1995, révision août 2006), section 1, paragraphes 4 et 6, www.tc.gc.ca/Publications/fr/tp4818/pdf/hr/tp4818f.pdf (consulté le 27 avril 2016).

Masse et centrage

Le pilote n'a effectué aucun calcul de masse et de centrage avant le vol. L'examen des enquêteurs du BST de la masse et du centrage à vide et avant vol de l'hélicoptère a révélé qu'il était exploité conformément aux limites stipulées pour le vol en cause. Au moment de l'événement, il y avait environ 450 livres de carburant à bord de l'hélicoptère.

L'hélicoptère en cause était équipé d'un marchepied monté sur son côté droit pour débarquer des ouvriers sur des pylônes, et d'un panier à fret sur son côté gauche. Ce panier contenait 100 livres de lest, et il y avait aussi 100 livres de lest dans le compartiment à bagages gauche. Les lests n'étaient pas requis pour le vol en cause. Du lest additionnel n'est nécessaire que si du personnel se tient sur le marchepied.

Charges externes d'un hélicoptère

Les hélicoptères servent à toutes sortes de travaux aériens, y compris le transport de charges externes. On classe le transport de charges externes en 4 catégories, selon le travail qu'on effectue 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 hélicoptère⁷.

Certification de la charge externe d'un hélicoptère

L'hélicoptère de série AS350 est certifié pour le transport de charges externes de classe B conformément au supplément du manuel de vol AS350 B2 d'Eurocopter⁸. Une plaquette était posée à l'intérieur du poste de pilotage pour indiquer la classe de combinaison de charges approuvée (classe B) (Photo 1).

⁷ Règlement de l'aviation canadien (RAC), DORS/96-433, paragraphe 101.01(1).

⁸ Eurocopter, Flight Manual AS 350 B2 VEMD Supplement, External Load Transport "Cargo Sling" 750 kg (1660 lb) with "Breeze Eastern" release unit (P/N 17149-1), (1^{er} juillet 2009)

Le 11 décembre 2014, l'hélicoptère a été modifié par l'ajout d'un crochet de charge externe en vertu d'un certificat de type supplémentaire (STC), n° SR01165SE. Ce crochet de charge est fixé directement à un seul endroit au ventre de l'hélicoptère et permet de transporter des charges externes de classe B avec une charge à l'élingue maximale autorisée de 1660 livres.

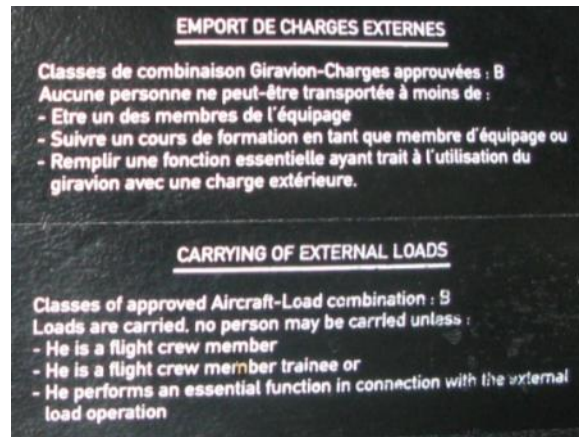
Le crochet de charge certifié comprend 2 systèmes de largage : 1 électrique et 1 mécanique. Le pilote doit armer le système de largage électrique et l'actionne au moyen d'un bouton-poussoir sur le manche cyclique. On actionne le système de largage mécanique en serrant un levier mécanique installé sur la commande de pas collectif.

D'après le supplément au manuel de vol du giravion fourni par le titulaire du STC des crochets de charge : [traduction] « Ce crochet de charge est approuvé pour le fret non humain, uniquement pour des combinaisons giravion-charges de classes B et C⁹ ». Le titulaire du STC a confirmé que la certification du crochet de charge vise uniquement le crochet et ne change pas la limite de charge externe de l'hélicoptère précisée dans le manuel de vol.

Conditions météorologiques

À 12 h, le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation pour l'aéroport du lac Key (CYKJ) (Saskatchewan), situé à environ 11 nm au nord-ouest du lieu de l'accident, donnait les indications suivantes : vents 190° vrais (V) à 7 nœuds, visibilité de 9 milles terrestres, couche nuageuse à partir de 7000 pieds au-dessus du niveau du sol (agl), température -10 °C, point de rosée -10 °C, calage altimétrique 29,90 pouces de mercure. Les conditions météorologiques ne sont pas considérées comme un facteur contributif dans l'événement à l'étude

Photo 1. Plaquette de charges externes



⁹ Onboard Systems International, Document n° 121-013-00, *FAA Approved Rotorcraft Flight Manual Supplement: Onboard Systems External Load Sling Suspension System with Keeperless Cargo Hook: Eurocopter AS350 Series* (14 janvier 2003).

Travaux de déroulage

Puisque les travaux de déroulage comprenaient la manipulation d'une câblette guide provenant d'un touret ancré au sol, il s'agissait de travaux avec charge externe de classe C pour hélicoptère. Le poste dérouleur se trouvait à l'extrémité éloignée de la rangée de pylônes à enfiler. Un travailleur (l'opérateur de la freineuse) actionne la freineuse manuelle sur chaque touret pour contrôler la tension de la câblette guide selon les instructions du pilote d'hélicoptère. Le pilote surveille la tension de traction de la câblette guide depuis le poste de pilotage en consultant l'affichage d'un indicateur de charge. Un dynamomètre installé sur le crochet de charge indique la force en livres appliquée au crochet. L'opérateur de la freineuse, l'équipe au sol et le pilote ont maintenu la communication radio en tout temps durant les travaux de déroulage. Des membres du personnel au sol de Valard étaient postés à des pylônes sélectionnés pour surveiller la traction et la tension de la câblette guide. Le jour de l'événement, l'équipe au sol n'a signalé aucun problème concernant la traction de la câblette guide.

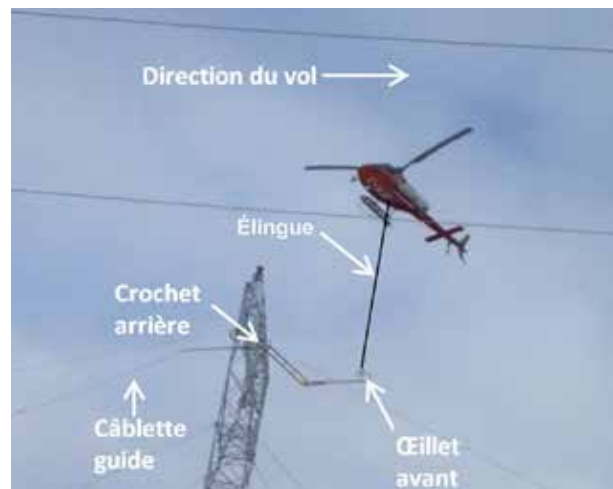
Au moment de l'accident, l'observateur le plus proche se trouvait à environ 0,34 nm du pylône où est survenu l'accident. À cette distance, compte tenu du relief vallonné, il était difficile de voir l'aiguille ou la câblette guide au pylône en cause. Le personnel au sol n'avait pas de jumelles. Par souci de sécurité, les procédures normalisées d'exploitation de Valard exigent que les travailleurs restent à l'écart des pylônes et elles interdisent toute circulation sous la câblette guide durant les travaux de déroulage.

Pour les travaux de déroulage du conducteur de phase médian, on attache la câblette guide à l'extrémité arrière de l'aiguille. Le pilote manœuvre l'hélicoptère pour d'abord attraper l'œillet arrière de l'aiguille avec le grappin. Ensuite, il guide lentement l'aiguille sous la chaîne d'isolateurs de manière à ce que son crochet avant s'accroche à la membrure en acier du pylône

Figure 2. Approche du pylône



Figure 3. Manœuvre pour passer de l'autre côté



(figure 2)¹⁰. Cela fait, le pilote manœuvre l'hélicoptère pour décrocher le grappin de l'œillet arrière de l'aiguille et repositionne l'hélicoptère de l'autre côté du pylône. Ensuite, il manœuvre l'hélicoptère pour attraper l'œillet avant de l'aiguille avec le grappin et soulève le crochet avant de l'aiguille pour le dégager de la membrure en acier; il tire alors l'aiguille partiellement sous la chaîne d'isolateurs, jusqu'à ce que son crochet arrière s'accroche à la membrure en acier (figure 3). Enfin, le pilote accroche de nouveau l'œillet arrière de l'aiguille avec le grappin pour tirer la câblette guide à travers la fenêtre du pylône, dépose la câblette guide dans la poulie (figure 1), puis se rend au pylône suivant (figure 4).

Figure 4. Traction de la câblette guide



La traction de la câblette guide exige une puissance moteur plus élevée et un déplacement du manche cyclique dans le sens du vol pour contrer le poids de l'aiguille et de la câblette guide. Le manche cyclique incline le vecteur de traction du rotor principal qui commande le sens de déplacement de l'hélicoptère. La tension de la câblette guide et le positionnement de l'hélicoptère durant la traction occasionnent parfois un contact entre l'élingue et l'atterrisseur à patins.

¹⁰ Les figures 2, 3 et 4 sont des photos de l'aéronef en cause effectuant des opérations de déroulage un jour différent, avec un pilote différent.

Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Le relief au lieu de l'accident était inégal; il était couvert d'arbres récemment abattus, de bois mort et de rochers (figure 5).

L'hélicoptère a atterri sur un gros rocher dans une assiette horizontale et avec très peu de vitesse avant, sans laisser de traînée. La partie arrière de la cabine, là où l'hélicoptère a heurté le rocher, a absorbé la majeure partie des forces d'impact, qui ont entraîné l'affaissement du plancher de la cabine. Le reste de la cabine et le poste de pilotage sont demeurés suspendus dans les airs. Il n'y a eu aucune déformation du siège du pilote.

Figure 5. Lieu de l'accident



Après la collision, l'hélicoptère est demeuré à la verticale et pointait vers le nord-est. Le patin gauche touchait le sol, mais le patin droit s'était affaissé. L'enquête a déterminé que le moteur produisait de la puissance au moment de l'impact, et n'a révélé aucune anomalie antérieure à l'impact.

L'hélicoptère était muni d'un système de surveillance des paramètres moteur (VEMD). En mode de vol, son écran multifonction affiche les paramètres moteur; en mode maintenance, il affiche les paramètres qui ont été dépassés, de l'information sur les défaillances et un compte rendu de vol. Le VEMD a enregistré un bref dépassement (3 secondes) des limites de couple, lequel a atteint à son maximum 124 %, ce qui correspond à un changement brusque de commande du pas collectif durant le déroulement de l'accident. Le dispositif a également enregistré un sursrégime de la turbine libre de 120,49 % pendant 3 secondes, probablement survenu du fait de la perte de l'accouplement entre le moteur et la boîte de transmission principale (BTP) par suite de l'impact avec le relief.

On a retrouvé l'aiguille et l'élingue du côté du pylône en cause opposé à celui où gisait l'hélicoptère. L'élingue n'était plus attachée au crochet de charge de l'hélicoptère. La partie avant de l'aiguille était tordue, et le crochet était rompu. La câblette guide était toujours attachée à l'aiguille, et on a constaté sa continuité jusqu'au touret.

Une inspection visuelle de la câblette guide a révélé une incrustation d'écorce entre les torons. L'enquête a permis de déterminer que la câblette guide Tesmec présente une surface rugueuse et qu'étant donné son poids et sa longueur, elle peut entrer en contact avec le sol entre les pylônes et s'accrocher sur un objet.

Une inspection de la structure du pylône en cause n'a révélé aucune déformation au point de contact entre l'aiguille et le pylône durant le déroulement. Une inspection du pylône précédent a

permis de constater des marques et des traces de peinture comparables à celles sur le pylône en cause.

Une inspection de l'élingue utilisée durant le vol à l'étude a révélé une marque linéaire dont l'origine se situait à une distance correspondant au dessous de l'atterrisseur à patins (figure 6). Cette marque laisse supposer qu'il y a eu contact entre l'élingue et le dessous de l'atterrisseur à patins, et que l'angle formé durant le contact avec le patin aurait pu atteindre 74°.

Figure 6. Crochet de charge et élingue



Basculement dynamique

Un des dangers, dans l'utilisation d'un hélicoptère, est le basculement dynamique, qui peut se produire durant le décollage, l'atterrissage ou le vol stationnaire, ou durant le transport d'une charge externe fixée au sol^{11, 12}. Le basculement dynamique survient lorsque le moment angulaire imprime à l'hélicoptère un mouvement de roulis ou de rotation sur un patin ou sur l'atterrisseur à patins plutôt qu'en son centre de gravité, et ce, jusqu'à ce que l'hélicoptère atteigne l'angle d'inclinaison latérale critique¹³. D'après Airbus Helicopters, pour l'AS350, cet angle est de 13 à 17°. Lorsque l'hélicoptère atteint l'angle d'inclinaison latérale critique, la traction que produit le rotor principal, jumelée au moment de roulis, prolonge le roulis; dans ce cas, l'application du cyclique en sens contraire pourrait être inefficace pour rétablir l'aplomb. Si on accroît le pas collectif durant un basculement dynamique, l'accroissement de la traction angulaire fera augmenter le taux de roulis. Par conséquent, la mesure corrective à prendre en cas de basculement dynamique est de réduire le pas collectif, ce qui diminue la traction du rotor principal et, en conséquence, la composante poussée latérale à l'origine du moment de roulis.

Le basculement dynamique peut être plus encore prononcé si un centre de gravité latéral se trouve du même côté que le sens du roulis (p. ex., un basculement dynamique vers la gauche avec un centre de gravité latéral à gauche). Des vents traversiers soufflant dans la même direction que le basculement peuvent également accroître le taux de roulis. Dans l'événement à

¹¹ J.H. Schmid, « Preventing Dynamic Rollover », *Helicopter Safety*, volume 14, n° 1 (1989).

¹² J. Watkinson, *The Art of the Helicopter* (Butterworth-Heinemann, 2003).

¹³ Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-21a, *Helicopter Flying Handbook* (2012).

l'étude, l'hélicoptère a roulé sur sa gauche; il avait un centre de gravité latéral à gauche, et des vents traversiers provenaient de la droite de l'hélicoptère (annexe C).

Possibilités de survie

L'hélicoptère était équipé d'un harnais de sécurité à 4 points¹⁴. Le pilote portait un casque et n'était retenu que par la ceinture abdominale. Le casque du pilote a heurté le pare-brise au moment de l'impact, mais le pilote n'a subi aucune blessure à la tête. L'AS350 B2 a une lunette de référence verticale dans le plancher qui permet à l'équipage de conduite de mieux voir (figure 7). Cette lunette se trouve à la droite du siège de pilote droit et offre un champ visuel restreint quand on regarde vers l'arrière. Les pilotes peuvent améliorer leur ligne de vision par cette lunette en détachant les bretelles de sécurité et en se penchant vers l'avant. Malgré les graves blessures au dos qu'il a subies, le pilote a réussi à évacuer l'épave sans aide. Une inspection du siège du pilote a révélé qu'il ne s'était ni affaissé ni déformé.

Figure 7. Lunette de référence verticale



Crochet latéral de traction

Certains hélicoptères sont modifiés par l'ajout d'un crochet latéral de traction pour effectuer des travaux avec charge externe de classe C. On installe ce crochet sur la paroi de la cellule près du vecteur de traction du rotor principal, ce qui offre une meilleure ligne de visibilité au pilote et une plus grande stabilité durant les opérations de traction. Même dans des opérations de traction lourde, un déplacement moindre du manche cyclique depuis la position neutre est nécessaire avec un crochet latéral qu'avec une élingue ventrale. La modification pour traction latérale comprend en outre un élément fusible¹⁵ qui se rompt si les forces appliquées au crochet dépassent les limites de la cellule. Durant un événement anormal, ce composant prévient les dommages à la cellule et donne au pilote le temps de rétablir le vol sans devoir d'abord larguer la charge. Au moment de l'événement, il n'y avait aucune installation certifiée de crochet latéral de traction pour un hélicoptère de série AS350 au Canada.

¹⁴ Un harnais de sécurité à 4 points comprend une ceinture abdominale et des bretelles de sécurité.

¹⁵ Dispositif en aluminium conçu pour se rompre en cas de charge excessive prédéterminée.

Enregistreurs de bord

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

Radiobalise de repérage d'urgence

L'hélicoptère était équipé d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) Kannad 406 AF-H. L'ELT s'est actionnée au moment de l'impact, et son signal a été capté par le Centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) à Trenton (Ontario). Le JRCC a communiqué avec l'exploitant, qui l'a informé que des premiers intervenants étaient déjà sur place et qu'une ambulance était en route. Le JRCC n'a donc dépêché aucune ressource de recherche et sauvetage. Un premier répondant a désactivé l'ELT.

Liste de surveillance du BST – Gestion de la sécurité et surveillance

La *Liste de surveillance* est une liste des enjeux qui posent les plus grands risques pour le système de transport du Canada; le BST la publie pour attirer l'attention de l'industrie et des organismes de réglementation sur les problèmes qui nécessitent une intervention immédiate.

Le BST presse TC d'adopter des règlements qui obligerait tous les exploitants du secteur de l'aviation à mettre en place des mécanismes en bonne et due forme de gestion de la sécurité, et d'assurer la surveillance de ces mécanismes.

Il demande aussi aux entreprises qui ont un système de gestion de la sécurité de démontrer qu'il fonctionne bien, c'est-à-dire que les dangers sont bien cernés et que des mesures efficaces d'atténuation des risques sont mises en œuvre.

Enfin, si les entreprises ne peuvent pas assurer la gestion efficace de la sécurité, TC doit non seulement intervenir, mais le faire d'une façon qui puisse changer les pratiques d'exploitation non sécuritaires.

Rapports du laboratoire du BST

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

- LP024/2015 – NVM Recovery – Load Meter [récupération de mémoire rémanente – indicateur de charge]
- LP027/2015 – Examination of Fly Needle [examen de l'aiguille]
- LP028/2015 – Examination of Hook Release Cable [examen du câble de commande du crochet de charge]
- LP029/2015 – Examination of Flexible Coupling [examen de l'accouplement flexible]
- LP030/2015 – NVM Recovery – VEMD [récupération de mémoire rémanente – VEMD]
- LP031/2015 – NVM Recovery – GPS [récupération de mémoire rémanente – GPS]

- LP032/2015 - NVM Recovery - Sky Node S200 [récupération de mémoire rémanente - Sky Node S200]
- LP051/2015 - Video Image Capture and Line Angle Calculation [saisie d'image vidéo et calcul d'angle de l'élingue]

Analyse

Aéronef

L'examen de l'hélicoptère et des données recueillies durant l'enquête n'a révélé aucune indication de défaut mécanique qui aurait pu contribuer à l'événement. L'analyse porte donc sur les problèmes opérationnels liés aux opérations de déroulage, la formation du pilote et la certification des aéronefs.

Scénario de l'accident

L'enquête n'a pas pu déterminer la cause certaine du mouvement brusque de l'aiguille dans le sens de traction de la câblette guide et de son arrêt soudain, qui sont inhabituels durant les travaux de déroulage normaux. Ces anomalies pourraient être attribuables à un contact entre l'aiguille et la membrure d'acier, ou à un emmêlement de la câblette guide dans un obstacle au sol, comme des arbres abattus, du bois mort ou de gros rochers. Le pilote avait une vue dégagée de la câblette guide et de l'aiguille par la lunette de référence verticale et n'a remarqué aucune augmentation anormale de la tension avant le mouvement brusque. Toutefois, durant les travaux de déroulage, le pilote surveille l'affichage du dynamomètre et se concentre sur la manœuvre de l'aiguille sous la chaîne d'isolateurs. Le mouvement latéral continu de l'hélicoptère alors que la câblette guide était coincée a mené à l'amorce d'un basculement dynamique, qui s'est soldé par la perte de maîtrise et l'impact avec le relief.

Un basculement dynamique peut survenir à toute phase du vol lorsque des forces externes font pivoter l'hélicoptère autour d'un point autre que le centre de gravité, par exemple lorsqu'un patin d'atterrissage se prend dans un obstacle au décollage, ou comme dans l'événement à l'étude, durant la traction d'un câble (annexe C). Les 100 livres de lest dans le panier à fret gauche et les 100 livres dans le compartiment à bagages gauche ont déplacé le centre de gravité latéral vers la gauche. Le poids additionnel de ce lest jumelé à des vents traversiers de la droite aurait amplifié le basculement dynamique. L'enquête a permis de déterminer que l'arrêt brusque et le contact entre le patin et l'élingue, combinés au poids additionnel du lest et aux vents traversiers soufflant de la droite, ont contribué à l'amorce du basculement dynamique.

Le pilote ne se rappelle pas si le système électrique de largage était armé avant le vol. Le pilote avait décidé que s'il devait larguer la charge en cas d'urgence, il tirerait sur la poignée de commande mécanique de largage. Il avait piloté d'autres types d'hélicoptères à bord desquels le bouton de commande de largage électrique se trouvait à d'autres endroits sur le manche cyclique et il craignait, en situation d'urgence, d'appuyer accidentellement sur le mauvais bouton. La décision de larguer la charge au moyen de la poignée de commande mécanique n'a pas retardé le largage de l'élingue durant cet événement. Toutefois, si les pilotes ne suivent pas les procédures et vérifications normales, les moyens de protection qu'elles procurent risquent de leur être inutiles.

L'équipe au sol était en communication avec le pilote durant les travaux de déroulage de la câblette guide, et aucun de ses membres n'a signalé d'augmentation de tension dans la câblette; toutefois, la personne au sol la plus proche se trouvait à 0,34 mille marin et ne pouvait pas voir

la câblette guide au pylône en cause. Si les observateurs au sol ne peuvent pas surveiller correctement les charges externes de classe C depuis le sol le long du parcours, il y a un risque que la charge s'accroche par accident et que cela compromette la sécurité des travaux.

Un examen de la page de maintenance du système de surveillance des paramètres moteur (VEMD) a indiqué les paramètres dépassant les limites, une liste de défaillances et un compte rendu du vol. Le VEMD a enregistré un bref dépassement des limites de couple (3 secondes), qui a atteint une valeur maximale de 124 %. Cela correspond à un changement brusque de commande du pas collectif durant le déroulement de l'accident – probablement une tentative par le pilote de diminuer la vitesse de descente de l'aéronef.

Formation

L'entreprise n'a donné aucune formation pratique avec rétroaction au pilote, et elle n'a pas vérifié ses compétences en matière de déroulage avant de l'affecter à des fonctions opérationnelles. Comme le pilote avait une formation et une exposition limitées au déroulage, celui-ci devait se fier principalement à son comportement fondé sur les règles pour faire son travail le jour de l'accident. Dans le cas d'un comportement fondé sur les règles, l'exécution est généralement lente, d'une capacité limitée et laborieuse. Elle est plus précaire en situation de stress ou de charge de travail élevée que dans le cas d'un comportement fondé sur les compétences. Le pilote avait une formation et une expérience limitées en ce qui concerne les opérations de déroulage, mais avait réussi le déroulage sur 10 pylônes avant l'accident.

Il existe des procédures pour se sortir de situations anormales qui pourraient survenir durant les opérations de déroulage. Or, comme ces procédures ne peuvent pas être répétées en vol, elles font habituellement l'objet d'un exposé au sol. L'exposé au sol requis a bien eu lieu, sans toutefois qu'il soit consigné. L'enquête a permis de déterminer que le pilote a amorcé les procédures de rétablissement durant le basculement dynamique; toutefois, le pilote n'avait ni la formation pratique ni l'expérience voulues pour reconnaître la situation anormale qui se dessinait et la contrer à temps. Si la formation ne prépare pas adéquatement les pilotes à des conditions de vol anormales, il y a un risque qu'ils ne puissent pas reconnaître et corriger à temps une condition dangereuse.

Certification des aéronefs

L'hélicoptère effectuait du travail aérien avec charge externe de classe C au moment de l'accident, mais il n'était approuvé que pour le travail aérien avec charge externe de classe B. Un énoncé dans le supplément au manuel de vol du giravion disant que le crochet de charge était approuvé pour les travaux d'hélicoptère avec charge de classes B et C a pu être mal interprété, en ce sens qu'il a pu donner l'impression que l'hélicoptère était aussi certifié pour les travaux avec charge externe de classe C. Le certificat de type supplémentaire (STC) ne comprend aucune disposition pour certifier de nouveau l'AS350 B2 en vue d'effectuer de tels travaux. L'ajout d'une approbation particulière pour les charges externes de classe C au supplément au manuel de vol ou au STC serait nécessaire avant de pouvoir effectuer ce type de travail aérien. Si les

suppléments au manuel de vol approuvés ne sont pas clairs et complets, il y a un risque que les exploitants effectuent sans le savoir des opérations qui ne sont pas approuvées.

Possibilités de survie

Dans l'événement à l'étude, c'est la partie arrière de la cabine qui a absorbé la majeure partie des forces d'impact lorsque l'hélicoptère a atterri sur un gros rocher. Il est probable que cela ait considérablement réduit la force vers le bas exercée sur le pilote, qui ne portait pas les bretelles de sécurité. Malgré cette réduction de la force vers le bas, le casque du pilote a heurté le pare-brise durant l'impact. Si les pilotes ne portent pas les bretelles de sécurité disponibles, il y a un risque accru de blessure en cas d'accident.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. L'aiguille a fait un mouvement brusque vers l'avant et s'est arrêtée soudainement, peut-être à cause d'un contact entre l'aiguille et la membrure d'acier ou de l'emmêlement de la câblette guide sur un obstacle au sol (arbres abattus, bois mort ou gros rochers).
2. Le mouvement latéral continu de l'hélicoptère alors que la câblette guide était coincée a mené à l'amorce d'un basculement dynamique, qui s'est soldé par une perte de maîtrise et l'impact avec le relief.
3. L'arrêt brusque et le contact entre le patin et l'élingue, combinés au poids additionnel du lest et aux vents traversiers soufflant de la droite, ont contribué à l'amorce du basculement dynamique.

Faits établis quant aux risques

1. Si la formation ne prépare pas adéquatement les pilotes à des conditions de vol anormales, il y a un risque qu'ils ne puissent pas reconnaître et corriger à temps une condition dangereuse.
2. Si les suppléments au manuel de vol approuvés ne sont pas suffisamment précis et clairs, il y a un risque que les exploitants effectuent sans le savoir des opérations qui ne sont pas approuvées.
3. Si les pilotes ne portent pas les bretelles de sécurité disponibles, il y a un risque accru de blessure en cas d'accident.
4. Si les observateurs au sol ne peuvent pas surveiller correctement les charges externes de classe C depuis le sol le long du parcours, il y a un risque que la charge s'accroche par accident et que cela compromette la sécurité des travaux.
5. Si les pilotes ne suivent pas les procédures et vérifications normales, les moyens de protection qu'elles procurent risquent de leur être inutiles.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

Bureau de la sécurité des transports

Le 28 avril 2015, le Bureau de la sécurité des transports (BST) a envoyé à Transports Canada l'Avis de sécurité aérienne A15C0005-D1-A1 concernant la certification de l'hélicoptère de série AS350 pour les charges externes, selon lequel [traduction] :

Les hélicoptères de la série AS350 peuvent être certifiés pour les charges externes de classe B pour hélicoptère en vertu d'un certificat de type supplémentaire. Par contre, quoique cette gamme d'hélicoptères n'est pas certifiée pour les charges externes de classe C, des discussions avec TC et des exploitants du secteur indiquent que l'on utilise à l'heure actuelle des hélicoptères de série AS350 pour transporter des charges externes de classe C.

Onboard Systems

Le 15 août 2015, l'entreprise Onboard Systems a émis une nouvelle édition du *Rotorcraft Flight Manual Supplement STC SR01165E, Onboard Systems Cargo Hook Sling Suspension System Airbus Helicopters AS350 Series*.

Le document numéro 121-013-00 révision 1 indique ceci¹⁶ [traduction] :

2. LIMITES

Les limites spécifiées dans le manuel de vol de base et dans le supplément au manuel de vol « Cargo Sling » d'Airbus Helicopters demeurent valides; les limites d'emploi ci-dessous complètent et modifient ces limites.

Limites d'emploi

Lorsqu'une charge est attachée au crochet de charge, toute opération doit se dérouler conformément aux exigences opérationnelles nationales respectives. Pour les exploitants aux États-Unis, la partie 133, 14 CFR s'applique. Les configurations de la trousse du crochet de charge (installé conformément au CTS SR01165SE) ne satisfont pas aux exigences de certification énoncées dans la partie 27, 14 CFR pour le transport externe de personnes.

Airspan Helicopters Ltd.

- Airspan a suspendu les opérations de déroulage avec l'hélicoptère AS350 jusqu'à nouvel ordre.

¹⁶ Onboard Systems International, document n° 121-013-00, rév. 1, *Rotorcraft Flight Manual Supplement STC SR01165E: Onboard Systems Cargo Sling Suspension System – Airbus Helicopters AS350 Series* (15 août 2015).

- Airspan a revu et modifié le contenu de ses procédures normalisées d'exploitation (PNE), y compris en apportant des modifications aux vérifications prévol, aux opérations de déroulage et aux procédures de traction de câbles.
- Airspan a fait appel à des experts-conseils pour vérifier son système de gestion de la sécurité.
- Airspan a ajouté un registre des dangers pour toutes ses PNE.

Valard

Valard a examiné et révisé ses PNE pour :

- insister sur l'impératif d'une bonne communication entre le personnel au sol et les pilotes;
- réviser la procédure de déroulage pour que les pilotes et le personnel au sol surveillent la traction de la câblette guide afin de constater si elle s'accroche dans des débris ou si son déroulage est entravé, avant de faire passer l'aiguille de l'autre côté de la structure;
- s'assurer qu'un nombre suffisant de vigies au sol sont en place et bien positionnées pour détecter tout accrochage durant la traction de la câblette guide;
- exiger que tous les pilotes aient une documentation complète relative à leur formation, qu'ils reçoivent une orientation, qu'ils passent en revue les procédures et que leurs compétences pratiques soient vérifiées avant qu'ils puissent prendre les commandes pour une tâche particulière;
- exiger que le contremaître et le chef d'équipe soient informés dans le cas où un pilote n'aurait jamais effectué une certaine tâche avec l'équipe;
- établir un protocole pour évaluer la compagnie d'hélicoptère et les pilotes en fonction du projet;
- s'assurer que les équipes au sol disposent de jumelles.

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 20 avril 2016. Le rapport a été officiellement publié le 2 juin 2016.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (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.

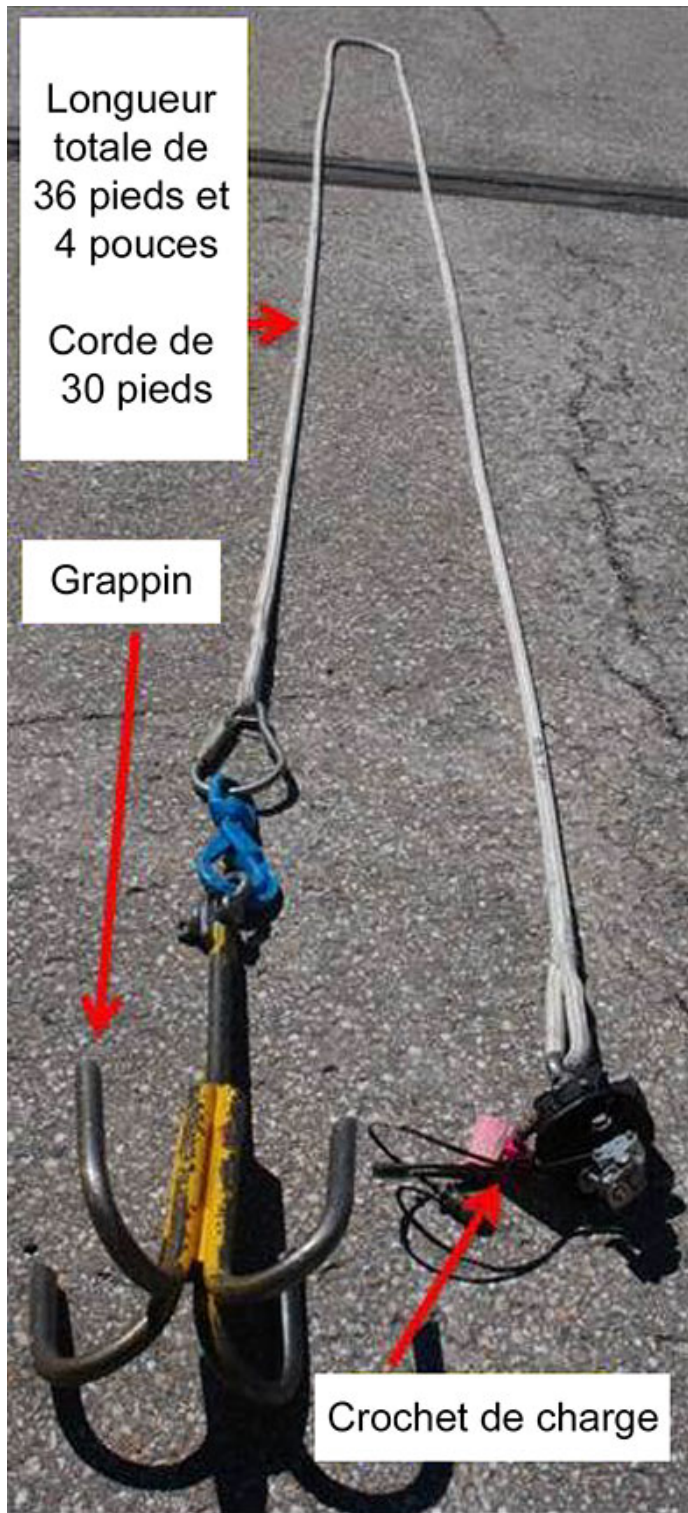
Annexes

Annexe A – Aiguille

L'aiguille mesure environ 37 pieds de long, pèse environ 225 livres et comporte deux œillets, un à l'avant et un à l'arrière, auxquels s'accroche le grappin. On attache la câblette guide à l'extrémité arrière de l'aiguille. Quand on utilise cette méthode pour des travaux de déroulage, le pilote se sert d'une élingue de 30 pieds munie d'un grappin pour accrocher l'aiguille et la tirer depuis l'un ou l'autre des œillets.



Annexe B – Ensemble élingue-grappin



Annexe C – Basculement dynamique

