



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23W0048

ATTERRISSAGE BRUTAL

Airbus Helicopters AS350 B2 (hélicoptère), C-FAVX
Range Helicopters Inc.
Aéroport d'Edson (CYET) (Alberta)
4 mai 2023

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.** Reportez-vous aux Conditions d'utilisation à la fin du rapport.

Déroulement du vol

Le 4 mai 2023, l'hélicoptère Airbus Helicopters AS350 B2 exploité par Range Helicopters Inc. (Range Helicopters) (immatriculation C-FAVX, numéro de série 4242) effectuait un vol de retour vers l'aéroport d'Edson (CYET) (Alberta), à partir d'une zone de rassemblement pour la lutte contre les incendies de forêt située à environ 49 milles marins (NM) à l'est. Lorsque l'hélicoptère se trouvait à 5 NM à l'est de CYET, un vol de 4 aéronefs CL-215T de Canadair approchait de l'aéroport par l'ouest et avait l'intention d'atterrir sur la piste 07, qui était alors en service. Des vents forts soufflant en rafales de l'est-sud-est ont été signalés. L'approche habituelle du pilote de l'événement vers le hangar de Range Helicopters à CYET consistait à passer au sud de la ville d'Edson (Alberta), puis à approcher de l'aéroport par l'ouest. Quand il a entendu les intentions des aéronefs CL-215T, le pilote de l'événement, ne voulant pas retarder leur arrivée, a décidé d'approcher de l'aéroport en vent arrière et au nord de la piste 07, entre la piste et la voie de

circulation, et avait l'intention d'effectuer un virage serré à droite pour mettre l'hélicoptère face au vent (Figure 1).

Figure 1. Trajectoire de vol de l'hélicoptère vers l'aéroport d'Edson (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



Alors que l'hélicoptère était en approche entre la piste 07 et la zone de terrain gazonné située entre les voies de circulation A et B, le pilote a commencé à ralentir et a atteint une vitesse sol de 30 nœuds¹. Il a remarqué 2 avions-citernes à la base du service de lutte contre les incendies devant lui et à sa droite, et, ne voulant pas les survoler, il a ralenti davantage. L'hélicoptère était en descente à une vitesse située entre 300 et 500 p/min, par un vent arrière de 27 à 36 nœuds. Juste avant d'entamer le virage à droite vers le hangar, l'hélicoptère a amorcé une descente non contrôlée lorsqu'il était entre 50 et 30 pieds au-dessus du sol (AGL). Le pilote a actionné le pas collectif pour réduire la vitesse verticale de descente, mais celle-ci a augmenté. Ce scénario correspond à un état d'anneau tourbillonnaire (VRS)². L'aéronef a percuté le sol et a basculé sur le côté droit à 20 h 05³. Le pilote a subi des blessures légères. Il a réussi à s'extirper de l'épave. Il n'y a pas eu d'incendie. La radiobalise de repérage d'urgence⁴ s'est activée.

- ¹ Le Laboratoire d'ingénierie du BST a extrait les données de trajectoire de vol du système de positionnement global Garmin Aera660 qui se trouvait à bord de l'hélicoptère.
- ² Selon le *Helicopter Flying Handbook* de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, [traduction] « [l']état d'anneau tourbillonnaire [...] décrit une condition aérodynamique où un hélicoptère peut être en descente verticale avec une puissance appliquée allant de 20 % à la puissance maximale, et une performance de montée faible, voire inexistante ». (Source : Federal Aviation Administration, *Helicopter Flying Handbook* (FAA-H-8083-21B), (2019), p. 11-9).
- ³ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).
- ⁴ ACR/Artex ME406HM, numéro de pièce 453-6604, numéro de série 242-06280.

Renseignements sur le pilote

Le pilote détenait une licence de pilote professionnel – hélicoptère et était titulaire d'un certificat médical valide de catégorie 1. Il avait accumulé 1901 heures de vol au total. Selon son carnet personnel, il avait été aux commandes de divers hélicoptères légers, principalement dans le cadre de patrouilles de gazoducs. Il avait accumulé 121 heures de vol sur l'AS350 B2, dont 118 heures comme commandant de bord.

Dans le cadre des activités de lutte contre les incendies, le pilote avait été en service de vol pendant les 7 jours précédant l'événement à l'étude, au cours desquels il avait effectué 46,6 heures de vol⁵. Pendant cette période, il avait été en service pendant 85,5 heures, et pendant plusieurs journées de 14 heures⁶. Cependant, la compagnie avait atténué le risque posé par les longues heures de travail en logeant les équipages dans des hôtels à proximité des incendies, ce qui leur permettait d'avoir plus de temps de repos ininterrompu. Dans le cadre de la présente enquête, le BST a évalué l'état de fatigue du pilote a déterminé que la fatigue n'avait probablement pas été un facteur dans cet événement.

Formation de l'entreprise

Le pilote avait suivi l'entraînement périodique annuel et avait terminé toute la formation au sol sur ordinateur et l'entraînement au vol avant la fin mars 2023. L'entraînement au vol comprenait des exercices de reconnaissance d'un VRS et de manœuvres de rétablissement d'un VRS. Ces exercices avaient été effectués à des altitudes sécuritaires offrant des marges suffisantes pour effectuer les manœuvres de rétablissement sécuritaires.

⁵ L'article 702.92 du *Règlement de l'aviation canadien* autorise un maximum de 60 heures de vol au cours de 7 jours consécutifs.

⁶ L'article 702.93 du *Règlement de l'aviation canadien* autorise un maximum de 14 heures consécutives de service de vol au cours d'une période de 24 heures.

Renseignements sur l'aéronef

Tableau 1. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Eurocopter*
Type, modèle et immatriculation	AS350 B2, C-FAVX
Année de construction	2007
Numéro de série	4242
Date d'émission du certificat de navigabilité	22 mai 2007
Total d'heures de vol cellule	5334,2 (temps de vol estimatif le jour de l'événement : 7,5 heures)
Type de moteur (nombre)	Turbine libre Arriel 1D1 de Turbomeca, turbomoteur (1)
Type de rotor (nombre de pales)	Semi-rigide (3)
Masse maximale autorisée au décollage	2250 kg (4961 lbs)
Types de carburant recommandés	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

* En 2014, le constructeur Eurocopter est devenu Airbus Helicopters, qui détient actuellement le certificat de type pour ce type d'aéronefs.

L'AS350 B2 d'Airbus Helicopters est un hélicoptère monoturbiné à 6 places piloté par 1 seul pilote. Il est équipé d'un rotor principal à 3 pales tournant dans le sens horaire (lorsque vu du dessus). Le pilote est normalement assis sur le siège de droite. L'hélicoptère de l'événement à l'étude était muni d'un panier à fret externe installé sur le côté gauche.

D'après les renseignements disponibles sur l'équipement et le personnel à bord de l'hélicoptère, la masse et le centre de gravité de l'hélicoptère se trouvaient dans les limites prescrites.

L'hélicoptère était certifié et équipé pour les vols de jour selon les règles de vol à vue (VFR), conformément à l'article 605.14 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC)⁷.

Au moment de l'événement, le carnet de route de l'hélicoptère (récupéré dans l'épave) ne faisait état d'aucune anomalie. La dernière entrée du carnet de route, datée du 4 mai 2023, faisait état d'une inspection quotidienne qui avait été effectuée par le pilote de l'aéronef de l'événement à l'étude. On y trouvait des mentions répétitives des inspections exigées par une consigne de navigabilité en vigueur.

Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'hélicoptère a percuté le sol entre la piste et la voie de circulation dans une assiette en cabré, ce qui a provoqué la rupture du rotor de queue. L'hélicoptère a ensuite tourné vers la droite et a percuté le sol avec suffisamment de force pour briser le patin droit. Il a ensuite basculé sur le côté droit, et le rotor principal est entré en contact avec le sol, entraînant le fuselage selon un arc d'environ 100° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le cadre latéral avant droit de la

⁷ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 605.14 : Aéronefs entraînés par moteur — Vol VFR de jour.

cabine s'est rompu, mais la cabine a conservé sa forme générale. Le moteur et la boîte de transmission se sont détachés de certains de leurs points de fixation, mais sont restés principalement dans le compartiment du groupe motopropulseur. Une conduite de carburant s'est rompue. Un déversement de carburant s'est produit, mais pas d'incendie (figure 2).

Figure 2. Lieu de l'accident, vue vers le nord (Source : BST)



Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) de l'aéroport d'Edson émis à 20 h était le suivant :

- vents du 150° vrai à 27 nœuds, avec des rafales atteignant 36 nœuds;
- visibilité de 1 ½ mille terrestre dans de la brume sèche;
- couche de nuages épars à 3000 pieds AGL, plafond de nuages fragmentés à 10 000 pieds AGL;
- température de 24 °C, point de rosée de 2 °C;
- calage altimétrique de 29,73 pouces de mercure (inHg);
- altitude-densité de 5000 pieds.

Aucune prévision d'aérodrome n'est émise pour CYET.

Il a été rapporté que même si la visibilité était bonne pendant le vol de retour, elle avait commencé à se détériorer à environ 10 NM à l'est de CYET. Une fois que l'aéronef de l'événement à l'étude s'est trouvé près de l'aéroport, la visibilité était réduite à 1 ½ mille terrestre. Le pilote était au courant des conditions de vent étant donné que les pilotes des aéronefs CL-215T à l'arrivée en parlaient sur la fréquence de trafic d'aérodrome.

État d'anneau tourbillonnaire

Les hélicoptères sont vulnérables à un phénomène aérodynamique connu sous le nom d'état d'anneau tourbillonnaire (VRS). Un VRS se produit lorsque la trajectoire de vol, la vitesse anémométrique et le taux de descente d'un hélicoptère coïncident avec la déflexion de l'air vers le bas de l'hélicoptère⁸. En vol normal, l'écoulement d'air du rotor principal est dirigé vers le bas. En VRS, les tourbillons d'extrémité générés par le rotor principal recirculent à travers le rotor, ce qui nuit à la portance. L'augmentation de la puissance (augmentation du pas collectif) a pour effet d'accélérer encore plus la déflexion de l'air vers le bas à travers le rotor principal, ce qui aggrave la situation. Dans un VRS intégral, l'hélicoptère peut subir des oscillations intempestives en tangage et en roulis, et son taux de descente peut approcher les 6000 pi/min⁹.

Le *Helicopter Flying Handbook*¹⁰, publié par la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, indique que la combinaison des conditions suivantes est susceptible d'entraîner un VRS :

- une descente verticale ou presque verticale à une vitesse d'au moins 300 pi/min;
- un vol propulsé, généralement dans la plage de couple moteur de 20 à 100 %;
- une vitesse horizontale plus lente que la portance nette de translation.

Pour éviter le VRS à l'approche et à l'atterrissage, Airbus Helicopters recommande¹¹ ce qui suit [traduction] :

Lorsque la vitesse est inférieure à 30 nœuds, soyez conscient de votre RoD [vitesse verticale de descente]. Utilisez le pas collectif (la puissance) pour contrôler la vitesse verticale. **NE LAISSEZ JAMAIS UNE RoD DÉPASSER LES 500 pi/min SI VOTRE VITESSE EST INFÉRIEURE À 30 KIAS. ÉVITEZ LES DÉCÉLÉRATIONS BRUSQUES PENDANT LA DESCENTE OU PENDANT UN VIRAGE VERS UNE POSITION EN VENT ARRIÈRE.** [majuscules et caractères gras dans le texte original]

Afin de réduire le risque de se retrouver en VRS, les pilotes d'hélicoptère sont formés pour éviter de faire pénétrer leur hélicoptère dans sa propre déflexion d'air. Transports Canada recommande les 2 méthodes de rétablissement suivantes aux pilotes d'hélicoptère à rotor principal simple qui se retrouvent en VRS :

- **Le piqué de redressement** – Le pilote doit pousser le cyclique vers l'avant tout en réduisant le collectif afin d'essayer de regagner de la vitesse anémométrique. À mesure que la vitesse anémométrique augmente, l'hélicoptère sort de sa déflexion vers le bas et le vol normal peut reprendre.
- **La mise en autorotation** – Cette manœuvre entraîne un changement de l'écoulement d'air, le faisant passer de l'écoulement perturbé dû au VRS à l'écoulement vers le haut de

⁸ Transports Canada, *Manuel de pilotage des hélicoptères* (TP 9982), 2^e édition (juin 2006), p. 107.

⁹ Federal Aviation Administration, *Helicopter Flying Handbook* (FAA-H-8083-21B) (2019), p. 11-9.

¹⁰ Ibid., p. 11-10.

¹¹ Airbus Helicopters, Safety Information Notice No. 3123-S-00; Useful information about the Vortex Ring State (VRS) phenomenon, révision 1 (12 avril 2022), p. 11.

l'autorotation. Le pilote peut alors pousser lentement le cyclique vers l'avant, prendre de la vitesse et augmenter la puissance afin de reprendre le vol normal¹².

Ces dernières années, une nouvelle technique de rétablissement, la méthode Vuichard, a gagné en popularité. Cette technique recourt à [traduction] « une poussée cyclique latérale combinée à une augmentation de la puissance et de la une poussée anticouple latérale [...] pour éliminer le taux de descente plutôt que sortir de l'anneau tourbillonnaire¹³ ».

Généralement, un hélicoptère en VRS subira une perte considérable d'altitude avant de pouvoir reprendre un vol normal. Si l'altitude initiale est insuffisante, l'hélicoptère peut entrer en collision avec le relief avant de parvenir à se rétablir d'un VRS.

Idéalement, les hélicoptères devraient être face au vent pour l'approche finale afin de réduire le risque d'entrer en VRS. Un pilote effectuant une approche en vent arrière doit gérer consciencieusement la vitesse sol, la puissance et le taux de vitesse verticale de descente de l'hélicoptère afin d'éviter que l'hélicoptère ne descende dans sa propre déflexion d'air et n'y reste pris, et ce possiblement à une altitude rendant les manœuvres de rétablissement impossibles.

Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit le rapport de laboratoire suivant dans le cadre de la présente enquête :

- LP074/2023 – NVM Recovery – GPS and Flight Tracker [Récupération de la mémoire non volatile – système de positionnement mondial et système de suivi de vol]

Messages de sécurité

Cette enquête souligne l'importance de la planification de l'approche et de la gestion de la puissance, surtout au cours d'une approche en vent arrière vers un site d'atterrissage. Ainsi, il est critique que les pilotes d'hélicoptère restent conscients des conditions de vol pouvant causer un VRS et qu'ils évitent ces conditions. Par ailleurs, avant de tenter une approche en vent arrière, les pilotes doivent soigneusement évaluer le gain de temps potentiel d'une telle approche par rapport aux risques inhérents.

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 21 novembre 2023. Le rapport a été officiellement publié le 29 novembre 2023.

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.

¹² Transports Canada, *Manuel de pilotage des hélicoptères* (TP 9982), 2^e édition (juin 2006), p. 107.

¹³ Federal Aviation Administration, *Helicopter Flying Handbook* (FAA-H-8083-21B), (2019), p. 11-10.

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 4. 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 A23W0048* (publié le 29 novembre 2023).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4e 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, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23W0048

N° de cat. TU3-10/23-0048F-PDF
ISBN 978-0-660-68643-1

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

This report is also available in English.