



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23P0040

PERTE DE MAÎTRISE AU SOL

Mustang Helicopters Inc.
Airbus Helicopters AS 350 B3 (hélicoptère), C-GUXR
Aéroport de Smithers (CYYD) (Colombie-Britannique)
6 mai 2023

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 le présent 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 A23P0040* (publié le 27 mai 2026).

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, 2026

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23P0040

Cat. No. TU3-10/23-0040F-1-PDF
ISBN 978-0-660-99952-4

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	6
1.1 Déroulement du vol.....	6
1.2 Personnes blessées.....	9
1.3 Dommages à l'aéronef.....	10
1.4 Autres dommages.....	10
1.5 Renseignements sur le personnel.....	10
1.5.1 Pilote.....	10
1.5.2 Membres du personnel de maintenance des aéronefs et de soutien au sol.....	10
1.6 Renseignements sur l'aéronef.....	11
1.6.1 Généralités.....	11
1.6.2 Masse de l'aéronef.....	11
1.6.3 Circuit hydraulique.....	12
1.6.4 Lignes directrices du constructeur.....	12
1.6.5 Lignes directrices de l'exploitant aérien.....	16
1.7 Renseignements météorologiques.....	16
1.8 Aides à la navigation.....	16
1.9 Communications.....	17
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	17
1.11 Enregistreurs de bord.....	17
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	17
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	17
1.14 Incendie.....	17
1.15 Questions relatives à la survie.....	17
1.15.1 Utilisation de la ceinture de sécurité.....	18
1.16 Essais et recherche.....	18
1.16.1 Bureau de la sécurité des transports.....	18
1.16.2 Airbus Helicopters.....	19
1.16.3 Mustang Helicopters Inc.....	19
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion.....	19
1.17.1 Mustang Helicopters Inc.....	19
1.18 Renseignements supplémentaires.....	20
1.18.1 Appareils électroniques portatifs.....	20
1.18.2 Facteurs humains.....	21
1.18.3 Événements similaires.....	23
2.0 Analyse	24
2.1 Circuit hydraulique.....	24
2.2 Points fixes de maintenance.....	25
2.3 Attentes et attention.....	26
2.4 Utilisation de la ceinture de sécurité.....	27
3.0 Faits établis	29
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	29

3.2	Faits établis quant aux risques	29
4.0	Mesures de sécurité	30
4.1	Mesures de sécurité prises	30
4.1.1	Mustang Helicopters Inc.	30

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23P0040

PERTE DE MAÎTRISE AU SOL

Mustang Helicopters Inc.
Airbus Helicopters AS 350 B3 (hélicoptère), C-GUXR
Aéroport de Smithers (CYYD) (Colombie-Britannique)
6 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.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2. Les pronoms et les titres de poste masculins peuvent être utilisés pour désigner tous les genres afin de respecter la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* (L.C. 1989, ch. 3).

RÉSUMÉ

Le 6 mai 2023, l'hélicoptère Airbus Helicopters AS 350 B3 (immatriculation C-GUXR, numéro de série 3475) exploité par Mustang Helicopters Inc. faisait l'objet de points fixes de maintenance à l'aéroport de Smithers (CYYD) (Colombie-Britannique), avec 1 pilote à bord et 2 membres du personnel de maintenance se trouvant au sol près de la porte cargo gauche de l'hélicoptère. Au cours du 3^e point fixe de maintenance, comme lors des 2 points fixes de maintenance précédents, le pilote a augmenté la puissance du moteur de l'aéronef de IDLE (ralenti) à FLT (ralenti de vol) tout en surveillant les instruments. Vers 9 h 10, heure avancée du Pacifique, après avoir atteint le ralenti de vol, l'hélicoptère a soudainement amorcé une rotation intempestive vers la droite. Dès qu'il s'est rendu compte de la rotation, le pilote a placé la commande moteur à la position IDLE (ralenti), a coupé l'alimentation en carburant et a serré le frein rotor. L'hélicoptère s'est immobilisé après avoir effectué une rotation d'environ 540°. Les 2 membres du personnel de maintenance ont été heurtés à plusieurs reprises par le rotor de queue; l'un d'entre eux a subi des blessures graves et l'autre a été mortellement blessé. Le pilote n'a pas été blessé. L'hélicoptère a été légèrement endommagé.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 6 mai 2023, le pilote de Mustang Helicopters Inc. (Mustang) de l'événement à l'étude et 2 membres du personnel de maintenance de l'entreprise (un technicien d'entretien d'aéronefs [TEA] et un apprenti TEA) se trouvaient au hangar de l'entreprise à l'aéroport de Smithers (CYYD) (Colombie-Britannique). Ils travaillaient sur l'hélicoptère de l'événement à l'étude, un Airbus Helicopters AS 350 B3 de Mustang.

L'hélicoptère avait été poussé hors du hangar et placé face au vent. Les membres du personnel de maintenance prévoyaient équilibrer la section de l'arbre court de l'arbre de transmission du rotor de queue¹. La veille, la même équipe de 3 personnes avait effectué des points fixes de maintenance pour équilibrer le rotor de queue, ce qui nécessite que l'hélicoptère soit exploité au ralenti de vol² pendant quelques minutes.

L'équipement d'équilibrage était installé sur l'hélicoptère et un chariot d'alimentation par batteries était placé près de la cellule et branché à l'hélicoptère pour fournir l'alimentation électrique nécessaire aux multiples démarrages requis pour l'équilibrage. Le pilote a effectué une inspection prévol et a décelé la position anormale de l'un des ressorts des trains d'atterrissage à patins. L'anomalie a été portée à l'attention du TEA. Il a été décidé que celle-ci n'empêchait pas la poursuite des points fixes de maintenance comme prévu.

Le pilote a indiqué aux membres du personnel de maintenance qu'il souhaitait suivre un événement sportif en direct à l'aide de son téléphone cellulaire, qu'il avait apporté dans le poste de pilotage. Il portait un écouteur-bouton Bluetooth dans son oreille gauche et écoutait de la musique diffusée par l'écouteur.

Pour les points fixes de maintenance, le pilote était assis sur le siège du pilote, situé du côté droit de l'aéronef. Étant donné l'absence d'intention de vol, il n'a pas bouclé sa ceinture de sécurité avant de démarrer le moteur, comme l'exige la section avant démarrage de la liste de vérifications de Mustang pour l'AS 350 B3³. Ses pieds reposaient soit sur le plancher de l'hélicoptère, soit légèrement sur la partie inférieure des palonniers. Le pas collectif⁴ était toujours en position sortie et verrouillée, comme le prévoyait le constructeur.

Les 2 membres du personnel de maintenance se tenaient à l'extérieur de l'hélicoptère, sur le côté gauche, près de la porte cargo, et surveillaient l'équipement d'équilibrage. En raison du bruit produit lorsque l'hélicoptère était en marche, les membres du personnel de

¹ Cette mesure s'inscrit dans le cadre de l'inspection de routine toutes les 600 heures de l'hélicoptère AS 350 B3 et vise à réduire au minimum les vibrations de l'hélicoptère.

² Le terme « ralenti de vol » renvoie généralement au réglage du moteur lorsque l'ensemble rotor tourne à plein régime (environ 100 %), mais que le pas collectif est en position complètement abaissée, ce qui empêche toute portance verticale.

³ Mustang Helicopters Inc., *AS 350 B3 2B Checklist* (8 juin 2022), p. 1.

⁴ Le pas collectif d'un hélicoptère se trouve du côté gauche du siège du pilote et sert à modifier manuellement l'angle de pas des pales du rotor principal et la puissance du moteur.

maintenance devaient se déplacer le long du côté gauche de l'hélicoptère et communiquer avec le pilote au moyen de signaux manuels lorsqu'une augmentation de la puissance moteur ou un arrêt était nécessaire. Les deux membres du personnel de maintenance portaient une double protection de l'ouïe⁵.

Le pilote a démarré l'hélicoptère pour le 1^e point fixe de maintenance en effectuant les étapes des sections avant démarrage et démarrage ainsi que des sections vérification de l'accumulateur hydraulique et isolation de la pression hydraulique prévues dans la liste de vérifications de Mustang^{6,7}. Le point fixe de maintenance a duré quelques minutes, et vers la fin de celui-ci, un membre du personnel de maintenance a fait un signe de la main au pilote pour qu'il arrête le moteur de l'hélicoptère. L'arrêt du moteur de l'hélicoptère a été effectuée en suivant l'intégralité de la section après atterrissage et arrêt de la liste de vérifications. Au cours de ce point fixe de maintenance, le pilote a perçu une sensation de rebond marqué de l'hélicoptère. Le TEA et l'apprenti TEA ont apporté des ajustements à l'arbre de transmission de rotor de queue, conformément au manuel de maintenance de l'aéronef⁸, sans que le pilote sorte de l'hélicoptère.

Environ 5 minutes après l'arrêt initial, le pilote a démarré l'hélicoptère une 2^e fois après avoir effectué, de mémoire, une version abrégée des étapes des sections avant démarrage et démarrage de la liste de vérifications de Mustang. Le pilote a omis l'étape relative au bouclage de la ceinture de sécurité et la vérification de la liberté de débattement des commandes figurant dans la section avant démarrage de la liste de vérifications. Il a également omis la vérification de l'accumulateur hydraulique et celle de l'isolation de la pression hydraulique.

Le 2^e point fixe de maintenance a duré quelques minutes, et vers la fin de celui-ci, un membre du personnel de maintenance a fait un signe de la main au pilote pour qu'il arrête le moteur de l'hélicoptère. À ce moment-là, le téléphone cellulaire du pilote a été observé sur le siège avant gauche, illuminé et contenant des images ou du texte en mouvement. Le

⁵ La double protection de l'ouïe fait référence à l'utilisation de bouchons d'oreille combinés avec une protection de l'ouïe supra-auriculaire.

⁶ Dans les documents publiés par l'entreprise et le constructeur, on trouve une terminologie différente pour ces 2 vérifications. À la p. 5 de la section 4.1 : Operating Procedures, sous-section 4 : Starting, 4.1 Starting Procedures, du *Flight Manual AS 350 B3*, révision 15 (25 juillet 2023) d'Airbus Helicopters, il est question de la vérification de l'accumulateur et de la vérification de l'isolation de la pression hydraulique. À la p. 6 de la section 7.8 : Hydraulic System, sous-section 3 : Normal Operations du *Complementary Flight Manual AS 350 B3*, révision normale 15 (25 juillet 2023) d'Airbus Helicopters, les mêmes vérifications sont appelées essai de l'accumulateur hydraulique et essai de coupure de pression hydraulique. De plus, la p. 2 de l'*AS 350 B3 2B Checklist* (8 juin 2022) de Mustang Helicopters Inc. se réfère à ces vérifications comme étant la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique. Dans un souci de cohérence, les termes vérification de l'accumulateur hydraulique et vérification de l'isolation de la pression hydraulique sont utilisés tout au long du présent rapport, sauf dans les citations.

⁷ La vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique doivent être effectuées lorsque la puissance du moteur de l'hélicoptère est réglée sur IDLE (ralenti).

⁸ Airbus Helicopters, *A350 Aircraft Maintenance Manual*, Task 65-11-00 5-1A: Adjustment – Balancing of the Tail Rotor Drive Shaft – Tail rotor drive line (31 juillet 2022).

pilote a entamé l'arrêt de l'hélicoptère, alors qu'il a été vu en train de tenir son téléphone cellulaire et de s'en servir pendant que les pales du rotor principal décéléraient. Le moteur de l'hélicoptère a été arrêté en utilisant de mémoire la section après atterrissage et arrêt de la liste de vérifications, mais le pilote a oublié de faire la vérification du compensateur d'efforts en lacet. Au cours de ce 2^e point fixe de maintenance, le pilote a eu l'impression que le rebond marqué était toujours présent, toutefois, la vibration de l'hélicoptère était moins prononcée que lors du 1^e point fixe de maintenance. Le pilote est demeuré à l'intérieur de l'hélicoptère après le 2^e point fixe de maintenance.

À ce moment-là, l'équipement d'équilibrage indiquait que la section de l'arbre court de l'arbre de transmission du rotor de queue était suffisamment équilibrée pour se conformer aux paramètres du constructeur. Cependant, désireux de réduire davantage les vibrations, les membres du personnel de maintenance ont procédé à un ajustement supplémentaire. Vers 9 h 07⁹, le pilote a démarré l'hélicoptère une 3^e fois, en effectuant, de mémoire, la même version abrégée des étapes des sections avant démarrage et démarrage de la liste de vérifications qu'il avait exécutées lors du 2^e démarrage.

Le pilote a réglé la puissance du moteur de l'aéronef de IDLE (ralenti) à FLT (ralenti de vol), comme lors du précédent point fixe de maintenance, tout en surveillant les instruments moteur. Une fois que l'hélicoptère a atteint le ralenti de vol, vers 9 h 10, l'hélicoptère s'est soudainement soulevé légèrement et s'est mis à effectuer une rotation vers la droite. Le pilote avait alors la tête baissée, et lorsqu'il a levé les yeux, il s'est rendu compte que l'hélicoptère était en rotation. Le pilote a immédiatement placé la commande moteur à la position IDLE (ralenti), a coupé l'alimentation en carburant et a serré le frein rotor supérieur. Il n'a pas été possible de déterminer s'il avait essayé de contrer la rotation à l'aide des palonniers.

L'hélicoptère s'est immobilisé après avoir effectué une rotation d'environ 540° (figure 1). Pendant la rotation, les 2 membres du personnel de maintenance ont tenté de s'éloigner de l'hélicoptère qui tournait sur lui-même, mais ils ont été heurtés à plusieurs reprises par le rotor de queue.

9

Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

Figure 1. L'hélicoptère à l'étude peu de temps après la perte de maîtrise (Source: Gendarmerie royale du Canada [GRC] de Smithers, avec annotations du BST)



Un 4^e employé de Mustang, membre du personnel de soutien au sol, qui se trouvait dans le hangar au moment de l'accident, est sorti pour offrir son aide lorsqu'il a entendu du vacarme. Le service d'urgence 911 a été appelé et les premiers soins prodigués aux 2 membres du personnel de maintenance blessés. L'apprenti TEA a été mortellement blessé. Le TEA a été grièvement blessé et a été transporté par hélicoptère à un hôpital de Prince George (Colombie-Britannique).

1.2 Personnes blessées

Le pilote était seul à bord. Deux membres du personnel de maintenance étaient debout près de l'hélicoptère. Le tableau 1 donne un aperçu de la gravité des blessures.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Membres d'équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	0	0	1	1
Graves	0	0	1	1
Légères	0	0	0	0
Total des personnes blessées	0	0	2	2

1.3 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère a subi des dommages au rotor de queue, au stabilisateur vertical, aux revêtements de la pointe arrière, à la boîte d'engrenages de rotor de queue (y compris les composants de montage), à l'arbre de transmission de rotor de queue et au couvercle de l'arbre de transmission de rotor de queue.

1.4 Autres dommages

Le chariot d'alimentation par batteries qui était branché à l'hélicoptère au moment de l'événement a été détruit.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote professionnel — hélicoptère
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} décembre 2023
Heures totales de vol	Environ 2800
Heures de vol sur type	230,3
Heures de vol au cours des 24 heures précédant l'événement	0
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	0
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	0
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	2,7
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	2,7
Heures de service avant l'événement	1,5
Heures hors service avant la période de travail	14

Le pilote était employé par Mustang depuis janvier 2022. Il détenait une licence de pilote professionnel – hélicoptère et était titulaire d'un certificat médical de catégorie 1 valide. Il avait à son actif environ 2800 heures de vol au total, dont environ 223,8 heures sur l'hélicoptère AS 350 B2 et 6,5 heures sur l'AS 350 B3, dont 1,1 heure sur l'hélicoptère à l'étude.

Le pilote détenait la licence et la qualification appropriées pour piloter l'AS 350 B3 conformément à la réglementation en vigueur.

Au moment de l'accident, le pilote de l'hélicoptère à l'étude était titulaire d'un certificat de secourisme valide et à jour.

1.5.2 Membres du personnel de maintenance des aéronefs et de soutien au sol

Le TEA était employé par Mustang depuis décembre 2022. Il était titulaire d'une licence de TEA avec une qualification M2, délivrée par Transports Canada en juillet 2016. Il avait suivi

un cours d'entretien de l'aéronef AS 350 en avril 2016 et un cours relatif aux différences de l'AS 350 B3 en janvier 2022. De plus, le TEA était titulaire d'un certificat de secourisme à jour et valide au moment de l'accident, qu'il avait reçu après avoir suivi une formation initiale en secourisme en tant que membre des Forces armées canadiennes en 2004.

L'apprenti TEA était employé par Mustang depuis septembre 2022. Il avait obtenu son diplôme à l'issue d'un cours de formation en entretien d'aéronefs approuvé en avril 2022.

Le membre du personnel de soutien au sol était titulaire d'un certificat de secourisme depuis environ 9 ans.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Eurocopter*
Type, modèle et immatriculation	AS 350 B3, C-GUXR
Année de construction	2001
Numéro de série	3475
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	23 avril 2021
Total d'heures de vol cellule	10 012,7 heures
Type de moteur (nombre)	Turbomoteur Arriel 2B de Safran (1)
Type de rotor (nombre de pales)	Starflex semi-rigide (3)
Masse maximale autorisée au décollage	5225 lb (2370 kg)
Types de carburant recommandés	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A

* Airbus Helicopters détient actuellement le certificat de type pour ce type d'aéronef.

L'AS 350 B3 d'Airbus Helicopters est un hélicoptère monoturbiné à 6 places à 1 seul pilote avec un rotor principal à 3 pales. Le pilote est assis sur le siège de droite. L'hélicoptère de l'événement à l'étude a été fabriqué en 2001 et a été importé au Canada en 2021. Il a été acheté par Mustang en juin 2022.

Vu de dessus, le rotor principal de l'AS 350 B3 tourne vers la droite, ce qui exerce sur l'hélicoptère une force qui provoque normalement un mouvement de lacet vers la gauche. Cette force est habituellement contrebalancée par l'utilisation du rotor de queue en vol.

Il n'y avait aucune déféctuosité enregistrée non corrigée au moment de l'événement.

1.6.2 Masse de l'aéronef

La masse et le centre de gravité de l'hélicoptère étaient dans les limites prescrites.

La masse à vide de l'hélicoptère était de 2958 livres. L'enquête a permis de déterminer que la masse totale de l'hélicoptère était d'environ 3505 livres lorsqu'il a amorcé sa rotation.

1.6.3 Circuit hydraulique

Afin de réduire la charge de travail du pilote, l'hélicoptère a été conçu avec des commandes de vol assistées hydrauliquement. La servocommande hydraulique réduit la charge de commande sur le manche de pas cyclique, le levier de pas collectif et les palonniers. Lorsque le moteur est démarré, la pression hydraulique est nulle, mais la pompe hydraulique se met en marche dès que le rotor tourne.

Le *Flight Manual AS 350 B3* d'Airbus Helicopters décrit 2 vérifications du circuit hydraulique qui font partie des procédures de démarrage et qui sont incluses dans la liste de vérifications *AS 350 B3 2B Checklist* de Mustang, à savoir la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique. Lors de l'arrêt, la vérification du circuit hydraulique consiste à faire la vérification du compensateur d'efforts en lacet.

1.6.4 Lignes directrices du constructeur

1.6.4.1 Manuel de vol

Chaque aéronef certifié est accompagné d'un manuel de vol publié. Avant d'être publié, le contenu du manuel fait l'objet d'une recherche et d'un examen minutieux de la part du constructeur, afin que les exploitants de l'aéronef disposent des renseignements opérationnels importants. Ce contenu est généralement étroitement lié aux systèmes présents dans l'aéronef et est organisé en conséquence dans le manuel.

Le constructeur de l'AS 350 B3 a élaboré un manuel de vol qui contient des directives pour l'exploitation en toute sécurité de l'hélicoptère, ainsi que des procédures d'exploitation courantes et des procédures en situation d'urgence.

Dans le manuel, des avertissements, des mises en garde et des remarques sont utilisés pour souligner les instructions importantes et critiques. Le manuel explique l'utilisation particulière de chacun de ces messages [traduction] :

- **AVERTISSEMENT** : UNE PROCÉDURE D'EXPLOITATION, UNE PRATIQUE, ETC. QUI, SI ELLE N'EST PAS SUIVIE CORRECTEMENT, PEUT ENTRAÎNER DES BLESSURES OU DES PERTES DE VIE [majuscules dans l'original].
- **MISE EN GARDE** : UNE PROCÉDURE D'EXPLOITATION, UNE PRATIQUE, ETC. QUI, SI ELLE N'EST PAS STRICTEMENT RESPECTÉE, PEUT ENTRAÎNER DES DOMMAGES OU LA DESTRUCTION DE PIÈCES OU D'ÉQUIPEMENT DE L'HÉLICOPTÈRE [majuscules dans l'original].
- **REMARQUE** : Une procédure d'exploitation, un état, etc., qu'il est essentiel de mettre en lumière¹⁰.

¹⁰ Airbus Helicopters, *Flight Manual AS 350 B3*, révision 15 (25 juillet 2023), section 1.4 : Terminology, sous-section 1 : General, p. 1.

La section 4.1 consacrée aux procédures d'exploitation ne contient aucun avertissement, aucune mise en garde, ni aucune remarque qui exprime une préoccupation liée à l'omission d'étapes dans les procédures de démarrage ou d'arrêt du manuel de vol. Le constructeur s'attend à ce que ces procédures soient respectées. Le manuel de vol ne prévoit aucune procédure distincte pour les points fixes de maintenance qui sont exécutés sans intention de vol.

1.6.4.2 Vérifications avant le démarrage du moteur

La section 4.1 du manuel de vol de l'AS 350 B3 décrit en détail les procédures d'exploitation et les vérifications à effectuer avant le démarrage du moteur. Parmi les vérifications requises figurent 2 éléments qui peuvent aider les pilotes à reconnaître la position correcte des palonniers avant de démarrer l'hélicoptère. Les vérifications sont les suivantes [traduction] :

- Appuyer sur le bouton-poussoir « HYD TEST » (ESSAI HYDRAULIQUE) pendant environ 2 secondes pour dépressuriser l'accumulateur hydraulique en lacet.
- Palonniers-----Débattement libre, puis palonnier gauche environ 2 cm (0,8 po) vers l'avant¹¹.

1.6.4.3 Procédures de démarrage

La section 4.1 du manuel de vol de l'AS 350 B3 contient les procédures de démarrage de l'hélicoptère, qui comprennent la vérification de l'accumulateur hydraulique (également appelée vérification de l'accumulateur et essai de l'accumulateur hydraulique) et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique.

Dans le manuel de vol complémentaire, la fonction de la vérification de l'accumulateur hydraulique est décrite comme suit [traduction] :

L'essai de l'accumulateur hydraulique (bouton-poussoir HYD TEST enfoncé) permet au pilote de vérifier que les accumulateurs fournissent toujours une assistance hydraulique en cas de défaillance du circuit de génération hydraulique (c'est-à-dire qu'il vérifie qu'il n'y a pas de fuite importante au niveau des accumulateurs) et que le voyant d'alarme HYDR (clignote après MOD 07-3317) et que le Gong [alarme sonore] fonctionnent pour indiquer une perte de pression hydraulique¹².

Il se déroule selon les étapes suivantes [traduction] :

¹¹ Ibid., section 4.1 : Operating Procedures, sous-section 3 : Checks Before Starting the Engine, p. 3.

¹² Airbus Helicopters, *Complementary Flight Manual AS 350 B3*, révision normale 15 (25 juillet 2023), section 7.8 : Hydraulic System, sous-section 3 : Normal Operations, p. 6.

Vérification de l'accumulateur :

- Pas collectif - - - - -Vérifié et correctement verrouillé.
- Bouton-poussoir « HYD TEST »
(ESSAI HYDRAULIQUE) - - - - -Appuyer sur le pylône de commande.
- Panneau d'alarme- - - - -Vérifier que le voyant « HYDR »
clignote.
- Commandes de pas collectif et cyclique- -Mains sur celles-ci.
- Déplacer la commande de pas cyclique 2 ou 3 fois sur chaque axe (+/- 10 % du débattement) et vérifier l'assistance hydraulique de l'accumulateur en tangage et roulis (aucune charge sur les commandes).
- Bouton-poussoir « HYD TEST »
(ESSAI HYDRAULIQUE) - - - - -Remettre en position haute.
- Panneau d'alarme- - - - -Vérifier que le voyant « HYDR »
s'éteint¹³.

Le manuel de vol complémentaire décrit également la fonction de la vérification de l'isolation de la pression hydraulique (également appelé essai de coupure de pression hydraulique) comme suit [traduction] :

L'essai de coupure de pression hydraulique (commutateur de coupure du circuit hydraulique situé sur le pas collectif en position OFF [fermé]) permet au pilote de vérifier le bon fonctionnement des électro-distributeurs (soupapes de purge) des servocommandes principales. Ces électro-distributeurs servent à couper le circuit de génération hydraulique conformément aux procédures d'urgence du manuel de vol de l'AS 350, en cas de défaillance du circuit de génération hydraulique ou d'autres défaillances des commandes de vol¹⁴.

La section 4.1 du manuel de vol explique la procédure à suivre [traduction] :

¹³ Airbus Helicopters, *Flight Manual AS 350 B3*, révision 15 (25 juillet 2023), section 4.1 : Operating Procedures, sous-section 4 : Starting, 4.1 Starting Procedures, p. 5.

¹⁴ Airbus Helicopters, *Complementary Flight Manual AS 350 B3*, révision normale 15 (25 juillet 2023), section 7.8 : Hydraulic System, sous-section 3 : Normal Operations, p. 6.

Vérification de l'isolation de la pression hydraulique :

- Pas collectif - - - - - Vérifié et correctement verrouillé.
- Commutateur de coupure du circuit hydraulique - - - - - Réglé à OFF [fermé] sur le pas collectif (pas collectif)
- Panneau d'alarme- - - - - Vérifier que le voyant « HYDR » est allumé.
- Vérifier que les forces sont immédiatement perceptibles et que le manche de pas cyclique peut être déplacé en tangage et en roulis tout en conservant une force de rétroaction normale.
- Commutateur de coupure du circuit hydraulique - - - - - Régler à ON [marche]. (pas collectif)
- Panneau d'alarme- - - - - Vérifier que le voyant « HYDR » s'éteint au bout de 3 à 4 secondes. Une mesure de maintenance doit être prise avant le vol si ce temps est réduit à 1 seconde ou s'il est supérieur à 4 secondes (au moins un des accumulateurs est défectueux)¹⁵.

La même section du manuel de vol comprend également la remarque suivante [traduction] :

REMARQUE 1 : Au sol, pour obtenir une poussée nulle du rotor de queue, il est nécessaire de pousser le palonnier gauche d'environ 2 cm (0,8 po) par rapport à la position neutre¹⁶.

1.6.4.4 Procédures post-atterrissage

Lors de l'arrêt de l'hélicoptère, le palonnier droit se déplace vers l'avant sous l'effet naturel du compensateur d'efforts.

Les procédures après atterrissage décrites dans le manuel de vol de l'AS 350 B3 prévoient, parmi les étapes d'arrêt du moteur et des rotors, la vérification du compensateur d'efforts en lacet. Cette vérification vise à s'assurer que le compensateur d'efforts en lacet fonctionne comme prévu et à éliminer les contraintes de torsion dans le longeron de pale de rotor de queue. La vérification est effectuée à l'aide du bouton « HYD TEST » ESSAI HYDRAULIQUE qui permet de purger la pression hydraulique emmagasinée dans l'accumulateur du rotor de queue et le compensateur d'efforts. La pression hydraulique revient ainsi à zéro à la fin du vol. La vérification du compensateur d'efforts en lacet comprend une étape où les palonniers sont recentrés de façon manuelle, ce qui permet de les placer dans la bonne position pour la prochaine étape avant démarrage.

La vérification du compensateur d'efforts en lacet s'effectue comme suit [traduction] :

¹⁵ Airbus Helicopters, *Flight Manual AS 350 B3*, révision 15 (25 juillet 2023), section 4.1 : Operating Procedures, sous-section 4 : Starting, 4.1 Starting Procedures, p. 5.

¹⁶ Ibid., p. 4.

- Vérifier que le palonnier droit se déplace vers l'avant sans intervention du pilote ou qu'il peut être déplacé vers l'avant en exerçant peu de force.
- Appuyer sur le bouton-poussoir « HYD TEST » (ESSAI HYDRAULIQUE) pendant 1 ou 2 secondes, puis le relâcher.
- Vérifier que les palonniers peuvent être recentrés et qu'ils demeurent centrés¹⁷.

En l'absence de vérification du compensateur d'efforts en lacet, les palonniers se bloqueront hydrauliquement alors que le palonnier droit sera complètement vers l'avant; la pression hydraulique diminue avec le temps, ce qui relâchera les palonniers. Lorsque des points fixes de maintenance consécutifs sont réalisés avec de brefs intervalles entre eux, la pression hydraulique pourrait ne pas diminuer complètement.

Au redémarrage de l'hélicoptère, la servocommande hydraulique sera à nouveau disponible et les palonniers pourront être ramenés manuellement en position centrée. Toutefois, si les palonniers ne sont pas ramenés au centre avant que la puissance ne soit augmentée au ralenti de vol, une rotation intempestive peut se produire.

1.6.5 Lignes directrices de l'exploitant aérien

Le manuel d'exploitation de la compagnie (MEC) d'un exploitant aérien est approuvé par Transports Canada. Le MEC décrit la manière dont l'exploitant aérien assurera le contrôle d'exploitation. Le MEC de Mustang ne contient aucune directive relative aux points fixes de maintenance, et la réglementation ne l'exige pas. Chaque exploitant aérien est en mesure d'établir sa propre liste de vérifications en s'appuyant sur les directives du constructeur.

1.7 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome (METAR) diffusé à 9 h pour CYYD faisait état des conditions suivantes :

- vents soufflant du 320° vrai à 8 nœuds;
- visibilité de 15 milles terrestres (SM);
- quelques nuages à 600 pieds au-dessus du sol (AGL); plafond de nuages fragmentés à 2000 pieds AGL;
- température de 8 °C et point de rosée de 7 °C;
- calage altimétrique de 29,86 pouces de mercure.

Les conditions météorologiques n'ont pas été considérées comme un facteur dans le présent événement.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

¹⁷ Ibid., sous-section 10 : After Landing, p. 8.

1.9 Communications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'hélicoptère n'était pas équipé d'un enregistreur de données de vol (FDR) ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR), et la réglementation en vigueur n'en exigeait pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'hélicoptère est demeuré à la verticale durant toute la rotation intempestive vers la droite. Le tube du patin gauche est demeuré en contact avec le sol pendant la rotation, ce qui a créé des marques circulaires sur la dalle de béton sec (figure 1). Le tube du patin droit ne touchait pas le sol durant la rotation.

Le sabot de queue, situé à l'arrière de l'hélicoptère, présentait des signes de contact avec le sol.

Les palonniers étaient verrouillés et le palonnier droit était à la position avant maximale. Le pas collectif a été trouvé déverrouillé, mais il est possible que cela se soit produit pendant la rotation, alors que le pilote tentait de récupérer la maîtrise de l'appareil.

Le chariot d'alimentation par batteries qui était branché à l'hélicoptère a été détruit. Il est resté branché pendant tout le déroulement de l'accident.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques, y compris la fatigue, ont nui à la performance du pilote.

1.14 Incendie

Rien n'indique la présence d'un incendie soit avant ou après l'événement.

1.15 Questions relatives à la survie

Le pilote ne portait pas de casque de vol, et la réglementation ne l'exigeait pas.

Le TEA et l'apprenti TEA étaient debout à côté de l'hélicoptère lorsque celui-ci a amorcé une rotation intempestive. Ils ont tenté de s'éloigner de l'hélicoptère, mais n'ont pu faire que quelques pas avant d'être heurtés par le rotor de queue.

Le TEA a immédiatement commencé à se prodiguer les premiers soins en mettant en pratique sa formation en secourisme. Il a appelé à l'aide près de la porte du hangar et, à 9 h 11, le membre du personnel de soutien au sol a composé le 911.

Le membre du personnel de soutien au sol, qui avait reçu une formation en secourisme, a prodigué les premiers soins à l'apprenti TEA, conformément aux instructions de l'opérateur au service d'urgence 911. Le pilote a aidé le TEA en attendant l'arrivée des services d'urgence. Le service d'incendie est arrivé en premier sur les lieux, 15 minutes après l'appel au service d'urgence 911.

Le TEA a été préparé pour le transport sanitaire et transporté par voie aérienne à l'hôpital de Prince George (Colombie-Britannique). Il a subi de nombreuses interventions chirurgicales pour ses blessures.

1.15.1 Utilisation de la ceinture de sécurité

Il n'y a aucune exigence dans le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) qui stipule qu'un pilote doit boucler sa ceinture de sécurité avant de démarrer un aéronef.

Les vérifications du constructeur avant de démarrer le moteur comprennent l'obligation de boucler les ceintures de sécurité. La section avant démarrage de la liste de vérifications de Mustang comprend également cette instruction. Par conséquent, on s'attend à ce que lorsqu'une personne occupe le siège du pilote lorsque le moteur est en marche, elle porte une ceinture de sécurité.

L'enquête a permis de déterminer que le jour de l'événement, à aucun moment pendant les points fixes de maintenance, le pilote n'a bouclé sa ceinture de sécurité.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Bureau de la sécurité des transports

Le système d'arbre de transmission du rotor de queue a été examiné sur le plan mécanique, et le circuit hydraulique de l'aéronef a été testé par les enquêteurs du BST, en consultation avec Airbus Helicopters. Aucune anomalie n'a été relevée lors des essais.

Les servocommandes du rotor de queue ont été retirées de l'hélicoptère et testées séparément par un organisme tiers de maintenance d'aéronef, sous la supervision du BST. Aucune anomalie n'a été relevée lors des essais.

L'hélicoptère à l'étude est équipé d'un dispositif d'affichage multifonction des paramètres moteur, qui permet aux pilotes de surveiller les principaux paramètres moteur. Après l'accident, l'affichage a été vérifié : il n'indiquait aucun dépassement ni aucune anomalie en ce qui concerne les points fixes de maintenance.

1.16.2 Airbus Helicopters

À partir des données et des renseignements sur l'événement fournis par le BST, Airbus Helicopters a effectué des essais sur un hélicoptère AS 350¹⁸ à son installation de Marignane (France). Les essais visaient à reproduire le mouvement de l'hélicoptère vers la droite. L'hélicoptère a été démarré et a fonctionné pendant une courte période. Il a ensuite été arrêté sans que l'accumulateur du rotor de queue soit purgé et sans que la vérification du compensateur d'efforts en lacet soit effectuée. L'hélicoptère a ensuite été redémarré sans que les 2 vérifications hydrauliques avant vol (la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique) aient été effectuées conformément à la procédure de démarrage décrite dans le manuel de vol d'Airbus Helicopters. Lorsque le pilote d'Airbus Helicopters a réglé la puissance du moteur de l'aéronef à la position IDLE (ralenti), l'hélicoptère est demeuré stable. Lorsque le pilote a réglé la puissance du moteur de IDLE (ralenti) à FLT (ralenti de vol), l'hélicoptère a amorcé une rotation intempestive vers la droite, et le pilote d'essai a rapidement réagi pour contrer le mouvement en utilisant les palonniers.

1.16.3 Mustang Helicopters Inc.

En s'appuyant sur les renseignements relatifs à l'événement à l'étude, le pilote en chef de l'entreprise a utilisé un simulateur de vol d'AS 350 pour effectuer des essais dans un centre de formation à Edmonton (Alberta). Les essais visaient à reproduire le mouvement de l'hélicoptère vers la droite. Lors du démarrage du moteur dans le simulateur, le pilote en chef a appuyé sur le palonnier droit jusqu'à ce qu'il soit en position avant maximale. Pendant que le pilote réglait la puissance du moteur de IDLE (ralenti) à FLT (ralenti de vol), le simulateur d'hélicoptère a amorcé une rotation vers la droite. Le pas collectif est demeuré verrouillé pendant les essais.

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Mustang Helicopters Inc.

Mustang dispose de 9 bases dans l'ensemble du Canada et son bureau principal est situé à Blackfalds (Alberta). Mustang fournit des services de transport par hélicoptère à un large éventail de clients dans divers secteurs, notamment les lignes de transport d'électricité et les services publics, l'exploitation minière, le pétrole et le gaz, la foresterie, le ski héliporté et le gouvernement.

Au moment de l'événement à l'étude, Mustang était titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne pour mener des opérations en vertu des sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) et 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du RAC. La compagnie était également titulaire

¹⁸ La masse de l'hélicoptère qui a été utilisé pour les essais était d'environ 3814 livres. Cela représente environ 300 livres de plus que l'hélicoptère de l'événement à l'étude.

d'un certificat pour les activités menées en vertu de la sous-partie 573 (Organismes de maintenance agréés) du RAC.

La flotte de 30 hélicoptères de Mustang comprend des hélicoptères légers, intermédiaires et moyens, dont certains sont bimoteurs.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Appareils électroniques portatifs

Ces dernières années, l'utilisation d'appareils électroniques portatifs (PED) est associée à de nombreux accidents dans l'ensemble des modes de transport partout dans le monde. Un PED ou appareil électronique portatif désigne « [t]out appareil électronique léger fonctionnant à l'électricité pouvant transmettre ou produire des signaux électromagnétiques »¹⁹, tels que des téléphones intelligents, des tablettes, des liseuses électroniques, des baladeurs et des jouets électroniques.

Le BST a cerné par le passé les risques liés à l'utilisation de téléphones cellulaires lors d'accidents survenus dans plusieurs modes de transport²⁰. Les risques suivants liés à l'utilisation de PED ont été mis en évidence dans des études ou des rapports d'enquête antérieurs :

- Les PED, à titre de moyen de communication privée, peuvent nuire à l'établissement de modèles mentaux communs dans les équipes opérationnelles.
- L'utilisation de PED sollicite des ressources cognitives, ce qui peut distraire une personne du travail d'équipe à effectuer durant des opérations essentielles à la sécurité.
- Une personne qui utilise un PED a la tête baissée, ce qui risque d'interrompre les balayages visuels des instruments et de ce qui se passe durant les opérations normales et les opérations d'urgence.
- L'utilisation des PED peut diminuer les ressources cognitives disponibles qui sont nécessaires pour détecter des indices vitaux liés au comportement des systèmes et pour traiter l'information et repérer les tendances pertinentes.

Dans l'événement à l'étude, le pilote a utilisé son téléphone cellulaire, qui était connecté à un écouteur Bluetooth, à l'occasion pendant les points fixes de maintenance. Il a notamment sélectionné de la musique à partir d'une liste. Entre les points fixes de maintenance, il suivait le pointage d'un événement sportif en direct tout en étant assis dans le siège du pilote. Il n'a pas été possible de déterminer si le pilote utilisait ou regardait son téléphone cellulaire dans les instants qui ont précédé l'événement.

¹⁹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 101.01.

²⁰ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport maritime M20C0188 et M12L0147 du BST, rapport d'enquête ferroviaire R10V0038 du BST, et rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0112 et A18A0088 du BST.

Mustang n'avait pas élaboré de procédures ou de politiques concernant l'utilisation de PED dans le poste de pilotage, et n'était pas tenue de le faire.

Au Canada, la réglementation^{21,22} et les directives²³ en matière d'aviation sont rédigées en fonction des préoccupations liées aux interférences électromagnétiques et non des distractions dans le poste de pilotage.

En revanche, la Federal Aviation Administration des États-Unis a publié l'article 121.542(d)²⁴ du *Code of Federal Regulations*. Ce règlement interdit l'utilisation personnelle de PED par les membres de l'équipage de conduite lors des opérations aériennes, lorsqu'ils sont à leur poste de travail dans le poste de pilotage et pendant l'exploitation de l'aéronef.

Le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis a publié une alerte de sécurité qui traite de plusieurs accidents dans lesquels l'utilisation à des fins non opérationnelles de PED par des pilotes a joué un rôle. Le document décrit comment l'utilisation de PED [traduction] « peut détourner l'attention des activités nécessaires à la sécurité des opérations, tant dans les airs qu'au sol²⁵ ».

1.18.2 Facteurs humains

1.18.2.1 Tâches habituelles lors des opérations essentielles à la sécurité

L'aviation commerciale à un seul pilote est un domaine critique en matière de sécurité exposée à une série de facteurs variables qui peuvent inclure des objectifs multiples ou contradictoires, des conditions météorologiques dangereuses, des contraintes de temps et la nécessité de bien connaître les limites des systèmes et de l'équipement utilisés.

Les activités de maintenance qui nécessitent l'opération d'un aéronef au sol présentent généralement un environnement moins exigeant que les opérations en vol et ne comportent pas le même niveau de risque, mais n'en demeurent pas moins critiques du point de vue de la sécurité. Les préparatifs pour un point fixe de maintenance sont généralement plus simples que les préparatifs d'un vol. Cependant, les dangers liés au fonctionnement des moteurs et à la rotation du rotor principal et du rotor de queue, ainsi que les forces de rotation connexes, requièrent une vigilance accrue, en particulier lorsque les membres du personnel de maintenance se trouvent à proximité de l'aéronef.

²¹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 602.08.

²² Ibid., article 700.12.

²³ Transports Canada, Circulaire d'information (CI) no 700-005, Utilisation d'appareils électroniques portatifs émetteurs et non émetteurs, édition 03 (15 avril 2014).

²⁴ *Code of Federal Regulations* des États-Unis, Title 14, Chapter I, Subchapter G, Part 121, Subpart T, section 121.542(d), à l'adresse <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-G/part-121/subpart-T/section-121.542> (dernière consultation le 6 mai 2026).

²⁵ National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis, Safety Alert 025: Distracting Devices? Turn Them Off! (mai 2013, rév. décembre 2015), p. 1 à l'adresse <https://www.nts.gov/Advocacy/safety-alerts/Documents/SA-025.pdf> (dernière consultation le 6 mai 2026).

Les pilotes qui participent aux points fixes de maintenance effectuent des tâches qui peuvent être à la fois routinières et répétitives. La familiarité avec des tâches répétitives et routinières, conjuguée aux réussites passées et à l'absence de mauvais fonctionnement du système ou de comportements inattendus de l'aéronef, peut réduire la perception des risques encourus par une personne et entraîner une baisse de vigilance. L'enquête a permis de déterminer que le pilote n'était pas entièrement concentré sur l'exécution des points fixes de maintenance, étant donné qu'ils étaient considérés comme routiniers et répétitifs.

1.18.2.2 Perception des indices

Le système sensoriel humain (p. ex. l'ouïe, le toucher et le son) permet de comprendre un environnement particulier en déterminant la signification du signal ou de l'événement sensoriel en fonction de l'expérience²⁶. Dans le cadre des systèmes critiques sur le plan de la sécurité, la combinaison des données sensorielles, de l'attention et de la compréhension permet de reconnaître la configuration et le changement de l'état du système.

Les personnes qui travaillent dans des secteurs complexes bénéficient de 2 formes de mémoires qui soutiennent la prise de décision dans l'exécution de leurs tâches, à savoir la mémoire à long terme et la mémoire de travail. Un élément fondamental de la prise de décision d'un pilote peut consister à choisir un plan d'action basé sur une expérience antérieure qui se trouve dans sa mémoire à long terme²⁷. La mémoire de travail est également utilisée dans l'exécution de tâches détaillées, car elle constitue une combinaison de l'expérience des personnes, à la fois à long et à court terme. Cependant, pour les travaux critiques en matière de sécurité, l'ajout de nouvelles conditions ou de tâches inhabituelles exige une attention particulière de la part des personnes concernées, qui va au-delà du recours à la mémoire. Les activités de maintenance critiques sur le plan de la sécurité qui comportent des schémas de tâches répétitives peuvent, en elles-mêmes, constituer un risque, dans la mesure où la familiarité avec ces tâches, ainsi que la perception de ces tâches comme étant de nature routinière, peuvent avoir une incidence sur la perception du risque d'une personne. Si la connaissance du processus de travail est soutenue par la réussite antérieure et l'absence de mauvais fonctionnement du système ou de comportement inattendu, ce type de travail, et le fait qu'il soit perçu comme routinier peut influencer les performances humaines.

1.18.2.3 Exposés sur les mesures de sécurité

Un exposé sur les mesures de sécurité est organisé avant le début d'une activité et comprend généralement des détails concernant le travail, à savoir l'objectif de la journée, l'équipement utilisé, les rôles et responsabilités de chaque personne et les critères de réussite ou d'interruption de l'activité. Un exposé sur les mesures de sécurité est utile pour

²⁶ C.D. Wickens, W.S. Helton, J.G. Hollands, et S. Banbury, *Engineering Psychology and Human Performance*, 5^e édition (Routledge, 2022), p. 4.

²⁷ C.D. Wickens et J.G. Hollands, *Engineering Psychology and Human Performance*, 3^e édition (Prentice Hall, 1999), pp. 294 à 296.

définir, communiquer et atténuer les risques auxquels sont exposées l'ensemble des personnes qui prennent part à une activité.

Dans l'événement à l'étude, les membres du personnel de maintenance et le pilote poursuivaient les points fixes de maintenance qu'ils avaient commencés la veille afin d'équilibrer le rotor de queue. Le jour de l'événement, ils avaient effectué 2 points fixes de maintenance avant que la perte de maîtrise ne survienne. Pour appuyer le travail, le pilote opérait le moteur de l'hélicoptère de mémoire, en utilisant une version abrégée des étapes de la liste de vérifications de Mustang. Des signaux manuels de base étaient utilisés pour assurer la communication entre le pilote et les membres du personnel de maintenance qui se trouvaient à l'extérieur de l'aéronef. Lors de la discussion préalable au début des travaux d'équilibrage, l'équipe n'a pas abordé les limites de l'utilisation des signaux manuels ni les mesures à prendre en cas d'urgence, et ce, quelle que soit la journée.

Aucun exposé sur les mesures de sécurité n'était requise pour cette opération.

1.18.3 Événements similaires

Au cours de l'enquête, plusieurs pilotes du secteur ont informé le BST que la gamme AS 350 d'hélicoptères a occasionnellement des enjeux de maîtrise pendant les points fixes : toutefois, il a été impossible, dans le cadre de l'enquête, de trouver de tels événements documentés. C'est probablement puisque ceux-ci n'ont eu aucune conséquence importante et qu'il n'y avait donc aucune obligation de les rapporter aux organismes d'enquête.

Le 1^e octobre 2025, le BST a été informé par un exploitant aérien canadien que l'un des ses aéronefs avait subi un enjeu de maîtrise semblable au cours d'un point fixe le 28 septembre 2025. L'incident à déclaration non obligatoire impliquait un AS 350 B3e au cours d'un point fixe après des travaux de maintenance. L'hélicoptère a subitement fait une rotation de 30 à 45° vers la droite au cours de l'accélération du rotor principal après le démarrage. La rotation a eu pour effet que la partie avant gauche de la poutre de queue a eu un contact avec un escabeau qui était utilisé pour les activités de maintenance. Il n'y a eu aucune blessure et l'hélicoptère a subi des dommages mineurs. Il a été rapporté que le pilote n'avait pas les pieds sur les palonniers de l'hélicoptère au moment du mouvement de lacet intempestif.²⁸

²⁸ Événement de sécurité du transport aérien A25W0126 du BST.

2.0 ANALYSE

Après la perte de maîtrise de l'hélicoptère, les mesures prises par le pilote, le technicien d'entretien d'aéronefs (TEA) et le membre du personnel de soutien au sol ont permis d'administrer les premiers soins sans retard. La formation en secourisme du TEA lui a permis de survivre.

À la suite de l'événement à l'étude, l'ensemble rotor de queue, le circuit hydraulique et la servocommande du rotor de queue de l'hélicoptère ont été examinés. Aucune défectuosité susceptible d'affecter le fonctionnement normal de l'hélicoptère n'a été relevée.

L'analyse se concentrera donc sur les facteurs relatifs à la perte de maîtrise. Elle portera plus particulièrement sur le circuit hydraulique de l'hélicoptère, les points fixes de maintenance (y compris l'utilisation d'une liste de vérifications) et les attentes à l'égard de l'équipe chargée d'effectuer l'opération. L'analyse traitera aussi des risques de ne pas porter la ceinture de sécurité.

2.1 Circuit hydraulique

La conception de l'hélicoptère Airbus Helicopters AS 350 B3 comprend un circuit hydraulique qui permet de réduire la charge de travail du pilote lorsqu'il manipule les commandes de vol. Le circuit de pression hydraulique est conçu pour être désactivé lors de l'arrêt de l'hélicoptère et pour générer de la pression lors du démarrage de l'hélicoptère.

Avant que le pilote ne démarre le moteur, la liste de vérifications de Mustang Helicopters Inc., (Mustang), l'*AS 350 B3 2B Checklist*, qui était suivie par le pilote de l'événement à l'étude, exige que la dépressurisation de l'accumulateur hydraulique en lacet et que la vérification de la liberté de débattement des commandes soient réalisées, suivies par le centrage des palonniers avec le palonnier gauche à environ 2 cm vers l'avant lorsque terminé. Ces étapes assurent que les systèmes et contrôles de l'aéronef sont en position neutre avant le démarrage de l'aéronef.

La procédure de démarrage décrite dans la liste de vérifications de Mustang comprend la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique. Ces vérifications permettent de s'assurer que le circuit hydraulique fonctionne comme prévu. Elles permettent également d'éliminer toute pression hydraulique indésirable exercée sur le système de commande du rotor de queue.

Lors de l'arrêt du moteur et du rotor, le palonnier droit se déplace naturellement vers la position avant maximale et y reste verrouillé en place jusqu'à ce que la pression hydraulique soit purgée du circuit. Les procédures après atterrissage de Mustang comprennent une vérification du compensateur d'efforts en lacet. Cette vérification permet de purger la pression hydraulique du circuit, ce qui permet au pilote de recentrer les palonniers.

Dans l'événement à l'étude, la vérification du compensateur d'efforts en lacet a été effectuée après le 1^e point fixe de maintenance, mais elle n'a pas été effectuée après le 2^e point fixe de maintenance. Par conséquent, après l'arrêt, le palonnier droit est demeuré complètement

vers l'avant puisqu'il n'y avait pas eu assez de temps entre les points fixes pour que la pression hydraulique soit purgée. La vérification de la liberté de débattement des commandes figurant dans la section avant démarrage de la liste de vérifications *AS 350 B3 2B Checklist* de Mustang n'a pas été effectuée au cours des vérifications avant démarrage pour le 3^e point fixe et les palonniers n'étaient pas centrés avec le palonnier gauche placé 2 cm en avant du palonnier droit. Lorsque l'hélicoptère a été démarré pour le 3^e point fixe de maintenance, la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique prévues dans les procédures de démarrage n'ont pas été effectuées.

Ensuite, alors que le palonnier droit était complètement vers l'avant, l'hélicoptère a amorcé un mouvement de lacet vers la droite lorsque la puissance du moteur a été augmentée jusqu'au ralenti de vol. À ce moment-là, le pilote était dans une position détendue et ses pieds, comme lors des points fixes de maintenance précédents, reposaient légèrement sur la partie inférieure des palonniers ou ne les touchaient pas du tout.

Le pas collectif était en position abaissé et verrouillé. L'hélicoptère était léger au moment de l'événement, et le vent était relativement faible.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Lorsque le moteur a été démarré pour la 3^e fois, le palonnier droit était complètement vers l'avant. Puis, avec les pieds du pilote qui reposaient soit légèrement sur la partie inférieure des palonniers ou ne les touchaient pas du tout, lorsque la puissance du moteur a été augmentée jusqu'au ralenti de vol, une force importante de lacet a été exercée sur l'hélicoptère. En tenant compte du positionnement des pieds du pilote, sa réponse à la force de lacet était insuffisante pour empêcher le mouvement de rotation rapide vers la droite de l'hélicoptère.

2.2 Points fixes de maintenance

L'hélicoptère de l'événement à l'étude faisait l'objet d'une inspection de maintenance qui touchait à sa fin et qui nécessitait des points fixes de maintenance afin d'équilibrer la section de l'arbre court de l'arbre de transmission du rotor de queue. Le jour de l'événement, il n'était pas prévu de voler.

Le pilote a utilisé la liste de vérifications de Mustang lors du 1^e point fixe de maintenance. Pour accélérer les démarrages et les arrêts suivants, le pilote s'est fié à sa mémoire de la liste de vérifications et a omis des items qu'il a jugés non nécessaires pour la réalisation des points fixes de maintenance.

Par exemple, le pilote a omis la vérification de la liberté de débattement des commandes de la section avant démarrage de la liste de vérifications après le 1^e démarrage de la journée. Après le 1^e démarrage, il a omis la vérification de l'accumulateur hydraulique et la vérification de l'isolation de la pression hydraulique de la liste de démarrage qui exigent que la puissance du moteur de l'hélicoptère soit réglée à la position IDLE (ralenti) jusqu'à ce qu'elles soient terminées. Par conséquent, ces vérifications retardent, bien que de façon

minime, l'atteinte du réglage de la puissance moteur requis pour les points fixes de maintenance.

À la fin du 2^e point fixe de maintenance, le pilote n'a pas effectué la vérification du compensateur d'efforts en lacet qui purge la pression hydraulique du circuit et qui permet de centrer les palonniers.

Par conséquent, l'hélicoptère a été démarré alors que l'accumulateur hydraulique était chargé et que le palonnier droit était en position avant maximale.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Après le 1^e point fixe de maintenance, le pilote a abrégé les sections avant démarrage, démarrage ainsi qu'après atterrissage et arrêt de la liste de vérifications de l'exploitant aérien afin d'accélérer les points fixes de maintenance. Ce faisant, des étapes importantes de la liste de vérifications n'ont pas été effectuées, laissant le palonnier droit en position avant maximale, ce qui n'a pas été détecté lors du 3^e point fixe de maintenance.

2.3 Attentes et attention

Les points fixes de maintenance étaient devenus routiniers pour le pilote. Par conséquent, l'opération a été perçue comme étant simple et présentant un faible niveau de risque. Une telle opération peut conduire à l'omission d'étapes essentielles et à une mauvaise évaluation des risques. Les précédentes itérations réussies de l'opération ont contribué à façonner les attentes de l'équipe en ce qui concerne le niveau de complexité et de risque. L'opération n'a donc pas donné lieu à un exposé sur les mesures de sécurité portant sur les éventuels dangers connexes. Un tel exposé sur les mesures de sécurité est habituellement utilisé pour accroître le niveau de conscience des risques parmi l'ensemble des personnes concernées.

L'opération d'équilibrage du rotor de queue avait pour objectif d'appliquer la puissance du moteur par cycles successifs afin de permettre au personnel de maintenance d'équilibrer la section de l'arbre court de l'arbre de transmission du rotor de queue. Étant donné qu'il n'était pas prévu d'effectuer des opérations de vol pendant ces points fixes de maintenance, le pilote a adapté la liste de vérifications de Mustang en l'exécutant de mémoire et en y sélectionnant les éléments applicables qui soutiendraient les points fixes de maintenance. Pour ce faire, il a exécuté des éléments partiels de la liste de vérification de l'hélicoptère dans le but d'accélérer les points fixes de maintenance; il a renoncé à utiliser sa ceinture de sécurité et il a gardé ses pieds partiellement ou complètement éloignés des palonniers.

Lorsque la puissance du moteur est appliquée à un hélicoptère AS 350 B3 en vol, celui-ci effectue normalement un mouvement de lacet vers la gauche. Lorsque l'hélicoptère a atteint le ralenti de vol, l'attention du pilote ne portait pas complètement sur la réalisation des points fixes de maintenance puisqu'ils étaient perçus comme routiniers et répétitifs. Il regardait vers le bas lorsque le mouvement de lacet s'est amorcé et ne s'attendait pas à ce que l'aéronef se mette en mouvement, en particulier un mouvement de lacet vers la droite. Lorsqu'il s'est rendu compte que l'aéronef était en rotation, il a réagi aussi vite que possible

pour arrêter le mouvement de lacet. L'aéronef a effectué une rotation de 540° avant d'être immobilisé.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le pilote ne s'attendait pas à une rotation rapide vers la droite, et il regardait vers le bas lorsque l'hélicoptère a amorcé la rotation. Par conséquent, la rotation n'a pas été arrêtée avant que l'hélicoptère ait effectué une rotation de 540°.

Lorsque l'hélicoptère a amorcé la rotation, le TEA et l'apprenti TEA ont tenté de s'en éloigner. Avant que l'hélicoptère ne puisse être immobilisé, le rotor de queue a heurté à la fois le TEA et l'apprenti TEA, blessant gravement l'un et mortellement l'autre.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Pendant la rotation, le rotor de queue a heurté les deux membres du personnel de maintenance qui se trouvaient à proximité de l'hélicoptère, blessant gravement l'un et mortellement l'autre.

Le BST a cerné par le passé les risques liés à l'utilisation de téléphones cellulaires lors d'accidents. Il est évident que les appareils électroniques portatifs (PED) peuvent détourner l'attention des activités nécessaires à la sécurité des opérations.

Aucune réglementation canadienne n'interdit actuellement l'utilisation de PED non essentiels dans le poste de pilotage d'un aéronef.

Étant donné que le pilote considérait que le risque associé au point fixe de maintenance était faible, il a utilisé son téléphone cellulaire de manière périodique, ce qui l'a distrait des points fixes de maintenance. Même si le pilote regardait vers le bas au moment de la rotation de l'hélicoptère, il n'a pas été possible de déterminer si le téléphone cellulaire l'avait distrait à ce moment-là.

Fait établi quant aux risques

Si l'utilisation non essentielle d'un PED n'est pas réduite au minimum pendant une opération, il existe un risque que même des baisses d'attention momentanées se traduisent par la perte d'indices importants.

2.4 Utilisation de la ceinture de sécurité

Aucun vol n'était prévu pendant les points fixes de maintenance. Par conséquent, le pilote n'a pas bouclé sa ceinture de sécurité avant de démarrer le moteur lors des points fixes de maintenance, comme l'exigent les procédures de démarrage du constructeur et la section avant démarrage de la liste de vérifications de l'exploitant aérien.

En cas de perte de maîtrise d'un aéronef, que celui-ci soit au sol ou dans les airs, la personne occupant le siège de pilote doit prendre les mesures nécessaires pour reprendre la maîtrise de l'aéronef. Si l'aéronef amorce un mouvement intempestif, comme dans l'événement à l'étude, et que les occupants à bord ne portent pas leur ceinture de sécurité, il existe un risque qu'ils soient éjectés de leur siège.

Fait établi quant aux risques

Si les ceintures de sécurité disponibles ne sont pas bouclées lorsque l'aéronef est en marche et qu'une perte de maîtrise de l'aéronef survient, il existe un risque que les occupants soient éjectés de leur siège, ce qui augmente le risque de blessures.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des facteurs qui ont causé l'événement ou qui y ont contribué.

1. Lorsque le moteur a été démarré pour la 3^e fois, le palonnier droit était complètement vers l'avant. Puis, avec les pieds du pilote qui reposaient soit légèrement sur la partie inférieure des palonniers ou ne les touchaient pas du tout, lorsque la puissance du moteur a été augmentée jusqu'au ralenti de vol, une force importante de lacet a été exercée sur l'hélicoptère. En tenant compte du positionnement des pieds du pilote, sa réponse à la force de lacet était insuffisante pour empêcher le mouvement de rotation rapide vers la droite de l'hélicoptère.
2. Après le 1^e point fixe de maintenance, le pilote a abrégé les sections avant démarrage, démarrage ainsi qu'après atterrissage et arrêt de la liste de vérifications de l'exploitant aérien afin d'accélérer les points fixes de maintenance. Ce faisant, des étapes importantes de la liste de vérifications n'ont pas été effectuées, laissant le palonnier droit en position avant maximale, ce qui n'a pas été détecté lors du 3^e point fixe de maintenance.
3. Le pilote ne s'attendait pas à une rotation rapide vers la droite, et il regardait vers le bas lorsque l'hélicoptère a amorcé la rotation. Par conséquent, la rotation n'a pas été arrêtée avant que l'hélicoptère ait effectué une rotation de 540°.
4. Pendant la rotation, le rotor de queue a heurté les deux membres du personnel de maintenance qui se trouvaient à proximité de l'hélicoptère, blessant gravement l'un et mortellement l'autre.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des facteurs dans l'événement qui présentent un risque pour le système de transport. Ces facteurs peuvent, ou non, avoir causé l'événement ou y avoir contribué, mais ils pourraient présenter un risque dans le futur.

1. Si l'utilisation non essentielle d'un appareil électronique portatif n'est pas réduite au minimum pendant une opération, il existe un risque que même des baisses d'attention momentanées se traduisent par la perte d'indices importants.
2. Si les ceintures de sécurité disponibles ne sont pas bouclées lorsque l'aéronef est en marche et qu'une perte de maîtrise de l'aéronef survient, il existe un risque que les occupants soient éjectés de leur siège, ce qui augmente le risque de blessures.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Mustang Helicopters Inc.

À la suite de l'événement, Mustang Helicopters Inc. a pris les mesures suivantes :

- Modification des procédures de maintenance afin d'exiger que le technicien d'entretien d'aéronefs (TEA) soit à l'intérieur de l'hélicoptère pendant les points fixes de maintenance.
- Achat de systèmes de connexion sans fil par ondes radio (1 pour chacune des bases de l'entreprise) pour que le pilote et TEA puissent communiquer pendant les procédures de maintenance.
- Mise en place d'une nouvelle politique en matière de distraction, notamment en ce qui concerne le rangement des appareils électroniques.
- Examen et révision de l'évaluation interne officielle des dangers liés à la maintenance.
- Examen et révision de l'évaluation interne officielle des dangers liés au pilotage.
- Mise en œuvre d'un exposé initial sur les mesures de sécurité relatives aux hélicoptères pour tous les apprentis, membres du personnel de soutien au sol et membres du personnel de soutien opérationnel.
- Créé une nouvelle procédure d'exploitation normalisée (SOP) intitulée *Maintenance Ground Runs and Flight Checks Procedures* [procédures pour les points fixes de maintenance et les vérifications en vol] et a ajouté des directives dans le manuel d'exploitation de la compagnie (MEC) pour que les pilotes se conforment aux procédures recommandées par le constructeur et les SOP pertinentes.

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 15 avril 2026. Le rapport a été officiellement publié le 27 mai 2026.

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.