



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21O0056

COLLISION AVEC DES FILS ET LE RELIEF

Apex Helicopters Inc.
Robinson R44 (hélicoptère), C-FVPA
Brantford (Ontario)
25 juillet 2021

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

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

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si ce rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21O0056* (publié le 29 septembre 2022).

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

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2022

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21O0056

N° de cat. TU3-10/21-0056F-PDF
ISBN 978-0-660-45503-7

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	5
1.1 Déroulement du vol	5
1.2 Personnes blessées	7
1.3 Dommages à l'aéronef	7
1.4 Autres dommages	7
1.5 Renseignements sur le personnel	7
1.6 Renseignements sur l'aéronef	8
1.6.1 Certificat de type supplémentaire pour système d'épandage aérien	9
1.6.2 Guidage GPS TracMap	11
1.6.3 Masse et centrage	12
1.7 Renseignements météorologiques	12
1.8 Aides à la navigation	12
1.9 Communications	13
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11 Enregistreurs de bord	13
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	14
1.12.1 Lieu de l'événement	15
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.14 Incendie	16
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	16
1.16 Essais et recherche	17
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	18
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	18
1.17.1 Exploitant	18
1.17.2 Exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien	21
1.17.3 Formation d'Apex	22
1.18 Renseignements supplémentaires	23
1.18.1 Événements antérieurs	23
1.18.2 Éblouissement solaire	23
1.18.3 Visibilité des fils pendant le vol	23
1.18.4 Vol à très basse altitude	24
1.18.5 Perception du risque	24
1.18.6 Évitement des impacts avec des fils	25
2.0 Analyse	27
2.1 Emplacement et visibilité des fils électriques	27
2.2 Visibilité vers l'avant	28
2.3 Perception du risque	28
2.4 Passage d'épandage	29
2.5 Formation	29
2.5.1 Exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien	29

2.5.2	Formation d'évaluation des dangers à Apex.....	30
2.6	Possibilités de survie	31
2.6.1	Radiobalise de repérage d'urgence.....	31
2.6.2	Port du casque	31
3.0	Faits établis	32
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	32
3.2	Faits établis quant aux risques	32
3.3	Autres faits établis.....	33
4.0	Mesures de sécurité	34
4.1	Mesures de sécurité prises	34

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21O0056

COLLISION AVEC DES FILS ET LE RELIEF

Apex Helicopters Inc.
Robinson R44 (hélicoptère), C-FVPA
Brantford (Ontario)
25 juillet 2021

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

Résumé

Le 25 juillet 2021, à 6 h 56, heure avancée de l'Est, l'hélicoptère Robinson R44 (immatriculation C-FVPA, numéro de série 0846), exploité par Apex Helicopters Inc., a décollé d'un champ situé en périphérie de Brantford (Ontario) pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue à des fins d'épandage agricole.

La pilote, seule occupante à bord, a amorcé une reconnaissance des champs à pulvériser, en commençant par le champ où l'événement à l'étude aurait lieu.

Une minute et 8 secondes plus tard, l'hélicoptère a heurté des fils à la bordure est du champ le plus au sud à pulvériser. L'hélicoptère est devenu impossible à maîtriser et s'est écrasé à environ 270 pieds du lieu de l'impact avec les fils. Il s'est immobilisé à l'endroit.

La pilote a été grièvement blessée. L'hélicoptère a été détruit. Il n'y a pas eu d'incendie après impact. La radiobalise de repérage d'urgence ne s'est pas déclenchée.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 25 juillet 2021, vers 5 h¹, la pilote de l'hélicoptère Robinson R44 (immatriculation C-FVPA, numéro de série 0846), exploité par Apex Helicopters Inc. (Apex), une entreprise spécialisée dans l'épandage agricole, a commencé sa journée de service en tant que passagère dans le véhicule de soutien aux opérations (connu sous le nom de

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

mélangeur)², en se rendant au champ où l'hélicoptère avait été stationné après les opérations d'épandage de la veille. Elle s'attendait à décoller au lever du soleil ou juste après 6 h 05.

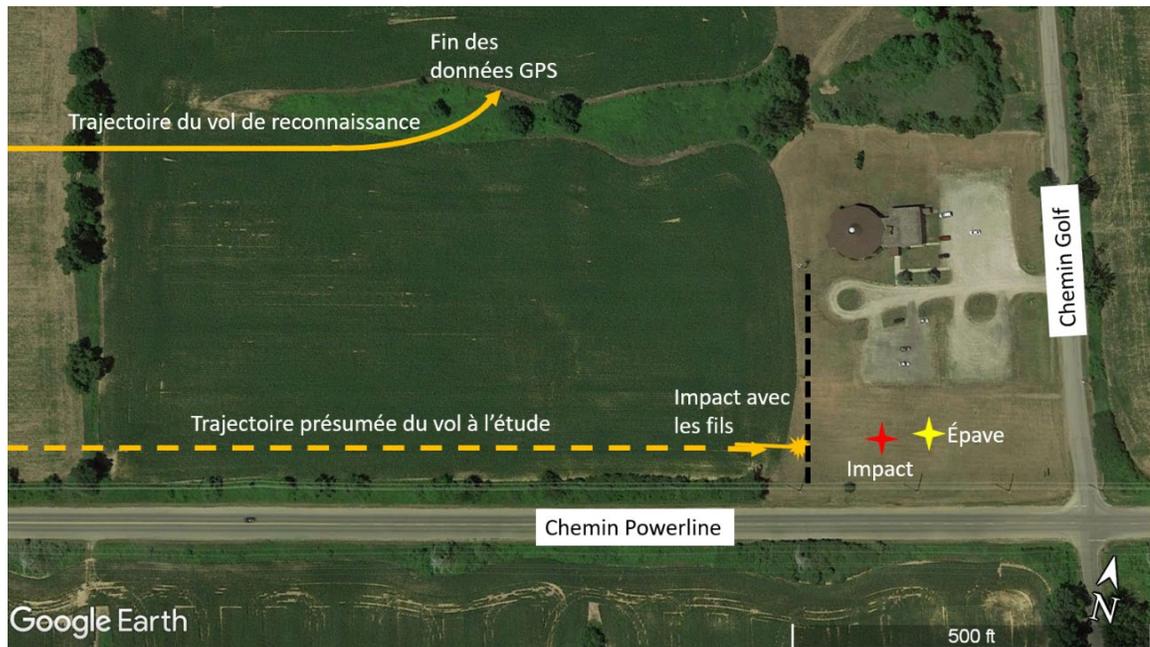
La pilote a effectué les préparatifs du vol pendant que le chauffeur du mélangeur a mélangé le fongicide qui devait être chargé dans l'hélicoptère. En raison de la visibilité réduite par la brume, le décollage a été retardé. Vers 6 h 46, ayant déterminé que la visibilité était maintenant favorable au vol, la pilote a démarré l'hélicoptère. Après un essai au point fixe, l'hélicoptère a été ravitaillé en carburant et le fongicide a été chargé.

À 6 h 56 min 36 s, la pilote, qui était la seule occupante à bord et qui était assise dans le siège avant droit, a décollé pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue (VFR) et s'est dirigée vers le sud-est en direction des champs de maïs à pulvériser.

À 6 h 58 min 30 s, la pilote a atteint les champs et a d'abord effectué une reconnaissance pour évaluer les dangers dans la zone où l'épandage allait bientôt avoir lieu. La reconnaissance a commencé au-dessus de l'extrémité nord du premier champ à pulvériser, à environ 150 pieds au-dessus du sol (AGL). Après avoir volé vers l'est, parallèlement à la direction prévue du premier épandage, la pilote a viré à gauche vers le nord afin d'évaluer d'autres champs qui seraient pulvérisés dans la matinée. Le dernier point enregistré par le GPS (système de positionnement mondial) à bord de l'hélicoptère indique que ce virage à gauche a été amorcé à 6 h 58 min 36 s. Même si la trajectoire précise empruntée après ce moment n'a pas pu être déterminée, on présume, d'après les renseignements sur l'épave et le lieu de l'événement, que la pilote a ensuite effectué une reconnaissance, en continuant dans le sens antihoraire autour des champs à pulvériser, avant de positionner l'hélicoptère pour le premier épandage le long de l'extrémité sud du champ à l'étude, parallèlement au chemin Powerline (figure 1).

² Voir la section 1.17.1.3 pour une explication et une photo d'un mélangeur.

Figure 1. Photo aérienne de la zone à l'étude et du lieu de l'accident montrant la trajectoire du vol de reconnaissance (ligne pleine), la trajectoire présumée du vol à l'étude (ligne pointillée-long) et la position de l'ensemble des lignes électriques qui ont été frappées (ligne pointillée-court) (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



L'hélicoptère a vraisemblablement volé parallèlement à l'extrémité sud du champ, sur un cap d'environ 077° magnétique (M). À 6 h 59 min 44 s, il a heurté des fils à une hauteur d'environ 30 pieds AGL. La maîtrise de l'hélicoptère a été perdue, et l'hélicoptère est entré en collision avec le sol avant de s'immobiliser dans un champ gazonné à environ 270 pieds au-delà du lieu de l'impact avec les fils.

1.2 Personnes blessées

La pilote, qui était seule à bord de l'hélicoptère, a été grièvement blessée.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère a été détruit à la suite de l'impact avec les fils et de la collision avec le relief.

1.4 Autres dommages

Les fils qui ont été heurtés et sectionnés par l'hélicoptère ont entraîné une interruption de courant dans l'église voisine, ainsi qu'une panne de courant locale, car l'alimentation électrique provenait des fils principaux situés le long du chemin Powerline, dont l'un avait été déconnecté à la suite de l'impact avec les fils.

1.5 Renseignements sur le personnel

Au moment de l'événement, la pilote était titulaire de la licence appropriée et d'un certificat médical valide, et elle répondait aux exigences de mise à jour des connaissances pour le vol conformément à la réglementation en vigueur.

La pilote a commencé sa formation au pilotage en septembre 2016 et a obtenu sa licence de pilote professionnel – hélicoptère en novembre 2017.

Elle a commencé à travailler à Apex en juillet 2017 en tant que chauffeuse de mélangeur pour la saison d'épandage des cultures. Au cours des saisons 2018 et 2019, elle a occupé les rôles de chauffeuse de mélangeur et de chauffeuse de camionnette. Au cours de la saison 2020, elle a reçu une formation en épandage aérien sur les hélicoptères Robinson R44 et Bell 206B. Elle a ensuite effectué 65,7 heures de vol d'épandage aérien entre le 23 juillet et le 1^{er} septembre 2020, toutes sur l'hélicoptère Robinson R44, alors qu'elle occupait également des fonctions de chauffeuse de mélangeur. La saison 2021 devait être sa première saison complète en tant que pilote de l'hélicoptère Robinson R44. Entre le 14 juillet 2021 et le vol à l'étude, elle avait accumulé 50,9 heures de vol, dont 47,7 lors de vols d'épandage aérien et 3,2 lors de vols d'entraînement ou de positionnement.

La pilote dans l'événement à l'étude a terminé la formation périodique de la compagnie le 18 juillet 2021.

Tableau 1. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote professionnel – hélicoptère (CPL – H)
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} juillet 2022
Heures de vol total	263,1
Heures de vol sur type	182,9
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	49,6
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	50,9
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	50,9
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	50,9
Heures de service avant l'événement	1,5
Heures hors service avant la période de travail	17

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Tableau 2. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Robinson Helicopter Company
Type, modèle et immatriculation	R44, Raven I, C-FVPA
Année de construction	2000
Numéro de série	0846
Date d'émission du certificat de navigabilité	5 mai 2001
Total d'heures de vol cellule	2180,8 heures
Type de moteur (nombre)	Textron Lycoming O-540-F1B5 (1)
Type de rotor (nombre)	Semi-rigide (2)

Masse maximale autorisée au décollage	2400 lb (1088,6 kg)
Type(s) de carburant recommandé(s)	100, 100 LL, 100VLL, UL91, UL94
Type de carburant utilisé	100 LL

L'entretien le plus récent de l'hélicoptère à l'étude avait eu lieu le 16 juillet 2021, et une inspection aux 100 heures avait été effectuée le 12 juillet 2021. Le moteur avait accumulé 88,9 heures depuis sa dernière révision.

Selon l'enquête, rien n'indique qu'un mauvais fonctionnement de la cellule, des commandes de vol ou du moteur ait contribué à cet événement, ni que l'équipement installé ait empêché l'aéronef de fonctionner normalement pendant le vol à l'étude.

Apex avait acheté l'hélicoptère à l'étude en juin 2020; toutefois, le propriétaire précédent n'a annulé son immatriculation que le 11 janvier 2021. Apex a présenté une demande d'immatriculation à Transports Canada (TC) le 15 janvier 2021 et a fait de multiples tentatives de suivi concernant l'état du document d'immatriculation au cours des mois précédant l'événement. Le 13 août 2021, soit 19 jours après l'événement – et 210 jours après que la demande a été faite pour la première fois – TC a communiqué avec Apex pour demander des précisions sur la demande.

L'hélicoptère à l'étude n'était pas immatriculé au moment de l'événement parce que le certificat d'immatriculation provisoire, daté du 15 juillet 2020, n'était valide que pour une durée de 90 jours.

1.6.1 **Certificat de type supplémentaire pour système d'épandage aérien**

L'hélicoptère avait été modifié et un système d'épandage Apollo Spray de modèle DTM-4 avait été installé conformément au certificat de type supplémentaire (STC) SR01215CH, qui avait été approuvé par la Federal Aviation Administration le 15 juin 2000 et accepté par TC le 27 mars 2009.

Le système se compose d'un réservoir en plastique de 92 gallons monté entre les patins de l'hélicoptère sur un cadre en acier, d'un petit moteur à essence monté à l'extérieur du côté gauche du fuselage et d'un ensemble de rampe d'épandage situé approximativement dans l'axe des sièges avant et s'étendant jusqu'à 12 pieds de chaque côté de l'hélicoptère (figure 2).

Figure 2. Photo d'un hélicoptère Robinson R44 équipé du système d'épandage Apollo Spray de modèle DTM-4 (Source : Apollo Spray Systems)



Le moteur à essence est entretenu par le chauffeur du mélangeur avant le premier vol de la journée, ainsi que lorsque l'hélicoptère revient pour être rechargé. Le pilote n'a pas à surveiller ou à contrôler le moteur à essence pendant le vol.

Le système d'épandage est activé et désactivé par le pilote à l'aide d'un commutateur à bascule situé sur le manche de pas cyclique. La pompe aspire le produit chimique du réservoir en plastique et l'achemine sous pression vers l'ensemble de rampe d'épandage, après quoi le produit chimique est distribué par une série de buses fixées à la rampe d'épandage. Le commutateur à bascule communique avec le système GPS TracMap³ pour indiquer et enregistrer quand et où l'épandage du produit chimique a eu lieu.

Le STC ne modifie pas la plage de centrage permise ni la masse maximale autorisée au décollage de l'hélicoptère qui sont décrites dans le manuel d'utilisation de l'aéronef⁴.

On rapporte que pendant les opérations d'épandage, une pellicule du produit chimique pulvérisé se dépose souvent sur le pare-brise de l'hélicoptère, ce qui peut nuire à la visibilité. Il faut donc nettoyer le pare-brise lorsque l'hélicoptère est arrêté pendant une

³ Voir la section 1.6.2 pour une explication du système GPS TracMap.

⁴ Robinson Helicopter Company, *R44 Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Rotorcraft Flight Manual*, approuvé le 11 mai 2020, section 6 : Weight and balance.

journee de travail ainsi qu'à la fin de la journee de service. Il a été signalé que le pare-brise avait été nettoyé le matin du vol à l'étude.

1.6.2 Guidage GPS TracMap

Apex utilise un dispositif GPS pour faciliter et enregistrer l'épandage aérien de produits chimiques. L'appareil utilisé sur l'hélicoptère à l'étude était un TracMap Flight1 (figure 3), qui a été lancé en 2007 par TracMap New Zealand, une entreprise spécialisée dans les appareils et logiciels GPS destinés à l'épandage agricole.

Le dispositif GPS Flight1 était monté à côté du groupe d'instruments, à peu près au-dessus des genoux du pilote, où il pouvait être facilement consulté par le pilote en vol.

Figure 3. Dispositif TracMap Flight1 et antenne GPS récupérés de l'hélicoptère à l'étude (Source : BST)



Avant le début de l'épandage, un fichier de formes contenant les contours du ou des champs à pulvériser est chargé dans le dispositif GPS à l'aide d'une clé USB (bus série universel).

Le dispositif GPS reçoit des données lorsque le pilote active ou désactive la rampe d'épandage, ce qui lui permet de représenter sur une carte mobile les endroits où l'épandage a été effectué. En cas de mauvais fonctionnement du dispositif, le pilote interrompt l'épandage jusqu'à ce que l'appareil soit remis en service, car la couverture du produit chimique n'est pas documentée et ne peut donc pas être vérifiée par le client ou lui être facturée.

À la fin des opérations d'épandage, le fichier est téléchargé du dispositif sur la clé USB et remis au client, qui peut vérifier que ses champs ont reçu une couverture adéquate par le produit chimique demandé.

Le dispositif GPS Flight1 récupéré de l'hélicoptère à l'étude présentait des dommages mineurs à l'écran et au boîtier extérieur. Il a été envoyé au Laboratoire d'ingénierie du BST à Ottawa (Ontario). Il fonctionnait normalement lorsqu'il a été examiné.

Des données partielles du vol à l'étude ont été récupérées de la mémoire de l'appareil, fournissant des données sur la trajectoire, la vitesse sol et l'altitude entre 6 h 46 et 6 h 58 le 25 juillet 2021, en plus des données de nombreux vols précédents. Les 5 derniers points de données montrent l'hélicoptère volant vers l'est au-dessus du champ à l'étude à environ 150 pieds AGL et à une vitesse sol de 80 nœuds, puis amorçant un virage progressif vers le nord. Une minute et 8 secondes se sont écoulées entre le dernier point de données GPS et la collision avec les fils.

Lors de l'examen des données, il a été noté qu'il y avait des bris de continuité des données dans chacun des vols enregistrés, le plus souvent entre 10 et 15 secondes, certains durant entre 4 et 10 minutes. Comme il n'y avait aucune preuve de corruption des données, les priorités de traitement internes du logiciel ont été considérées comme la raison la plus probable des bris de continuité, y compris les données de vol manquantes durant 1 minute et 8 secondes à la fin du vol à l'étude.

1.6.3 Masse et centrage

D'après les renseignements recueillis au cours de l'enquête, la masse et le centre de gravité de l'hélicoptère se situaient dans les limites prescrites au moment de l'événement.

1.7 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques signalées à l'aéroport de Kitchener/Waterloo (CYKF) (Ontario) et à l'aéroport de Hamilton (CYHM) (Ontario), tous deux situés à environ 17 milles marins du lieu de l'événement, répondaient aux exigences minimales pour le vol VFR au moment de l'événement.

À 6 h 57, la station d'observation météorologique automatisée de CYKF a signalé une visibilité de 5 milles terrestres (SM) avec de la brume et quelques nuages à 600 pieds AGL. À 7 h 08, soit 9 minutes après l'événement, la station a signalé une visibilité de 3 SM dans de la brume, et un plafond de nuages fragmentés à 600 pieds AGL.

À 6 h 43, une observation à CYHM a indiqué une visibilité de 9 SM avec une mince couche de brouillard et quelques nuages à 1500 pieds AGL, et quelques nuages à 21 000 pieds AGL. L'observation suivante à 7 h, moins de 1 minute après l'événement, a indiqué une visibilité de 12 SM et quelques nuages à 1500 pieds AGL, et quelques nuages à 21 000 pieds AGL.

Les conditions météorologiques ne sont pas considérées comme ayant été un facteur contributif à cet événement.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'hélicoptère n'était pas doté d'un enregistreur de données de vol ou d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage et n'était pas tenu d'en avoir selon la réglementation en vigueur. Tel qu'il est indiqué dans le présent rapport, les données incomplètes fournies par le dispositif GPS embarqué ont engendré de l'incertitude concernant la trajectoire de vol et la vitesse de l'hélicoptère dans les instants précédant l'impact avec les fils.

Les avantages que présentent les données de vol enregistrées pour les enquêtes sur les accidents d'aéronefs sont bien connus et documentés⁵. À la suite d'un événement⁶ survenu le 13 octobre 2016, au cours duquel un aéronef Cessna Citation 500 sous immatriculation privée est entré en collision avec le sol et a causé des blessures mortelles au pilote et aux 3 passagers, le Bureau a recommandé que

le ministère des Transports, en collaboration avec l'industrie, élimine les obstacles et élabore des pratiques recommandées en ce qui a trait à la mise en œuvre du suivi des données de vol et à l'installation de systèmes d'enregistrement des données de vol légers par les exploitants commerciaux qui ne sont pas actuellement tenus de munir leurs aéronefs de ces systèmes.

Recommandation A18-01 du BST

Dans sa réponse de septembre 2021 à cette recommandation, TC a indiqué qu'il était d'accord en principe avec cette recommandation et que les modifications proposées à la réglementation rendant obligatoire l'installation d'enregistreurs de données de vol légers dans les aéronefs existants et leur installation dans les aéronefs nouvellement construits devraient être publiées dans la partie I de la *Gazette du Canada* à la fin de 2023, ainsi que dans la partie II de la *Gazette du Canada* entre le milieu et la fin de 2024. Dans son évaluation de mars 2022 de la réponse de TC, le BST a déclaré qu'il était encouragé par les modifications proposées par TC, mais qu'il était préoccupé par les retards annoncés récemment. Si la réglementation est mise en œuvre telle que proposée, les risques associés à la lacune de sécurité relevée dans la recommandation A18-01 devraient être réglés. Par

⁵ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0187, A19P0176, A18P0080, A17P0170, A16A0032, A15P0081, A14Q0148, A14W0127, A13H0002, A12W0031, A12C0005, A11H0001, A11P0106, A11C0047, A11W0048, A11O0031, A11Q0028, A11P0117, A10P0244, A09P0187, A09A0036, A07W0150, A07Q0063, A06W0139, A05C0187, A05W0137, A03H0002, A02W0173 et A01W0261 du BST.

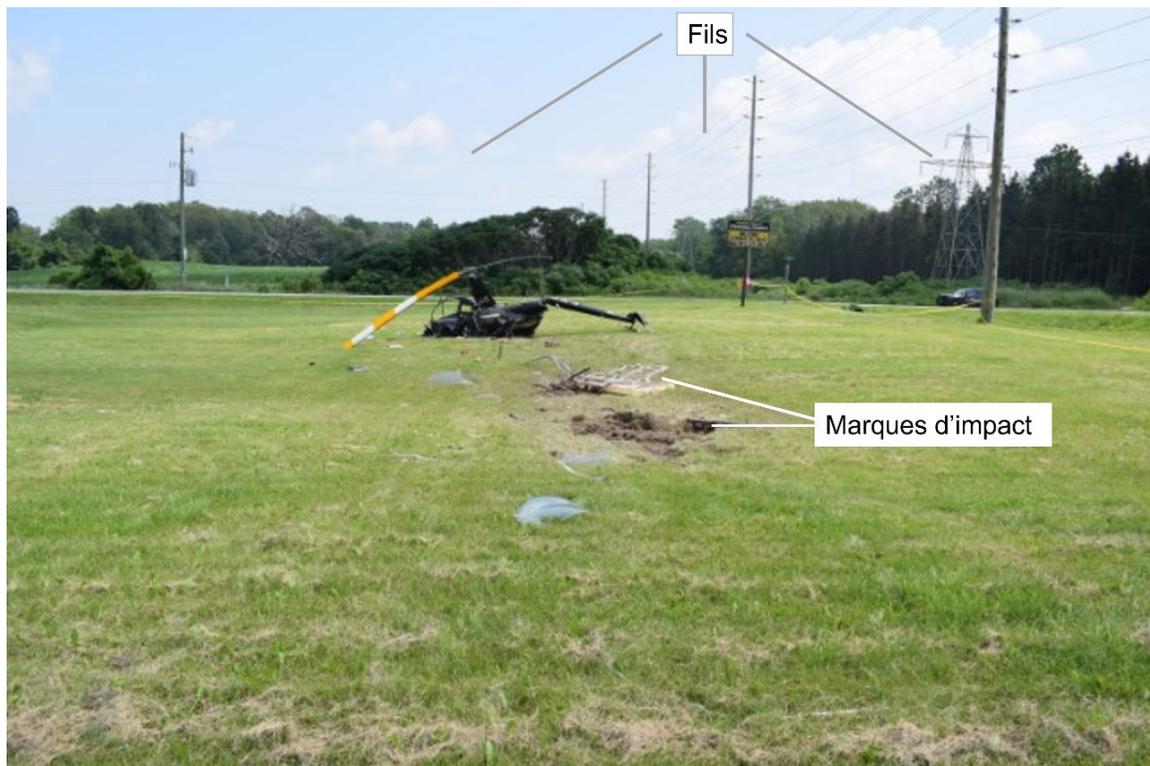
⁶ Rapport d'enquête aéronautique A16P0186 du BST.

conséquent, le Bureau a estimé que la réponse à la recommandation A18-01 dénotait une **intention satisfaisante**⁷.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'épave principale a été retrouvée à environ 270 pieds à l'est des fils qui ont été heurtés; le fuselage, les pales du rotor principal, la poutre de queue et le rotor de queue sont restés en grande partie attachés, tandis que les patins, la rampe d'épandage et le réservoir de produits chimiques se sont détachés lors du contact initial avec le sol (figure 4).

Figure 4. Photo de l'épave de l'hélicoptère à l'étude prise au-delà des fils qui ont été heurtés, faisant face à l'est (direction du vol) et montrant les marques d'impact, 2 ensembles de fils électriques à droite et un 3^e ensemble perpendiculaire devant l'épave (Source : BST)



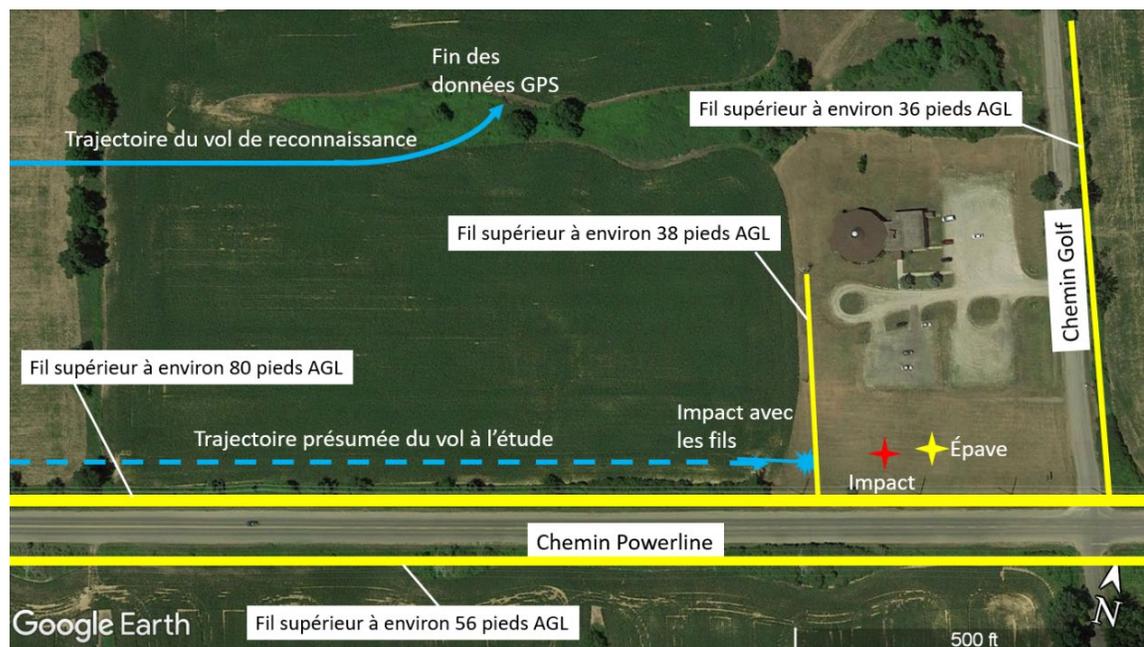
Les 3 fils supérieurs des 4 fils ont été sectionnés par l'hélicoptère. Le fil le plus bas, qui est resté intact, se trouvait à une hauteur d'environ 25 pieds AGL, tandis que le fil supérieur se trouvait à environ 37 pieds AGL. Des sections de fil ont été retrouvées enroulées autour du sommet du mât du rotor principal, juste en dessous du moyeu, et au bas du pylône du mât. Le fil le plus bas heurté semble avoir été sectionné par l'ensemble de patins monté sous l'hélicoptère.

⁷ Recommandation A18-01 du BST : Installation obligatoire de systèmes d'enregistrement des données de vol légers, à l'adresse <https://www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2018/rec-a1801.html> (dernière consultation le 15 septembre 2022).

1.12.1 Lieu de l'événement

L'impact avec les fils s'est produit près de l'intersection des chemins Powerline et Golf, à la limite entre le champ de maïs et le terrain d'une église situé sur le chemin Golf. Les fils étaient parallèles à la trajectoire de vol à l'étude, de chaque côté du chemin Powerline, à des hauteurs allant jusqu'à 80 pieds AGL. Il y avait également des fils le long du chemin Golf, à 1000 pieds à l'est du lieu de l'événement; ceux-ci se trouvaient jusqu'à 36 pieds AGL et étaient parallèles aux fils qui ont été heurtés (figure 5).

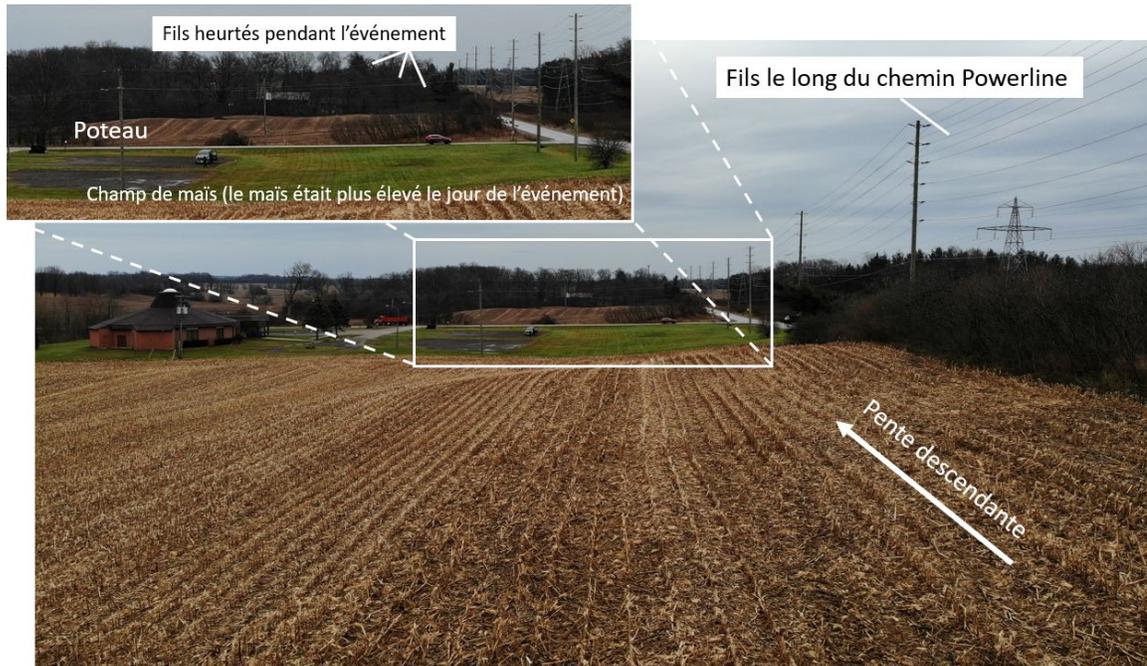
Figure 5. Carte du site montrant la trajectoire du vol de reconnaissance, la trajectoire présumée du vol à l'étude, et les hauteurs approximatives des fils supérieurs dans les environs (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Les fils qui ont été heurtés par l'hélicoptère alimentaient l'église en électricité et étaient adjacents au champ de maïs, le long de la limite entre les terrains. Les fils partaient d'un poteau de 56 pieds de haut le long du chemin Powerline et descendaient vers le premier des 2 poteaux de 38 pieds de haut situés sur le terrain de l'église et espacés de 150 pieds. Ces poteaux étaient situés en bordure du champ de maïs, entre 10 et 20 pieds du bord du maïs. Vu de l'ouest, le maïs masquait la base de ces poteaux.

Le champ de maïs, que la pilote était vraisemblablement en train de pulvériser avant de heurter les fils, descendait en pente vers le terrain de l'église, avec une réduction de l'élévation d'au moins 30 pieds (figure 6).

Figure 6. Photo montrant le point de vue approximatif de la pilote pendant le passage d'épandage, avec image en médaillon du grossissement des lignes. Photo prise après la récolte du champ de maïs. (Source de l'image principale et de l'image en médaillon : BST)



1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'information recueillie au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance de la pilote.

1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie, que ce soit avant ou après l'événement.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La pilote portait une ceinture sous-abdominale et une ceinture-baudrier, ainsi qu'un casque d'hélicoptère. L'avant et l'arrière du casque de la pilote ont été endommagés.

La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) (modèle Kannad 406 AF-Compact) ne s'est pas déclenchée pendant l'événement. Le commutateur de l'ELT a été retrouvé en position OFF (arrêt); l'ELT ne pouvait donc pas transmettre un signal de détresse. Il n'a pas été possible de déterminer si le commutateur a été désactivé avant le vol ou pendant la séquence d'impact.

Ce modèle d'ELT fait l'objet d'un avis de sécurité aérienne du BST⁸ qui a été publié à la suite de 2 autres événements mettant en cause des hélicoptères où l'ELT a été trouvée en

⁸ Information sur la sécurité aérienne A19Q0109-D1-A1, *Défaillance du système de verrouillage de l'interrupteur de la radiobalise de repérage d'urgence Kannad 406 AF-compact* (11 février 2020), à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/securite-safety/aviation/2019/a19q0109/a19q0109-d1-a1.html> (dernière consultation le 14 septembre 2022).

position OFF. L'avis de sécurité recommande que l'ELT soit inspectée périodiquement pour vérifier l'intégrité du mécanisme de verrouillage du commutateur. Dans ces cas précédents, le mécanisme de verrouillage du commutateur avait été endommagé, tandis que dans l'événement à l'étude, le mécanisme de verrouillage du commutateur de l'ELT a été retrouvé intact.

1.16 Essais et recherche

Bien qu'il soit possible que le commutateur de l'ELT à l'étude ait été en position OFF avant le vol, ce modèle d'ELT a également été retrouvé en position OFF sur les lieux d'autres événements⁹, ce qui a incité une série d'essais de chute sur l'ELT à l'étude pour déterminer si un impact pourrait avoir une incidence sur la position du commutateur.

Des essais préliminaires¹⁰ de l'ELT à l'étude ont été effectués au bureau régional du BST situé en Ontario. Une série de chutes ont été effectuées d'une hauteur de 5 pieds ou moins, à divers angles, sur une surface dure. On a constaté que, lorsque la radiobalise était orientée à environ 45° de la verticale comme l'exige le fabricant et comme elle était installée dans l'hélicoptère à l'étude, le commutateur de mode de l'ELT passait fréquemment de la position ARM à la position OFF en raison des forces d'impact, même si le ressort et la protection mécanique conçus pour empêcher ce comportement demeuraient intacts¹¹. Il a été démontré que cela se produisait à des hauteurs aussi faibles que 3 pieds. Avant le début des essais de chute, l'ELT fonctionnait normalement et produisait un signal de détresse.

Après les essais préliminaires, la radiobalise a été envoyée au laboratoire du BST pour un examen et des tests approfondis. L'imagerie à rayons X a confirmé que le commutateur de mode, y compris la protection mécanique et le ressort, n'était pas endommagé. L'examen des composants électroniques a toutefois révélé que l'ELT n'était plus fonctionnelle. Les câbles menant de la batterie interne à l'appareil n'avaient pas été correctement acheminés lors de l'installation de la batterie. Ils étaient ainsi susceptibles de subir des dommages au cours de l'impact et des essais de chute préliminaires. Les essais de chute et d'impact effectués au laboratoire du BST ont confirmé les résultats des essais initiaux et ont indiqué que l'inertie du commutateur de mode lui-même, transmise par l'impact, avait probablement surmonté la pression du ressort et permis au commutateur de mode de passer de la position ARM à la position OFF. Ces essais ne visaient pas à reproduire les essais de certification et n'avaient pour but que de confirmer si un impact pouvait avoir une incidence sur la position du commutateur.

⁹ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19O0026 et A19Q0109 du BST.

¹⁰ Les ELT conçues pour être fixées en place sur une cellule (ELT-AF), comme l'ELT à l'étude, ne sont pas évaluées en fonction de leur résistance à un impact direct parce qu'on s'attend à ce que la cellule elle-même absorbe certaines forces d'impact. Par conséquent, des essais d'impact direct sur une surface dure ne sont pas effectués pendant la certification de ce type d'ELT.

¹¹ Le commutateur de mode est un commutateur à bascule à 3 positions qui doit être soulevé pour être dégagé d'une protection où il est maintenu par la pression d'un ressort avant d'être déplacé vers une autre position.

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

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

- LP097/2021 – TracMap GPS – Data recovery [GPS TracMap – Récupération des données]
- LP137/2021 – ELT Analysis [Analyse de l'ELT]

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Exploitant

Apex est basée à l'aérodrome de Wingham/Richard W. LeVan (CPR7), à Wingham (Ontario). Elle exerce ses activités conformément à la sous-partie 702 (Opérations de travail aérien) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Les opérations de travail aérien comprennent l'épandage aérien, le travail de référence verticale (élingage), le remorquage de banderole, la patrouille de pipelines et la photographie aérienne.

Les opérations aériennes à Apex sont presque exclusivement liées à l'épandage aérien¹². Elles ont lieu entre juillet et octobre. Au cours de la semaine précédant le vol à l'étude, et pendant le vol lui-même, un fongicide était pulvérisé sur les champs de maïs.

Au moment de l'événement, la flotte d'Apex comprenait 1 hélicoptère Robinson R44, 1 hélicoptère Bell 206L et 2 hélicoptères Bell 206B, qui étaient tous équipés pour l'épandage aérien.

1.17.1.1 Bases temporaires

Apex effectue des vols d'épandage aérien sur des champs de maïs dans le sud de l'Ontario. Comme il n'est pas pratique de fonctionner à partir de sa base principale pour chaque vol, des bases temporaires sont mises en place pour permettre aux équipes et à leur équipement d'être plus près des lieux de travail. Chaque équipe se voit attribuer une caravane classique dans laquelle elle vit et dort pendant la saison.

Chaque matin, l'hélicoptère et le mélangeur sont repositionnés pour être aussi près que possible des champs à pulvériser. Une fois la journée de travail terminée, l'hélicoptère et le mélangeur retournent normalement à la zone de rassemblement pour y passer la nuit. Il arrive que l'un d'entre eux, ou les deux, soient laissés près du lieu de travail pendant la nuit pour diverses raisons, notamment un arrêt du travail dû aux conditions météorologiques.

Le jour précédant le vol à l'étude, les opérations d'épandage avaient été interrompues en raison des conditions météorologiques. L'hélicoptère avait été laissé stationné près du lieu de travail, dans un champ hors de vue, car il était prévu que l'épandage reprenne une fois

¹² Le traitement aérien signifie ce qui suit : « Ensemencement à partir d'un aéronef, ou épandage, par pulvérisation ou poudrage, de produits chimiques à partir d'un aéronef, ou toute autre opération semblable. » (Source : Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 600.01)

que le temps s'améliorerait. Dans ce cas, le temps ne s'étant pas amélioré, l'hélicoptère y a été laissé stationné pendant la nuit.

1.17.1.2 **Équipe d'épandage aérien**

Chaque équipe est composée d'un pilote d'hélicoptère, d'un chauffeur de mélangeur et d'un chauffeur de camionnette. Dans ce cas, aucun chauffeur de camionnette n'était disponible; le mélangeur était donc utilisé pour se rendre au lieu de travail.

Le chauffeur du mélangeur est responsable de trouver un lieu et une surface appropriés (à niveau et exempt d'obstacles) où stationner le mélangeur avant que l'hélicoptère puisse s'y poser. Pendant les opérations d'épandage, le chauffeur du mélangeur coordonne avec le pilote la quantité de carburant et de produit chimique à utiliser au cours du prochain vol, et il ravitaille et recharge l'hélicoptère en conséquence. Il vérifie le bon fonctionnement du moteur à essence qui alimente la pompe de la rampe d'épandage, et il aide souvent le pilote avec des tâches, telles que le nettoyage du pare-brise de l'hélicoptère, l'entretien ainsi que le nettoyage des buses et de l'équipement.

1.17.1.3 **Mélangeur**

Le mélangeur se compose généralement d'un camion ou d'un camion et d'une remorque. Dans le cas de l'événement à l'étude, il s'agissait d'un camion fourgon avec des réservoirs pour l'essence aviation, l'eau et les produits chimiques, ainsi qu'une plateforme pour l'atterrissage de l'hélicoptère (figure 7). La plateforme d'atterrissage mesurait 10 pieds sur 10 pieds, et comportait des sections repliables qui sont rangées lorsque le camion est en mouvement. Pendant les opérations, l'hélicoptère n'est stationné sur la plateforme d'atterrissage que lorsqu'il est ravitaillé en carburant et rechargé en produits chimiques, ce qui se fait pendant que le moteur de l'hélicoptère tourne au ralenti. Pendant la journée de travail, le mélangeur est souvent repositionné afin d'être le plus près possible des champs à pulvériser, ce qui réduit les heures de vol et les temps de transit, et rend l'opération plus efficace.

Figure 7. Photo d'un mélangeur semblable à celui utilisé dans le vol à l'étude; l'hélicoptère dans la photo n'est pas le même type que l'hélicoptère à l'étude (Source : Apex Helicopters Inc.)



1.17.1.4 Opérations aériennes

Avant de commencer l'épandage aérien, les pilotes d'Apex sont informellement tenus d'effectuer une reconnaissance pour repérer les dangers, comme les structures et les fils, dans les champs et aux alentours, et pour déterminer les zones à éviter, notamment celles où se trouvent des personnes, des animaux et des véhicules stationnés.

Après que le pilote a calculé la quantité de carburant et de produits chimiques nécessaires, qui amèneront normalement l'hélicoptère près de sa masse brute maximale, le chauffeur du mélangeur ravitaille l'hélicoptère en carburant et le charge en conséquence. Cette procédure est répétée de nombreuses fois au cours de la journée, car le pilote doit revenir pour ravitailler l'hélicoptère en carburant et le recharger à intervalles réguliers, normalement toutes les 25 à 30 minutes. Toutes les 4 heures environ, le pilote pose l'hélicoptère au sol et coupe son moteur pour vérifier le niveau d'huile. La plupart des communications entre le pilote et le chauffeur du mélangeur se font à l'aide d'une radio VHF.

À l'aide du dispositif GPS Flight1, le pilote planifie les passages d'épandage, idéalement en suivant la bordure la plus longue d'un champ. Le pilote aligne l'hélicoptère sur la trajectoire de vol prévue en s'approchant du champ, et il choisit un repère visuel au-delà de l'extrémité du champ et l'utilise comme point de référence. Le pilote est ainsi capable de voler en ligne droite tout en regardant à l'extérieur de l'hélicoptère. Les passages d'épandage subséquents sont effectués en se référant à la couverture telle qu'elle est indiquée sur le dispositif GPS Flight1 et en alignant chaque passage avec un nouveau point de référence extérieur.

Le pilote bascule un commutateur sur le manche cyclique au début et à la fin d'un passage d'épandage, ce qui active et désactive le système d'épandage et enregistre l'information de couverture sur le dispositif GPS Flight1. L'épandage idéal de fongicide au-dessus d'un champ de maïs doit se faire entre 5 et 10 pieds au-dessus de la culture à une vitesse indiquée de 60 à 65 nœuds.

En arrivant à la fin du champ, le pilote effectue ce qu'on appelle un virage d'épandage, où il monte à environ 100 pieds AGL (l'altitude varie en fonction des obstructions ou des environs), inverse sa direction, puis descend jusqu'à 5 à 10 pieds au-dessus de la culture avant d'amorcer un passage d'épandage dans la direction opposée. Ce processus est répété jusqu'à ce que tout le champ ait été pulvérisé ou jusqu'à ce qu'il soit nécessaire de ravitailler l'hélicoptère en carburant ou de le recharger.

1.17.2 Exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien

La sous-partie 702 du RAC exige ceci : « [l']exploitant aérien doit [...] inclure un plan détaillé de son programme de formation au sol et en vol dans le manuel d'exploitation de la compagnie¹³ ».

La sous-partie 702 du RAC exige également que le programme de formation au sol et en vol d'un exploitant aérien comprenne, entre autres, « la formation portant sur le travail aérien à effectuer¹⁴ ». D'autres détails se trouvent dans la norme associée des *Normes de service aérien commercial (NSAC)* :

(6) Formation concernant le travail aérien

a) Une formation doit être donnée au pilote si le travail aérien exige qu'il exécute des manœuvres en vol particulières, qu'il tienne compte de considérations spéciales concernant les performances de l'aéronef, ou qu'il connaisse la manière d'utiliser l'équipement pour ne pas compromettre la sécurité des opérations.

Cette formation doit porter sur les sujets suivants :

- (i) contenu des suppléments au manuel de vol ou des homologations à des fins de navigabilité, et exigences pertinentes;
- (ii) exigences relatives aux inspections avant vol de l'équipement utilisé pour les travaux aériens;
- (iii) procédures à suivre en cas d'urgence et de mauvais fonctionnements reliées à l'équipement utilisé pour les travaux aériens;
- (iv) procédures de préparation des opérations en vue de la reconnaissance des zones de travail aérien avant d'effectuer des vols à basse altitude;
- (v) restrictions d'exploitation; et

¹³ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, alinéa 702.76(3)a).

¹⁴ Ibid., alinéa 702.76(2)c).

(vi) formation en vol sur les manœuvres à exécuter, et exercices pertinents¹⁵.

Il n'y a aucune directive sur le temps à consacrer à une partie ou à la totalité de la formation requise.

Bien que la reconnaissance des zones de travail aérien soit expressément mentionnée au sous-alinéa (iv), l'interprétation et l'application de cette exigence sont laissées à la discrétion de chaque exploitant. TC ne fournit pas d'orientation sur la façon de former les pilotes à ces procédures, et il n'exige pas que la reconnaissance aérienne soit pratiquée pendant la formation ou effectuée avant de procéder à un travail aérien.

1.17.3 Formation d'Apex

Chaque année, au début de la saison, Apex effectue une vérification de compétence pilote (VCP) pour chacun des pilotes et lui donne une formation supplémentaire sur le vol d'épandage aérien, qui n'est pas évalué pendant la VCP.

Le manuel d'exploitation de la compagnie (MEC) d'Apex décrit la formation relative à la VCP, sans toutefois donner de détails sur la formation relative à l'épandage aérien. Apex a élaboré un document distinct, intitulé *Introduction to Aerial Application*, pour faciliter la formation et renseigner ses pilotes sur ce type de vol. Ce document n'est pas mentionné dans le MEC.

On s'attend à ce que les pilotes d'Apex effectuent une reconnaissance de chaque champ avant de commencer les opérations d'épandage. Ils ont pour instruction d'effectuer cette reconnaissance avant de ravitailler l'hélicoptère en carburant et de le charger, dans la mesure du possible, et ce, pour veiller à ce que la performance et la manœuvrabilité de l'hélicoptère ne soient pas entravées par une plus grande masse. Ces procédures sont enseignées pendant la formation en vol dispensée par Apex, et elles sont évaluées au cours de la formation périodique qui a lieu chaque année.

Ni le MEC ni le document de formation n'exigent explicitement que les pilotes effectuent une reconnaissance avant le début de l'épandage aérien; toutefois, le document de formation encourage la reconnaissance comme stratégie de prévention des impacts avec les fils¹⁶. Le document de formation fournit des procédures pour divers types de reconnaissance¹⁷, et Apex aurait inclus la reconnaissance dans sa formation en vol pour les nouveaux employés et les anciens pilotes qui reviennent.

¹⁵ Transports Canada, *Normes de service aérien commercial*, norme 722 : Travaux aériens, sous-paragraphe 722.76(6) : Formation concernant le travail aérien.

¹⁶ Apex Helicopters Inc., *Introduction to Aerial Application* (mai 2014), Wire-strike prevention, p. 43.

¹⁷ Ibid., Reconnaissance procedures, p. 44 à 46.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Événements antérieurs

L'événement faisant l'objet du présent rapport est, depuis 2011, le 3^e impact avec des fils mettant en cause un hélicoptère Robinson R44 exploité par Apex¹⁸. Aucun des 2 autres impacts avec des fils n'a causé de blessures au pilote.

Le BST a également enquêté sur un accident survenu en 2015, au cours duquel un hélicoptère Robinson R44 d'Apex était entré en collision avec le relief pendant un vol de mise en place, faisant 2 morts¹⁹.

1.18.2 Éblouissement solaire

Le soleil, qui s'était levé environ 55 minutes avant l'événement, se trouvait presque directement devant la trajectoire de vol de l'hélicoptère pendant la partie initiale – et cruciale – de la reconnaissance, ainsi que pendant le passage d'épandage qui a conduit à l'impact avec les fils. L'éblouissement solaire²⁰ causé par la lumière du soleil directe ou réfléchie nuit à la performance visuelle en dégradant l'acuité visuelle et le contraste. L'éblouissement est le plus intense lorsque le soleil est bas sur l'horizon, comme c'était le cas lors de cet événement.

L'enquête n'a pas permis de déterminer s'il y avait de la brume dans la région au moment de l'événement, ce qui aurait pu avoir un effet sur l'intensité de l'éblouissement solaire. De plus, toute saleté, tout débris et toute pellicule qui se seraient accumulés sur le pare-brise depuis son dernier nettoyage auraient également pu causer un effet d'éblouissement solaire et avoir une incidence sur la visibilité des fils en vol. Toutefois, il était impossible de le vérifier, car le pare-brise a été détruit pendant l'accident.

D'après les dommages subis par le casque de la pilote, il a été déterminé que cette dernière regardait à travers une visière à teinte jaune qui était intégrée à son casque; une telle visière est normalement utilisée pendant les vols dans des conditions brumeuses.

1.18.3 Visibilité des fils pendant le vol

Les fils peuvent être difficiles à voir pendant un vol. Selon un article publié dans *Aviation Week*, [traduction] « [l]es fils ne sont pas toujours visibles. Les changements dans l'éclairage solaire peuvent les voiler. [...] Un fil parfaitement visible dans un sens peut être complètement invisible dans l'autre²¹. »

¹⁸ Événements A19O0109 et A11O0158 du BST.

¹⁹ Rapport d'enquête aéronautique A15C0130 du BST.

²⁰ L'éblouissement est [traduction] « une source lumineuse envahissante, qu'elle soit vue directement ou indirectement ». (Définition de D. Gradwell et D. J. Rainford, *Ernsting's Aviation and Space Medicine*, 5^e édition [CRC Press, 2016], p. 275.)

²¹ P. Veillette, « How to Avoid Helicopter Wire Strikes », *Aviation Week Network* (7 octobre 2015).

En outre, plusieurs facteurs peuvent accroître la difficulté d'apercevoir les fils à basse altitude :

[traduction] L'aptitude d'un pilote à voir des fils et à éviter d'entrer en collision avec eux est rendue plus ardue par l'afflux d'indices visuels perçus d'un point de vue différent lors de travaux à basse altitude; la végétation, les ombres et le relief du sol qui cachent les fils et leurs structures de soutien au pilote; l'ergonomie du poste de pilotage; et des facteurs en apparence mineurs, comme des empreintes de main ou des insectes qui tachent le pare-brise²².

Un rapport de 2006 de l'Australian Transport Safety Bureau (ATSB), fondé sur les données de 119 impacts avec des fils en aviation générale, a révélé que, dans 63 % des 82 accidents pour lesquels il a été possible de déterminer si le pilote avait connaissance des fils avant qu'ils ne soient heurtés, le pilote connaissait l'emplacement des fils²³. En outre, 81 % des impacts avec des fils se sont produits pendant une phase de manœuvre du vol²⁴. Parmi les 119 accidents étudiés, 74 se sont produits lors de vols agricoles.

1.18.4 Vol à très basse altitude

Le vol d'épandage aérien exige que les pilotes volent à une altitude aussi basse que 5 pieds au-dessus des cultures à pulvériser, souvent dans des zones entourées d'obstacles de plusieurs types, notamment des fils, des arbres et des structures. De plus, les pilotes sont formés et encouragés à utiliser à bon escient le temps et l'espace pendant les virages d'épandage. Ces techniques de vol sont spécifiques à l'épandage aérien, qu'il soit effectué par un aéronef à voilure tournante ou à voilure fixe, et elles comportent un niveau de risque intrinsèquement élevé.

Lorsqu'un avion ou un hélicoptère est utilisé à des fins d'opérations de travail aérien visées par la sous-partie 702 du RAC, les pilotes ne sont pas tenus de rester au-dessus d'une altitude minimale AGL.

1.18.5 Perception du risque

Le risque est fonction de probabilité et de conséquences. La perception du risque est la reconnaissance du risque inhérent à une situation. Les pilotes d'hélicoptère, en particulier ceux qui effectuent des vols à basse altitude, sont bien conscients des conséquences potentiellement mortelles que représente un impact avec des fils. Leur objectif est de l'éviter, c'est-à-dire d'en éliminer la probabilité.

La perception du risque peut être modifiée et faussée par l'expérience d'un pilote dans une situation, et les situations qui présentent un niveau de risque élevé pour une personne

²² R. L. Cassidy, « One Strike and You're Out », *Flight Safety Australia* (novembre-décembre 2005).

²³ Australian Transport Safety Bureau (ATSB), Aviation Research and Analysis Report – B2005/0055, *Wire-strike Accidents in General Aviation: Data Analysis 1994 to 2004* (septembre 2006), section 9.2 : Pilot awareness of the wire, p. 42.

²⁴ Ibid., section 9.3 : Phase of flight, p. 42.

peuvent ne poser qu'un faible risque pour une autre²⁵. De plus, les pilotes qui ont vécu plus d'événements dangereux ont tendance à avoir une perception plus faible des risques par rapport aux pilotes qui ont vécu moins d'événements dangereux²⁶. De même, les personnes qui effectuent à plusieurs reprises une activité dangereuse avec peu ou pas de répercussions négatives peuvent devenir désensibilisées ou habituées au niveau de risque élevé. Des problèmes peuvent survenir lorsque les risques perçus ne correspondent plus aux risques et aux dangers réels associés à une activité.

1.18.6 Évitement des impacts avec des fils

1.18.6.1 Marques physiques

Bien que des marqueurs puissent être installés sur les fils électriques pour les rendre plus visibles, les marqueurs ne sont pas exigés lorsque les fils sont à moins de 90 m (295,3 pieds) AGL. Les marqueurs sont le plus souvent utilisés sur les fils situés sous la trajectoire d'approche près d'une piste, ou sur les fils qui traversent une rivière ou une vallée.

Aucun marqueur de fil n'était installé sur l'un des fils à proximité du lieu de l'événement.

1.18.6.2 Cartes aéronautiques de navigation selon les règles de vol à vue

Les cartes aéronautiques de navigation VFR (VNC) sont

utilisées par les pilotes VFR pour des vols de courtes et de longues distances, dans tout le Canada, à des altitudes basses à intermédiaires et à des vitesses faibles à moyennes. La carte comporte des renseignements aéronautiques ainsi qu'une représentation topographique assez détaillée pour faciliter la navigation aérienne grâce à une combinaison spéciale de couleurs, à la gradation des teintes et à l'ombrage du relief. La série compte 52 cartes. L'échelle est de 1/500 000²⁷.

Bien que les VNC décrivent les obstacles et les dangers, comme les tours et certains fils électriques, elles ne fournissent pas le niveau de détail qui serait nécessaire pour aider les pilotes d'épandage aérien à évaluer les dangers liés aux champs individuels et à leurs environs. En ce qui concerne le présent événement, seuls les fils longeant le côté sud du chemin Powerline étaient représentés sur la VNC de Toronto, qui couvre la zone à l'étude.

1.18.6.3 Dispositifs coupe-câble

Des dispositifs coupe-câble passifs peuvent être installés sur les aéronefs à voilure fixe et à voilure tournante pour aider à atténuer les dangers associés à un impact avec des fils. Ces dispositifs sont conçus pour couper ou faire dévier les fils afin d'empêcher qu'ils endommagent ou arrêtent l'aéronef. Ils comptent normalement sur l'énergie cinétique de

²⁵ M. Martinussen et D. R. Hunter, *Aviation Psychology and Human Factors*, 2^e édition (Taylor & Francis Group, 2018), p. 297 à 301.

²⁶ Ibid.

²⁷ NAV CANADA, Produits d'information aéronautique, Les cartes aéronautiques de navigation VFR (VNC), à l'adresse <http://products.navcanada.ca/shop-vfr/VFR-Navigation-Charts-VNC/> (dernière consultation le 15 septembre 2022).

l'aéronef pour couper les fils. Ils ne sont pas totalement efficaces dans toutes les assiettes ou vitesses d'aéronef. Ils nécessitent également une structure adéquate sur laquelle être montés, car ils doivent être capables de résister à d'importantes forces pour fonctionner comme prévu.

Il n'existe pas de trousse de protection contre les impacts avec des fils pour l'hélicoptère Robinson R44. Il est rare que ces trouses soient installées sur de petits aéronefs, étant donné que dans de nombreux cas, ces aéronefs ne sont pas conçus avec une structure adéquate sur laquelle les monter. De plus, les aéronefs petits et légers peuvent se déplacer trop lentement pour que les dispositifs coupe-câble soient efficaces.

2.0 ANALYSE

L'enquête a permis d'établir que l'aéronef était entretenu conformément aux règles et aux règlements en vigueur, et que le vol à l'étude était exploité selon les règles et les lignes directrices énoncées dans le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), les *Normes de service aérien commercial* (NSAC) et le manuel d'exploitation de la compagnie (MEC).

Rien n'indique qu'il y ait eu avant l'impact des problèmes mécaniques qui auraient pu nuire au fonctionnement de l'hélicoptère au moment de l'impact avec les fils. L'impact avec les fils a probablement eu lieu pendant le 1^{er} passage d'épandage de la matinée, immédiatement après une reconnaissance des champs à pulvériser.

Par conséquent, cette analyse se concentrera sur la perception du risque par les pilotes qui volent régulièrement à très basse altitude et à proximité de fils; sur l'importance des dangers présents sur le lieu de l'événement; et sur les facteurs qui ont pu nuire à la capacité de la pilote à détecter ces dangers, à la fois pendant la reconnaissance et pendant le passage d'épandage présumé.

La formation en matière de reconnaissance et d'évaluation des dangers reçue par la pilote sera également examinée à la lumière des exigences de formation de Transports Canada (TC) qui s'appliquent aux exploitants régis par la sous-partie 702 du RAC.

2.1 Emplacement et visibilité des fils électriques

Les fils de transmission électrique sont difficiles à voir en vol. Bien qu'il existe des solutions pour sensibiliser les pilotes à leur emplacement, comme la représentation sur les cartes aéronautiques de navigation selon les règles de vol à vue, les marques physiques et la reconnaissance, ces solutions ne sont pas infaillibles.

Dans la zone de l'événement, en plus des dangers facilement détectables comme les arbres et les bâtiments, il y avait 2 ensembles de fils bien visibles allant d'est en ouest juste au sud du lieu de l'événement et un 3^e ensemble de fils perpendiculaires à la trajectoire de vol de l'événement à l'étude. Ces 3 ensembles de fils étaient tous situés le long des routes, là où les pilotes s'attendraient à les voir, ce qui rendait probable qu'ils soient faciles à détecter au cours d'une reconnaissance et à éviter pendant les opérations d'épandage subséquentes.

Les fils qui ont été heurtés étaient nettement moins visibles. Au lieu de longer une route ou l'allée de l'église, ils longeaient la bordure d'un champ de maïs, ce qui n'est pas l'endroit où les pilotes s'attendent à les voir, ni celui où ils se concentrent pour détecter les dangers. Ces fils étaient plus bas que les 2 ensembles de fils bien visibles allant d'est en ouest, et les bases de leurs poteaux associés étaient obscurcies par le maïs. Par conséquent, ils étaient plus difficiles à détecter en vol, surtout lorsqu'ils étaient vus de l'ouest.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Les fils que l'hélicoptère a heurtés étaient plus bas que les autres fils à proximité et étaient orientés en bordure d'un champ de maïs plutôt que le long d'une route, ce qui est plus courant. Par conséquent, en plus du fait que les fils n'étaient pas bien visibles, la pilote ne s'attendait pas à les rencontrer à cet endroit.

2.2 Visibilité vers l'avant

Quelques facteurs ont probablement nui à la visibilité vers l'avant de la pilote lors de la reconnaissance et du passage d'épandage présumé.

Les 2 trajectoires de vol étaient orientées vers l'est et ont eu lieu peu après le lever du soleil. La position du soleil, qui était presque directement devant la trajectoire de vol en plus d'être basse sur l'horizon, de même que l'éblouissement solaire, ont fait que les dangers étaient plus difficiles à détecter. La pilote aurait probablement dû porter son attention sur le côté ou en dessous de la lumière directe du soleil pour éviter de regarder en direction de l'éblouissement. Lorsque l'on vole à basse altitude dans un hélicoptère, le fait de ne pas pouvoir voir droit devant soi rend très difficile la détection d'objets tels que des fils.

En outre, une fine pellicule avait tendance à s'accumuler sur le pare-brise pendant les opérations d'épandage. Bien qu'on ait rapporté que le pare-brise avait été nettoyé, la présence d'une pellicule, de saleté ou de débris sur le pare-brise depuis son dernier nettoyage aurait pu nuire à la visibilité vers l'avant et aggraver les effets de l'éblouissement solaire.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La partie de la trajectoire de vol de reconnaissance en direction est et la trajectoire du vol à l'étude étaient toutes deux orientées directement vers le soleil; l'éblouissement solaire, peut-être combiné à une pellicule de liquide d'épandage, de saleté ou de débris présent sur le pare-brise de l'hélicoptère, a nui à la visibilité vers l'avant de la pilote.

2.3 Perception du risque

L'épandage aérien est une opération à très basse altitude, surtout lorsqu'un fongicide est pulvérisé sur des champs de maïs, ce qui nécessite de voler à basse altitude dans des zones dangereuses. De nombreux aspects de l'opération sont également répétitifs, ce qui permet aux pilotes de devenir compétents et de s'habituer à fonctionner dans cet environnement et en présence de fils.

Les personnes qui effectuent à plusieurs reprises une activité dangereuse avec peu ou pas de répercussions négatives peuvent devenir désensibilisées ou habituées au niveau de risque élevé. Des problèmes peuvent survenir lorsque les risques perçus ne correspondent plus aux risques et aux dangers réels associés à une activité.

Même si, dans l'événement à l'étude, plusieurs facteurs ont eu une incidence sur la capacité de la pilote à voir les fils qui alimentaient l'église en électricité, son exposition fréquente aux

dangers des fils sans qu'il y ait de répercussions négatives a probablement aussi eu une incidence sur la rigueur de la reconnaissance.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'exposition fréquente de la pilote au risque d'impact avec des fils, sans répercussion négative, a probablement modifié sa perception du risque et eu une influence négative sur la rigueur de la reconnaissance.

La perception réduite du risque, l'emplacement inattendu des fils à l'étude ainsi que la visibilité vers l'avant réduite ont fait que la pilote n'a pas détecté les fils pendant la reconnaissance.

2.4 Passage d'épandage

En plus des facteurs qui ont nui à la perception des fils pendant la reconnaissance, le passage d'épandage présumé a également été influencé par la topographie.

Le relief survolé à basse altitude pendant le passage d'épandage présumé était en pente descendante d'ouest en est, s'abaissant d'environ 30 pieds. La pilote aurait été en train de descendre pendant le passage d'épandage à l'étude afin de suivre le relief en pente descendante, ce qui aurait exigé qu'elle consacre une plus grande partie de son attention au maintien de l'altitude pendant les moments qui ont précédé l'impact avec les fils.

De plus, comme les fils alimentant l'église en électricité étaient tendus entre des poteaux situés à 38 pieds au-dessus du sol, ils n'auraient été visibles au-dessus de l'horizon, vus d'un aéronef volant à basse altitude, que très tard dans le passage d'épandage. Toutefois, étant donné que la hauteur exacte de l'hélicoptère est inconnue, il n'a pas été possible de déterminer à quel moment les fils seraient apparus au-dessus de l'horizon.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Pendant le passage d'épandage présumé, la pente descendante du champ de maïs à pulvériser a obligé la pilote à diviser son attention entre le maintien de l'altitude de l'aéronef et sa trajectoire, ce qui a réduit le temps disponible pour le repérage des obstacles.

La combinaison de la reconnaissance inefficace, de l'emplacement inattendu des fils, de la visibilité vers l'avant réduite et du temps réduit disponible pour détecter et éviter les fils a fait que la pilote n'a pas vu les fils pendant le passage d'épandage présumé. Par conséquent, l'hélicoptère a heurté les fils et s'est écrasé.

2.5 Formation

2.5.1 Exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien

La formation requise pour les opérations de travail aérien qui est énoncée dans la norme 722 des NSAC comprend la reconnaissance des zones de travail aérien avant les opérations de vol à basse altitude. Cependant, les NSAC ne donnent pas de détails ni de directives sur le temps à consacrer à cette formation.

Le secteur du travail aérien couvre une grande variété de types d'opérations, y compris, sans toutefois s'y limiter, l'épandage aérien, le travail de référence verticale (élingage), le remorquage de banderole, la patrouille de pipelines et la photographie aérienne. Chacun de ces types de travail aérien comporte des défis et des risques qui lui sont propres, mais les exigences de formation des NSAC ne tiennent pas compte de la diversité de ce secteur. Il revient plutôt à l'exploitant individuel de déterminer comment former adéquatement son personnel pour les tâches spécifiques qu'il devra effectuer.

Le programme de formation d'un exploitant est présenté dans son manuel d'exploitation, lequel est approuvé par TC, mais il n'a pas à préciser la façon dont la formation sera accomplie. Le programme de formation approuvé est considéré comme adéquat tant que la formation est fournie aux pilotes conformément au manuel. Afin d'évaluer la conformité et de s'assurer que toute la formation pertinente a été suivie, TC peut vérifier les formulaires de formation remplis. Il y a très peu d'éléments obligatoires que les exploitants régis par la sous-partie 702 du RAC doivent inclure dans leur programme de formation, et il n'y a aucun élément obligatoire relatif à des types particuliers de travail aérien.

Souvent, une opération régie par la sous-partie 702 du RAC n'exige qu'une vérification de compétence pilote (VCP), qui vise à évaluer la compétence du pilote uniquement pour le pilotage de l'aéronef, et qui ne prévoit pas d'exercices liés au type précis de travail aérien effectué par la compagnie.

Dans d'autres secteurs, comme l'exploitation d'un service aérien de navette (sous-partie 704 du RAC) et l'exploitation d'une entreprise de transport aérien (sous-partie 705 du RAC), TC est beaucoup plus normatif en ce qui concerne les éléments de formation et d'essai, à tel point que les vols VCP sur de gros aéronefs sont presque entièrement scénarisés. Il serait difficile de prescrire des exercices ou des scénarios de formation appropriés qui s'appliqueraient à l'ensemble des opérations qui ont lieu dans le secteur du travail aérien. Sans exigences de formation propres aux opérations de la part de TC, il revient aux exploitants d'adapter leur formation au pilotage au type d'activité et à l'aéronef utilisé pour la formation, en tenant compte des facteurs de risque connexes.

Fait établi quant aux risques

Si les exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien ne sont pas propres aux divers types d'opérations qui font partie du secteur, il y a un risque que des procédures importantes liées à la sécurité ne soient pas soulignées dans les programmes de formation et ne soient pas surveillées par l'organisme de réglementation.

2.5.2 Formation d'évaluation des dangers à Apex

La formation d'Apex en matière de reconnaissance et d'évaluation générale des dangers consiste principalement en une formation en classe, où des vidéos de sensibilisation aux dangers sont visionnées, suivies d'une discussion de groupe. Elle est renforcée par une formation pratique dans le cadre de la formation à l'épandage en vol des pilotes.

Les pilotes d'Apex sont formés à effectuer une reconnaissance autour de chaque champ qu'ils vont pulvériser, et ce, afin de déterminer les zones à éviter, comme celles où se

trouvent des personnes, des animaux ou des véhicules stationnés, et afin d'évaluer les dangers tels que les fils, les tours et les structures. La reconnaissance est le principal moyen par lequel les pilotes d'Apex sont formés pour évaluer les dangers.

La reconnaissance peut être complétée par d'autres moyens, dont des ressources cartographiques en ligne telles que Google Earth, une reconnaissance au sol ou un exposé verbal avec les propriétaires des terrains à pulvériser. Il convient toutefois de noter que l'utilisation de méthodes supplémentaires de reconnaissance ne garantit pas que tous les dangers seront détectés. Apex n'encourage ni ne décourage l'utilisation de méthodes supplémentaires d'évaluation des dangers, laissant aux pilotes eux-mêmes la décision de compléter leurs procédures de reconnaissance.

Fait établi quant aux risques

Si les pilotes se fient à une seule méthode d'évaluation des dangers, comme la reconnaissance, il y a un risque accru que des dangers ne soient pas détectés, entraînant des collisions ou des quasi-collisions avec des objets ou le relief.

2.6 Possibilités de survie

2.6.1 Radiobalise de repérage d'urgence

La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) installée dans l'hélicoptère à l'étude est probablement passée en position OFF au moment de l'impact avec le sol, ce qui l'a empêchée d'envoyer un signal de détresse. Lorsqu'un commutateur à bascule est installé dans un hélicoptère, sa tête est maintenue dans la position sélectionnée par la pression d'un ressort et pointe vers l'avant et le bas (par rapport à une assiette d'aéronef rectiligne et horizontale). Au moment d'un impact, l'inertie du commutateur à bascule lui-même peut l'amener à surmonter la pression du ressort de retenue; le commutateur peut ainsi se déplacer et, dans certains cas, changer de position pendant une séquence d'impact.

Fait établi quant aux risques

Si une ELT se désactive ou devient inutilisable à la suite d'un impact, il y a un risque qu'un accident ne soit pas détecté, ce qui retarderait le sauvetage ou l'intervention, en plus d'avoir un effet négatif sur les possibilités de survie.

2.6.2 Port du casque

Au moment de l'événement, la pilote de l'hélicoptère portait sa ceinture sous-abdominale et sa ceinture-baudrier ainsi qu'un casque d'hélicoptère, lequel présentait des dommages importants à l'avant et à l'arrière résultant de la collision avec le relief.

Fait établi : Autre

Le port d'un casque de vol et la fixation de la ceinture sous-abdominale et de la ceinture-baudrier ont permis de réduire la gravité des blessures de la pilote.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Les fils que l'hélicoptère a heurtés étaient plus bas que les autres fils à proximité et étaient orientés en bordure d'un champ de maïs plutôt que le long d'une route, ce qui est plus courant. Par conséquent, en plus du fait que les fils n'étaient pas bien visibles, la pilote ne s'attendait pas à les rencontrer à cet endroit.
2. La partie de la trajectoire de vol de reconnaissance en direction est et la trajectoire du vol à l'étude étaient toutes deux orientées directement vers le soleil; l'éblouissement solaire, peut-être combiné à une pellicule de liquide d'épandage, de saleté ou de débris présent sur le pare-brise de l'hélicoptère, a nui à la visibilité vers l'avant de la pilote.
3. L'exposition fréquente de la pilote au risque d'impact avec des fils, sans répercussion négative, a probablement modifié sa perception du risque et eu une influence négative sur la rigueur de la reconnaissance.
4. La perception réduite du risque, l'emplacement inattendu des fils à l'étude ainsi que la visibilité vers l'avant réduite ont fait que la pilote n'a pas détecté les fils pendant la reconnaissance.
5. Pendant le passage d'épandage présumé, la pente descendante du champ de maïs à pulvériser a obligé la pilote à diviser son attention entre le maintien de l'altitude de l'aéronef et sa trajectoire, ce qui a réduit le temps disponible pour le repérage des obstacles.
6. La combinaison de la reconnaissance inefficace, de l'emplacement inattendu des fils, de la visibilité vers l'avant réduite et du temps réduit disponible pour détecter et éviter les fils a fait que la pilote n'a pas vu les fils pendant le passage d'épandage présumé. Par conséquent, l'hélicoptère a heurté les fils et s'est écrasé.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si les exigences en matière de formation spécifique aux opérations de travail aérien ne sont pas propres aux divers types d'opérations qui font partie du secteur, il y a un risque que des procédures importantes liées à la sécurité ne soient pas soulignées dans les programmes de formation et ne soient pas surveillées par l'organisme de réglementation.

2. Si les pilotes se fient à une seule méthode d'évaluation des dangers, comme la reconnaissance, il y a un risque accru que des dangers ne soient pas détectés, entraînant des collisions ou des quasi-collisions avec des objets ou le relief.
3. Si une radiobalise de repérage d'urgence se désactive ou devient inutilisable à la suite d'un impact, il y a un risque qu'un accident ne soit pas détecté, ce qui retarderait le sauvetage ou l'intervention, en plus d'avoir un effet négatif sur les possibilités de survie.

3.3 **Autres faits établis**

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. Le port d'un casque de vol et la fixation de la ceinture sous-abdominale et de la ceinture-baudrier ont permis de réduire la gravité des blessures de la pilote.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 31 août 2022. Le rapport a été officiellement publié le 29 septembre 2022.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (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 principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. 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.