



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21Q0097

IMPACT SANS PERTE DE CONTRÔLE

Guimbal Cabri G2 (hélicoptère), C-GSYN
Synergy Aviation Ltd.
Lac Wachigabau (Québec)
8 octobre 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 A21Q0097* (publié le 31 août 2023).

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, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21Q0097

N° de cat. TU3-10/21-0097F-PDF
ISBN 978-0-660-67600-5

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	8
1.3 Dommages à l'aéronef	8
1.4 Autres dommages	8
1.5 Renseignements sur le personnel	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	9
1.6.1 Généralités	9
1.6.2 Équipement de levés aéromagnétiques de Novatem	10
1.6.3 Équipement de flottaison d'urgence	11
1.7 Renseignements météorologiques	12
1.8 Aides à la navigation	13
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
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	14
1.14 Incendie	14
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	14
1.15.1 Casques, ceintures sous-abdominales et ceintures-baudriers	14
1.15.2 Vêtements de flottaison individuels	14
1.15.3 Formation sur l'évacuation subaquatique	16
1.15.4 Suivi des vols	16
1.15.5 Radiobalises de repérage d'urgence	18
1.16 Essais et recherche	18
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	19
1.17.1 Novatem	19
1.17.2 Synergy Aviation Ltd	21
1.17.3 Transports Canada	27
1.18 Renseignements supplémentaires	30
1.18.1 Plan d'eau miroitant	30
1.18.2 Performance humaine	31
1.18.3 Pressions opérationnelles	32
1.18.4 Mesures de sécurité pour atténuer les pressions opérationnelles	34
1.18.5 Stratégies d'atténuation et initiatives de l'industrie relatives au travail aérien	34
1.18.6 Rapports d'enquête antérieurs du BST	37
1.18.7 Liste de surveillance du BST	37
2.0 Analyse	39
2.1 Profil de vol pour les levés géophysiques	39
2.2 Vol à l'étude	40
2.2.1 Plan d'eau miroitant	40

2.2.2	Descente non détectée.....	41
2.3	Mesures d'atténuation des risques	42
2.3.1	Procédures et formation	42
2.3.2	Équipement et technologie à bord pour les opérations à basse altitude	43
2.3.3	Orientation pour l'élaboration d'un manuel d'exploitation de la compagnie 44	
2.4	Pressions opérationnelles et acceptation de pratiques non sécuritaires	44
2.5	Questions relatives à la survie des occupants.....	46
2.5.1	Suivi des vols.....	46
2.5.2	Vêtements de flottaison individuels	46
2.5.3	Casques, ceintures sous-abdominales et ceintures-baudriers.....	47
2.5.4	Équipement de flottaison d'urgence.....	47
2.5.5	Formation sur l'évacuation subaquatique.....	48
2.6	Systèmes de gestion de la sécurité de Transports Canada	48
3.0	Faits établis	50
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	50
3.2	Faits établis quant aux risques	50
3.3	Autres faits établis.....	51
4.0	Mesures de sécurité	52
4.1	Mesures de sécurité prises.....	52
4.1.1	Synergy Aviation Ltd.....	52
Annexes		53
Annexe A	– Modèle de risque en nœud de papillon de la norme de base sur les risques pour l'aviation	53
Annexe B	– Opérations de levés géophysiques aéroportés de la norme de base sur les risques pour l'aviation	54

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21Q0097

IMPACT SANS PERTE DE CONTRÔLE

Guimbal Cabri G2 (hélicoptère), C-GSYN

Synergy Aviation Ltd.

Lac Wachigabau (Québec)

8 octobre 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 8 octobre 2021, à 10 h 30 (heure avancée de l'Est), un hélicoptère Guimbal Cabri G2 (immatriculation C-GSYN, numéro de série 1176), exploité par Synergy Aviation Ltd., a décollé d'une zone de rassemblement à Chapais (Québec), à 12 milles marins à l'ouest de l'aéroport de Chibougamau/Chapais (CYMT) (Québec). Le pilote était le seul occupant à bord de l'aéronef, qui s'est dirigé vers le sud-ouest en direction du lac Wachigabau (Québec) pour effectuer des levés géophysiques aéroportés.

Vers 11 h 44, en volant à basse altitude au-dessus du lac Wachigabau, l'hélicoptère a heurté la surface du lac, s'est renversé et a commencé à couler. Le pilote a subi de graves blessures à la suite de l'impact, mais il a procédé à une évacuation subaquatique et a nagé jusqu'à la rive. Aucun signal de détresse de la radiobalise de repérage d'urgence n'a été capté par le système Cospas-Sarsat. À 14 h 02, le gestionnaire des opérations de Synergy Aviation Ltd. a appelé le Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario) pour signaler l'accident. Le pilote a été secouru par un hélicoptère des Forces armées canadiennes à 16 h 41 et a été transporté à l'hôpital de Chibougamau.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

Transports Canada (TC) définit comme suit un impact sans perte de contrôle :

Événement au cours duquel un aéronef en vol contrôlé est conduit contre le relief, l'eau ou un obstacle, sans que l'équipage ne se doute de la tragédie sur le point de se produire¹.

1.1 Déroulement du vol

Le matin du 8 octobre 2021, l'hélicoptère Guimbal Cabri G2 de Synergy Aviation Ltd. (Synergy) se trouvait dans une zone de rassemblement à Chapais (Québec), à 12 milles marins (NM) à l'ouest de l'aéroport de Chibougamau/Chapais (CYMT) (Québec). Le pilote devait effectuer des travaux aériens pour un client, Novatem Inc. (Novatem), une entreprise canadienne spécialisée dans les levés géophysiques aéroportés².

Ce matin-là, le pilote a été chargé d'effectuer un levé géophysique à basse altitude dans les environs du lac Wachigabau (Québec), situé à 56 NM au sud-ouest de CYMT. Le mandat comprenait 2 vols de levés avec escales d'avitaillement et 1 vol en transit vers l'aéroport d'Amos/Magny (CYEY) (Québec) pour la maintenance de l'hélicoptère. Après un bref retard dû au brouillard, le pilote a indiqué ses intentions à la préposée au suivi des vols de l'entreprise, a enfilé son vêtement de flottaison individuel (VFI) et a quitté la zone de rassemblement à 10 h 30³. Le pilote était seul à bord de l'hélicoptère. La partie du vol en direction du bloc de levé⁴, entre 500 et 1000 pieds au-dessus du sol (AGL), s'est déroulée sans incident.

Le pilote est arrivé au bloc de levé vers 11 h 13. La région entourant le lac Wachigabau est inhabitée et le pilote a dû survoler à la fois des zones fortement boisées et de grands plans d'eau. Le pilote est descendu à la hauteur d'exécution du levé, qui était inférieure à 100 pieds AGL, a positionné l'hélicoptère sur le bord ouest du bloc de levé et a commencé le levé en suivant des lignes nord-sud. Pour assurer la précision de l'espacement entre chaque ligne, le pilote s'est fié au moniteur de levés aéromagnétiques de Novatem. Lorsque l'aéronef se déplaçait vers l'est à l'intérieur du bloc de levé, le vol devait être effectué au-dessus de vastes zones du lac conformément aux lignes de la grille de levé. Les points de données de vol enregistrés de l'hélicoptère et la trajectoire de vol estimée sont présentés à la figure 1.

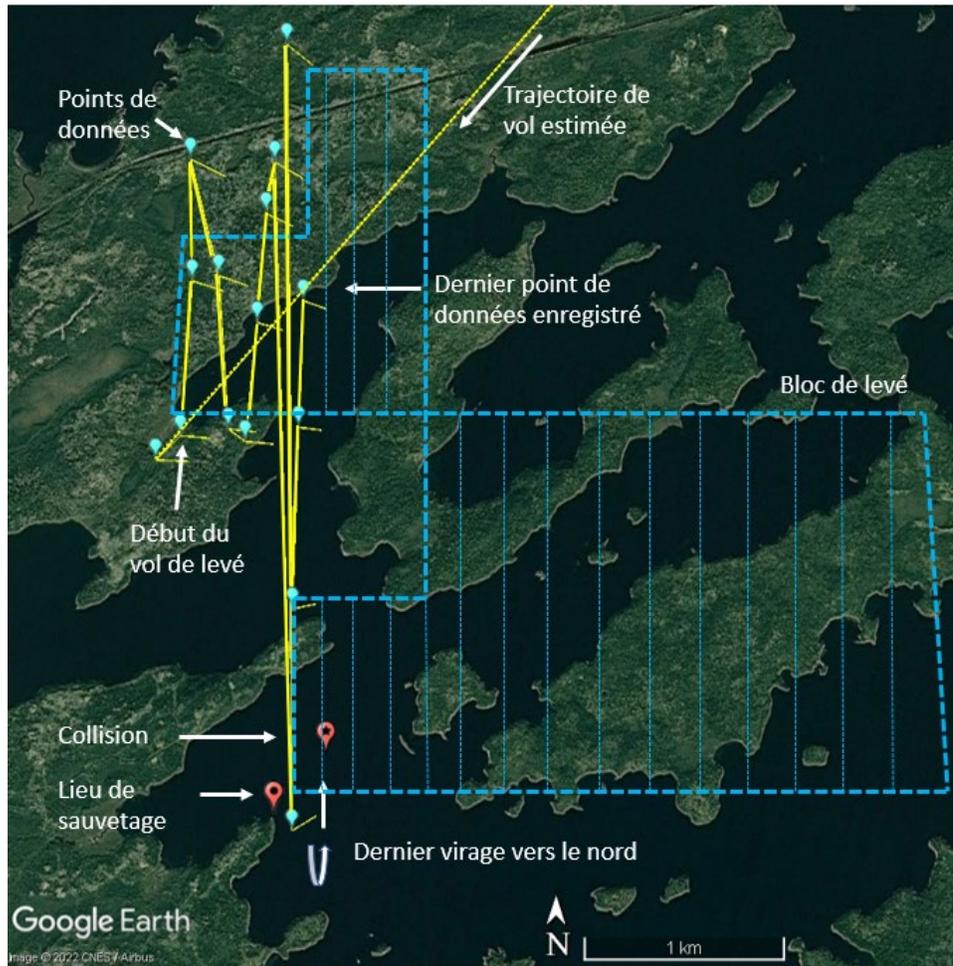
¹ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), GEN – Généralités (24 mars 2022), section 5.1 : Glossaire de terminologie aéronautique, p. 38.

² Les données recueillies au cours des vols de levés géophysiques servent à produire des cartes géologiques couramment utilisées pour l'exploration minière.

³ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

⁴ Un bloc de levé est une région prédéterminée survolée par un aéronef, généralement d'une manière qui s'apparente à une grille.

Figure 1. Points de données enregistrés et trajectoire de vol estimée* (Source : données de Google Earth et de Spidertracks, avec annotations du BST)



* En raison de l'espace étroit entre les segments du levé, il est difficile d'illustrer la trajectoire de vol estimée après le dernier point de données enregistré. Toutefois, l'enquête a permis de confirmer que l'hélicoptère a continué de voler jusqu'au bord sud du bloc avant d'effectuer un virage et de se diriger vers le nord.

À 11 h 44, le pilote avait effectué un virage à gauche au-dessus de l'eau à environ 1200 pieds de la rive ouest et commençait à effectuer un segment en direction nord. Le pilote a manœuvré l'hélicoptère pour corriger la trajectoire du vol afin d'assurer un alignement adéquat et un espacement latéral sur le segment. Au cours de cette correction de trajectoire, l'hélicoptère est descendu, a heurté la surface du lac et s'est renversé. L'équipement de flottaison d'urgence ne s'est pas activé et les flotteurs ne se sont pas gonflés; le poste de pilotage a immédiatement été inondé d'eau et l'hélicoptère a commencé à couler⁵. Le VFI du pilote s'est automatiquement gonflé sous l'eau alors qu'il portait encore sa ceinture sous-abdominale et sa ceinture-baudrier à 4 points. Malgré son choc initial et sa surprise, le pilote a réussi, en dépit d'une mobilité réduite causée par le VFI gonflé, à détacher et à

⁵ L'hélicoptère était exploité avec les portes installées. Étant donné la force de l'impact et la quantité de débris trouvés à la surface du lac après l'accident, la porte a probablement été arrachée ou détruite à la suite de l'impact avec l'eau.

démêler la ceinture sous-abdominale et la ceinture-baudrier, à débrancher le cordon de communication de son casque et à sortir de l'hélicoptère.

Après avoir rejoint la surface de l'eau, le pilote a saisi son sac de vol et le sac de son casque, qui flottaient près de lui, et a commencé à nager jusqu'à la rive la plus proche, qui se trouvait à plus de 1400 pieds. Après environ 40 minutes, le pilote a atteint la rive et a entamé des activités de survie. Il a notamment fait un feu et fait sécher ses vêtements et son téléphone cellulaire. L'équipement de survie avait coulé avec l'hélicoptère.

À 12 h 43, le téléphone cellulaire du pilote avait suffisamment séché pour prendre des photos. À 13 h 22, le pilote a reçu des messages textes du gestionnaire des opérations de Synergy et de la préposée au suivi des vols, ainsi que du technicien de Novatem. Le pilote a répondu et les a informés de la situation.

À 14 h 02, le gestionnaire des opérations de Synergy a avisé le Centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) à Trenton (Ontario), qui a lancé une opération de recherche et sauvetage. Le pilote a été localisé à 16 h 10 par un aéronef CC-130 Hercules. À 16 h 41, un hélicoptère CH-146 Griffon a secouru le pilote et l'a emmené à l'hôpital de Chibougamau.

Aucun signal de détresse de la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) n'a été capté par le système Cospas-Sarsat.

1.2 Personnes blessées

Le pilote était seul à bord de l'hélicoptère. Le tableau 1 décrit la gravité des blessures subies.

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
Graves	1	–	–	1
Légères	0	–	–	0
Total des personnes blessées	1	–	–	1

1.3 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère a coulé et n'a pas été récupéré. Par conséquent, l'étendue des dommages causés à l'hélicoptère est inconnue.

1.4 Autres dommages

Il se peut que du carburant et du pétrole aient été rejetés dans le lac; cependant, la quantité exacte de chacun n'a pas pu être déterminée.

1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote professionnel – hélicoptère
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} avril 2022
Heures totales de vol	407
Heures de vol à titre de commandant de bord	322
Heures de vol sur type	235
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	17,6
Heures de service avant l'événement	3,5
Heures hors service avant la période de travail	13

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel – hélicoptère qu'il avait obtenue par l'entremise de Synergy Flight Training Inc. en octobre 2018. Le pilote détenait un certificat médical valide et avait l'annotation pour piloter des hélicoptères Bell 206, Guimbal Cabri G2 et Robinson R44. Il a travaillé pour une autre compagnie d'hélicoptères pendant 16 mois avant d'être embauché comme pilote débutant⁶ chez Synergy en juillet 2020.

Sa formation périodique à bord de l'hélicoptère Guimbal Cabri G2 a été effectuée le 30 mars 2021, et son contrôle de la compétence du pilote avait eu lieu le 29 septembre 2021 à bord d'un hélicoptère Robinson R44. Le pilote était titulaire de la licence et des qualifications appropriées pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

En avril 2021, le pilote avait été chargé d'un premier mandat dans le cadre du même contrat conclu entre Synergy et Novatem. À ce moment-là, il comptait environ 240 heures totales de vol et avait effectué 74 heures de vol additionnelles dans le cadre du mandat. Au moment de l'événement, qui était son deuxième mandat aux fins du contrat, il avait accumulé 407 heures totales de vol, dont 322 heures à titre de commandant de bord.

D'après un examen de l'horaire de travail et de repos du pilote, rien n'indique que la fatigue a nui au rendement du pilote.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Hélicoptères Guimbal
Type, modèle et immatriculation	Cabri G2, C-GSYN
Année de construction	2016
Numéro de série	1176
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	1 ^{er} décembre 2017

⁶ Le terme « pilote débutant [junior pilot] » est utilisé par Synergy pour décrire les pilotes au premier échelon, c'est-à-dire ceux qui ont un nombre limité d'heures de vol totales et de faibles niveaux d'expérience de vol.

Total d'heures de vol cellule	2227 heures
Type de moteur (nombre)	Lycoming O-360-J2A (1)
Type de rotor (nombre de pales)	Entièrement articulé, semi-rigide (3)
Masse maximale autorisée au décollage	1543 lb (700 kg)
Type(s) de carburant recommandé(s)	AVGAS 100LL – UL91, Premium MOGAS
Type de carburant utilisé	AVGAS 100LL

L'hélicoptère à l'étude a été fabriqué en 2016 par Hélicoptères Guimbal en France. Il a été importé au Canada et le Cabri G2 a reçu un certificat de type de TC en février 2017. Il s'agit d'un hélicoptère monomoteur à pistons de 2 places avec une autonomie d'environ 4,5 heures. Les principales caractéristiques comprennent une structure entièrement composite; un rotor principal semi-rigide et entièrement articulé à 3 pales composites; un rotor de queue caréné (fenestron); un réservoir carburant résistant aux impacts; et des sièges résistants aux impacts à absorption d'énergie (figure 2).

Figure 2. L'hélicoptère à l'étude (Source : pilote dans l'événement à l'étude)



Le carnet de route de l'aéronef n'a pas été retrouvé. Les dossiers techniques qui ont été examinés n'ont révélé aucune lacune consignée avant l'événement. L'hélicoptère était entretenu selon un calendrier de maintenance approuvé par TC. Les dernières pages copiées du carnet de route à la disposition de l'entreprise indiquaient qu'une inspection à intervalles de 50 heures avait été effectuée le 22 septembre 2021. Les dossiers indiquaient également que la masse et le centre de gravité respectaient les limites prescrites. Le pilote dans l'événement à l'étude n'a signalé aucune défectuosité ou défaillance pendant le vol à l'étude.

1.6.2 Équipement de levés aéromagnétiques de Novatem

L'équipement de levés aéromagnétiques⁷ de Novatem comprenait un boîtier d'analyseur, une batterie, un clavier, un moniteur et un capteur de magnétomètre qui était placé sur une perche (aussi appelée « aiguillon ») et monté sur le nez de l'hélicoptère. L'installation de l'aiguillon et de ses dispositions structurelles a été approuvée en vertu du certificat de type supplémentaire (CTS) SH20-14, délivré à Novatem par TC le 1^{er} mai 2020. L'aiguillon avait

⁷ L'équipement pour les levés aéromagnétiques de Novatem qui se trouvait à bord était spécialement conçu pour l'hélicoptère à l'étude et l'opération à laquelle il participait.

un système de positionnement mondial (GPS) interne et externe et affichait l'altitude GPS en mètres au-dessus du niveau de la mer (ASL), mais il n'indiquait pas la hauteur au-dessus du sol parce que l'hélicoptère n'était pas muni d'un altimètre radar ou d'un laser⁸.

Un altimètre barométrique⁹ conventionnel était le seul instrument à bord qui fournissait une indication utilisable de l'altitude de l'hélicoptère¹⁰. Le moniteur de levé aéromagnétique de Novatem, monté à droite de la console directement devant le pilote, affichait les blocs de levé et la trajectoire de vol (figure 3).

Figure 3. Vue du poste de pilotage (Source : image fixe prise d'une vidéo enregistrée par le pilote dans l'événement à l'étude, avec annotations du BST)



Le boîtier d'analyseur, la batterie et le clavier étaient placés dans l'espace normalement occupé par le siège de gauche, qui était retiré pour tous les vols de levés aéromagnétiques.

1.6.3 Équipement de flottaison d'urgence

L'hélicoptère à l'étude était également muni d'équipement de flottaison d'urgence fabriqué par Hélicoptères Guimbal. Les composants du système comprennent des flotteurs et un circuit électronique de détection d'immersion conçu pour gonfler automatiquement les flotteurs (sans intervention du pilote) lorsqu'une immersion est détectée, si le système est armé au moyen de l'interrupteur d'armement (figure 4).

⁸ Les paramètres du laser et de l'altimètre radar indiquaient 0 sur le moniteur de levé aéromagnétique parce que ces systèmes n'étaient pas installés et n'étaient pas inclus dans le CTS visant l'aiguillon.

⁹ Les aiguilles sur le cadran de l'altimètre fournissent des indications de l'altitude en unités de cent, mille et dix mille pieds. Les gradations entre chaque centaine de pieds sont indiquées par des marqueurs de 20 pieds. Les altimètres barométriques sont calibrés pour indiquer une altitude avec une tolérance de plus ou moins 20 pieds au niveau de la mer. Lors des vérifications de l'altimètre avant le vol, une tolérance de plus ou moins 50 pieds entre l'altimètre et l'élévation connue d'un aérodrome indiquerait que l'altimètre est en bon état de service. (Source : Centre du pilote V.I.P. Inc., *Entre ciel et terre*, 5^e édition [2020], p. 38).

¹⁰ L'hélicoptère n'était pas équipé d'un altimètre radar qui pouvait fournir des indications précises de hauteur. De plus, l'hélicoptère n'était muni ni d'un système d'avertissement et d'alarme d'impact ni d'un dispositif avertisseur de proximité du sol amélioré pour éviter le relief ou émettre des avertissements de proximité du sol, et la réglementation n'exigeait ni l'un ni l'autre.

Figure 4. Tableau de bord inférieur montrant l'interrupteur d'armement et le voyant des flotteurs (Source : Guimbal, Bulletin de service SB 15-004 D : Pop-out Floats Capability 2 Installation [7 février 2016], p. 4/16, avec annotations du BST)



L'installation de l'équipement de flottaison d'urgence répondait à l'exigence pour qu'un hélicoptère configuré comme un hélicoptère terrestre puisse être utilisé au-dessus de l'eau¹¹.

1.7 Renseignements météorologiques

La prévision de zone graphique (GFA), émise à 7 h 40 et valide à partir de 8 h, annonçait les conditions météorologiques suivantes pour la région de Chibougamau :

- ciel dégagé et visibilité supérieure à 6 milles terrestres (SM);
- bancs de brouillard avec visibilité aussi faible que $\frac{1}{2}$ SM, plafonds à 200 pieds AGL avec des sommets à 1000 pieds AGL;
- localement, visibilité aussi faible que $\frac{1}{8}$ SM dans le brouillard avec des plafonds jusqu'au sol.

La GFA valide à partir de 14 h indiquait un ciel dégagé et une visibilité supérieure à 6 SM. Elle ne prévoyait pas le brouillard qui avait déjà été signalé par le pilote.

La station d'observation météorologique pour l'aviation la plus proche était CYMT (56 NM au nord-est du lieu de l'événement). Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis à 10 h indiquait ce qui suit :

- vents du 110° vrai à 3 nœuds;
- visibilité de 9 SM;
- quelques nuages à 200 pieds et plafond de nuages fragmentés à 3700 pieds AGL;
- température de 10 °C et point de rosée de 10 °C;
- calage altimétrique de 30,20 pouces de mercure.

Au moment de l'événement, il n'y avait pas de brouillard dans les environs du lac Wachigabau; les vents étaient calmes et la visibilité était illimitée. En raison des vents calmes, des conditions de plan d'eau miroitant étaient présentes. La Federal Aviation

¹¹ Transports Canada, *Normes de service aérien commercial*, Norme 722 : Travaux aériens, article 722.20.

Administration (FAA) des États-Unis fournit la mise en garde suivante en ce qui concerne les conditions de vent calme [traduction] : « la surface lisse de l'eau présente une apparence uniforme vue d'en haut, un peu comme un miroir. Cette situation élimine les repères visuels pour le pilote et peut être extrêmement trompeuse¹² ».

Une photo prise par le pilote dans l'événement à l'étude environ 1 heure après l'accident montre des nuages, une bonne visibilité et une surface d'eau réfléchissante lisse et, par endroits, miroitante (figure 5).

Figure 5. Photo du lieu de l'écrasement à partir du rivage, prise à 12 h 43 (Source : pilote dans l'événement à l'étude)



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 muni ni d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, et la réglementation n'exigeait ni l'un ni l'autre.

L'hélicoptère était toutefois équipé de Spidertracks, un système de suivi des vols par satellite qui enregistre les paramètres suivants toutes les 2 minutes : position GPS, altitude ASL, date, heure, vitesse sol et direction du vol. Les points de données enregistrés ont été tracés pour montrer la trajectoire de vol estimée (comme le montre la figure 1). La vitesse sol moyenne enregistrée au cours des 31 dernières minutes du vol était de 59 nœuds. Les

¹² Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-23, *Seaplane, Skiplane, and Float/Ski Equipped Helicopter Operations Handbook* (2004), chapitre 3 : Water Characteristics and Seaplane Base Operations, p. 3-1.

altitudes enregistrées variaient selon que l'hélicoptère survolait la terre ou l'eau. Les hauteurs moyennes enregistrées au cours des 31 dernières minutes du vol étaient de 124 pieds au-dessus de la terre¹³ et de 54 pieds au-dessus de l'eau. Les hauteurs les plus basses enregistrées étaient de 77 pieds au-dessus de la terre et de 26 pieds au-dessus de l'eau.

Un examen des données enregistrées par Spidertracks lors de vols de levés aéromagnétiques antérieurs effectués par d'autres pilotes a montré une tendance similaire de vol entre 60 et 80 pieds au-dessus de la terre et entre 20 et 40 pieds au-dessus de l'eau.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Après l'accident, il y a eu 2 tentatives pour localiser l'hélicoptère, mais les 2 ont été infructueuses. Le 4 mai 2022, l'assureur de l'aéronef a avisé le BST qu'aucune autre tentative de localisation ou de récupération de l'hélicoptère n'était prévue.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon les renseignements recueillis au cours de l'enquête, rien n'indiquait que des facteurs médicaux ont nui au rendement du pilote.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Casques, ceintures sous-abdominales et ceintures-baudriers

L'hélicoptère était équipé de ceintures sous-abdominales et de ceintures-baudriers, comme l'exige l'article 702.44 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Le pilote portait sa ceinture sous-abdominale et sa ceinture-baudrier. Il portait également un casque, même si la réglementation et l'exploitant ne l'exigeaient pas.

1.15.2 Vêtements de flottaison individuels

En ce qui concerne les exigences et les normes relatives à l'utilisation des vêtements de flottaison en aviation, le RAC stipule ce qui suit :

Il est interdit d'effectuer un décollage à partir d'un plan d'eau ou un amerrissage sur celui-ci dans un aéronef ou d'utiliser un aéronef au-dessus d'un plan d'eau au-delà d'un point où l'aéronef pourrait rejoindre le rivage dans l'éventualité d'une panne moteur, à moins que ne soit transporté à bord un gilet de sauvetage, un dispositif de flottaison individuel ou un vêtement de flottaison individuel pour chaque personne à bord¹⁴.

¹³ Ces hauteurs sont mesurées à partir du sol et ne tiennent pas compte de la hauteur des arbres.

¹⁴ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 602.62(1).

Les VFI à bord des avions doivent satisfaire aux normes de performance et exigences minimales. Les normes applicables pour les VFI destinés à l'aviation sont énumérées dans le chapitre 551 du RAC. Les critères d'acceptation stipulent l'exigence d'un « gonfleur uniquement manuel » (tableau 4).

Tableau 4. Équipement de survie au-dessus d'un plan d'eau – normes de conception des vêtements de flottaison individuels (Source : Transports Canada, DORS/96-433, Règlement de l'aviation canadien, Manuel de navigabilité, chapitre 551 : Équipement d'aéronef et installation, article 551.403)

Norme*	Critères d'acceptation relatifs à l'installation
ANSI/CAN/UL-12402-5:2015, Personal Flotation Devices – Part 5: Buoyancy Aids (Level 50) – Safety Requirements, première édition, datée du 31 décembre 2015, ou ses versions ultérieures (en vigueur le 24 mai 2021)	Acceptable à condition que le VFI ait un niveau de performance de 70, ne soit pas fait d'un matériau intrinsèquement flottant et soit équipé d'un gonfleur uniquement manuel [caractères gras ajoutés].
UL 1180, Fully Inflatable Recreational Personal Flotation Devices, deuxième édition, datée du 13 février 2009, ou ses versions ultérieures (en vigueur le 24 mai 2021)	Acceptable à condition que le VFI atteigne le niveau de performance d'un type III et qu'il soit doté uniquement d'un système de gonflage manuel [caractères gras ajoutés], et qu'il soit modifié conformément à la norme TP 14475, 1 ^{re} édition, chapitre II, paragraphe 2.6.4.

* D'autres normes acceptables comprennent les Spécifications techniques canadiennes (CAN-TSO) C13f : Life Preservers, CAN-TSO C72c : Individual Flotation Devices et les normes CAN/CGSB-65.11-M88, CAN/CGSB-65.15-M88, CGSB-65-GP-15M et CGSB-65-GP-11 du Conseil canadien des normes/Office des normes générales du Canada.

Le VFI porté par le pilote dans l'événement à l'étude était un VFI gonflable Mustang, modèle MD 3157, doté d'une technologie de gonflage hydrostatique qui était conçue pour gonfler automatiquement lorsque le VFI était plongé dans 4 pouces ou plus d'eau. Synergy avait acheté des VFI portant la mention d'approbation de TC et ils avaient été sélectionnés en fonction des renseignements tirés du site Web du fabricant. Le VFI porté par le pilote s'est gonflé automatiquement après l'impact, lorsque l'eau est entrée dans le poste de pilotage et que l'hélicoptère a commencé à couler.

L'étiquette d'identification du VFI (figure 6) signale que le VFI est approuvé par Transports Canada et indique la norme CAN/CGSB-65.7-2007, qui est une norme maritime¹⁵. La fiche de données de Mustang Survival fait mention d'une approbation TC (Marine) et fait référence à la même norme¹⁶. Le manuel du propriétaire indique seulement que le VFI est approuvé par TC, mais fait référence au *Règlement sur les petits bâtiments*¹⁷.

¹⁵ Le vêtement porté par le pilote était approuvé par TC (Marine) et régi par la norme CAN/CGSB-65.7-2007 Life Jackets, Class 1 Category 2A du Conseil canadien des normes.

¹⁶ Mustang Survival, « HIT™ Inflatable Work Vest (MD3157) » (révisé le 15 juin 2020), à l'adresse images.salsify.com/image/upload/s--83C5xJqf--/nf2mfao9wihbzog2drtu.pdf (dernière consultation le 20 avril 2023).

¹⁷ Mustang Survival, modèle n° MD3157, *Owner's Manual: Hydrostatic Inflatable (HIT™) Life Jacket* (27 mars 2020), p. 2, à l'adresse images.salsify.com/image/upload/s--2p6TpOJ6--/hi96qchugttrnxuuchf0.pdf (dernière consultation le 20 avril 2023).

Figure 6. Photo du type de vêtement de flottaison individuel porté par le pilote dans l'événement à l'étude (à gauche) et de son étiquette d'identification (à droite) (Source : Mustang Survival, avec annotations du BST)



Une fois gonflé, le VFI, qui était positionné sous la ceinture-baudrier, a exercé une pression considérable sur la poitrine du pilote, ce qui a donné l'impression que la ceinture-baudrier était encore plus serrée; le VFI gonflé poussait également contre l'arrière du casque, forçant ainsi le menton du pilote vers sa poitrine. Malgré la pression exercée par le VFI gonflé, le pilote a été en mesure d'effectuer une évacuation réussie.

1.15.3 Formation sur l'évacuation subaquatique

La formation sur l'évacuation subaquatique permet aux pilotes d'acquérir les compétences, les connaissances et la confiance nécessaires pour survivre à des situations d'évacuation réelles, comme dans le cas d'un écrasement dans l'eau ou d'un amerrissage forcé.

Synergy avait coordonné, pour certains pilotes, une formation sur l'évacuation subaquatique, qui a été offerte par une entreprise spécialisée dans les formations sur la sécurité et la survie. Le pilote dans l'événement à l'étude avait suivi cette formation le 30 août 2021.

1.15.4 Suivi des vols

1.15.4.1 Contrôle opérationnel, suivi des vols et surveillance des vols de Synergy

Avant l'événement à l'étude, Synergy avait mis en œuvre un système de suivi des vols, qui comprenait un système de suivi des vols basé sur le GPS, des préposés au suivi des vols et des procédures de l'entreprise, même si seul un système de contrôle opérationnel de

type D¹⁸ était requis par la réglementation pour ses activités relevant de la sous-partie 702 du RAC.

Les tâches des préposés au suivi des vols comprenaient notamment la surveillance, toutes les 30 minutes, des aéronefs avec des plans de vol exploitation ouverts pour confirmer le statut d'opérations normales (« Ops Normal »)¹⁹.

Les procédures contenaient également des directives sur les aéronefs en retard et portés disparus, ainsi que sur ce qu'il faut faire en cas d'accident d'aéronef. Un aéronef est considéré comme étant en retard si [traduction] « un signal d'aéronef a cessé de se déplacer et qu'aucun message indiquant un atterrissage en toute sécurité, un atterrissage pour la journée ou un atterrissage en toute sécurité aux fins de maintenance n'a été reçu²⁰ ».

Les fonctions de préposé au suivi des vols étaient confiées à des pilotes débutants embauchés par l'entreprise. Le jour de l'événement, une pilote débutante s'est vu confier des tâches de suivi des vols, mais elle devait également effectuer un vol d'entraînement. Par conséquent, la préposée au suivi des vols effectuait plusieurs tâches entre le suivi des vols et la préparation de son vol. L'enquête n'a pas permis de déterminer si la préposée au suivi des vols surveillait l'hélicoptère à l'étude toutes les 30 minutes pendant qu'elle accomplissait d'autres tâches.

1.15.4.2 Spidertracks

Spidertracks est une société privée qui fournit de l'équipement qui permet d'effectuer le suivi des vols en temps réel, la surveillance automatisée des vols, la communication bilatérale et la surveillance des données de vol. Le système offre diverses méthodes de suivi des vols et de communication. Par exemple, un pilote peut envoyer un message SOS en vol à l'aide d'un clavier à 3 boutons, qui fait partie du système et est installé à l'intérieur du poste de pilotage.

Le manuel d'instructions du système Spidertracks indique ce qui suit [traduction] :

Le système Spidertracks est muni d'un système de gestion des urgences à deux niveaux, qui s'harmonise avec les définitions d'*incertitude* et d'*avertissement* de l'OACI [Organisation de l'aviation civile internationale]. On peut entièrement personnaliser les destinataires de ces notifications d'avertissement dans les paramètres organisationnels du site Web²¹.

Le manuel décrit également les modes de suivi du système [traduction] :

¹⁸ Un système de contrôle opérationnel de type D délègue au commandant de bord le contrôle opérationnel du gestionnaire des opérations. Le commandant de bord est donc responsable de toutes les tâches avant le vol, y compris les évaluations météorologiques et l'analyse des risques.

¹⁹ Synergy Aviation Ltd. et Synergy Flight Training Inc., *Flight Following Procedure* (20 octobre 2020), FFP102 Flight Follower – Daily Procedure, p. 1.

²⁰ Ibid.

²¹ Spidertracks Limited, *Spider 7 Instruction Manual*, rév. 5.0.0 (1^{er} juin 2017), section 3.1.2 : Emergency Management Framework, p. 16.

Spidertracks fournit à la fois des capacités de suivi *passives* et *actives* (appelées *mode normal* et *mode de surveillance* respectivement). Dans des conditions de suivi en mode normal, le système Spidertracks diffuse les informations relatives à la position et les événements de vol en temps réel. Cependant, si l'aéronef est confronté à une situation d'urgence en vol, le personnel au sol ne serait pas alerté à moins qu'un bouton SOS n'ait été appuyé consciemment par l'équipage. En mode de surveillance, le système Spidertracks surveille activement l'état du vol. Si la communication avec l'aéronef est perdue pendant une période de dix minutes, une alerte de premier niveau sera transmise au système de gestion des urgences²².

Après l'impact, l'information relative à la position de l'hélicoptère à l'étude est demeurée affichée, mais aucune alerte de premier niveau n'a été transmise au système de gestion des urgences. Une vérification après l'événement des paramètres organisationnels du système Spidertracks de Synergy a révélé que le mode de suivi du système se trouvait en mode normal.

1.15.4.3 Notification de l'accident et intervention

Le gestionnaire de projet de Novatem (situé au Québec), à qui on avait donné accès au système Spidertracks, surveillait la progression du vol de l'hélicoptère à l'étude. Le système Spidertracks a affiché la dernière position signalée de l'hélicoptère à 11 h 41.

À 12 h, soit environ 15 minutes après l'accident, le gestionnaire de projet a remarqué que la position de l'hélicoptère n'avait pas changé. À 12 h 46, il a appelé Synergy (situé en Alberta) pour demander une mise à jour sur l'état de vol de l'hélicoptère. Après discussion et examen du système Spidertracks, il a été déterminé que le système avait cessé de signaler la position de l'hélicoptère. Vers 12 h 50, Synergy a entamé ses procédures relatives à un aéronef en retard et a envoyé des messages textes au pilote à 12 h 55 et à 12 h 58.

Synergy a tenté en vain d'assurer la coordination des activités de recherche et sauvetage avec d'autres exploitants d'hélicoptères et a appelé le JRCC à Trenton (Ontario) à 14 h 02 pour signaler l'accident et demander de l'aide.

1.15.5 Radiobalises de repérage d'urgence

L'hélicoptère était muni d'une ELT Kannad 406 AF-Compact (numéro de pièce S1840501-01). Aucun signal de l'ELT de 406 MHz n'a été reçu par le système Cospas-Sarsat.

Lorsqu'un aéronef s'écrase dans l'eau, il est possible que l'ELT se retrouve sous la surface de l'eau avant que le signal de 406 MHz ne soit transmis. Dans l'événement à l'étude, il n'a pas été possible de déterminer si l'absence de signal était attribuable à une submersion dans l'eau, à des dommages causés pendant la séquence d'impact ou au fait que l'ELT n'était pas en position armée.

1.16 Essais et recherche

Sans objet.

²² Ibid., section 3.1.1 : Tracking Modes, p. 15.

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Novatem

1.17.1.1 Généralités

Novatem est une entreprise canadienne ayant de l'expérience dans les levés géophysiques aéroportés qui réalise des levés magnétiques, radiométriques et électromagnétiques à haute résolution²³. Grâce aux progrès de l'électronique, Novatem a miniaturisé son équipement, et cette nouvelle technologie a permis d'installer l'équipement dans l'aiguillon de l'hélicoptère à l'étude.

Étant donné que le Guimbal Cabri G2 a moins d'interférences magnétiques, des coûts d'exploitation inférieurs et une consommation de carburant plus faible que d'autres hélicoptères, Novatem a demandé à Synergy, qui était alors le seul exploitant canadien d'hélicoptères commerciaux utilisant le Guimbal Cabri G2, d'effectuer des levés géophysiques aéroportés. Novatem et Synergy ont conclu un accord d'une durée indéterminée, soit le contrat d'exploitation G2 de Synergy / Novatem, et ont installé dans le Guimbal Cabri G2 ce nouvel équipement aéromagnétique.

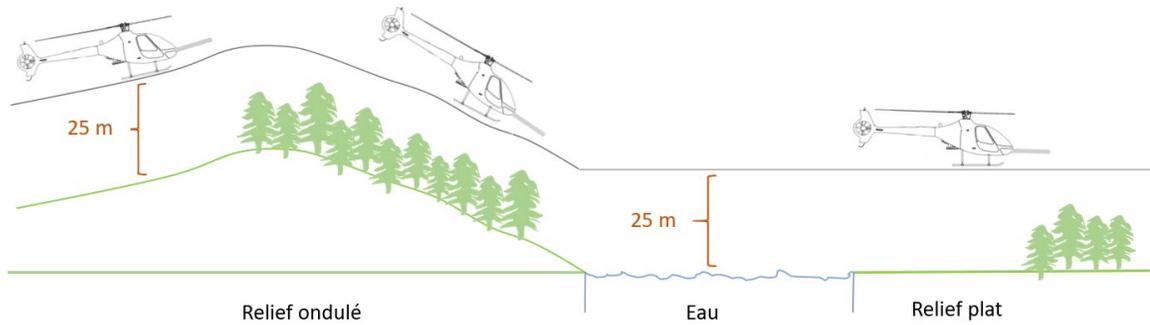
1.17.1.2 Exigences relatives à l'équipement de levés aéromagnétiques de Novatem

Afin d'obtenir des données de bonne qualité, le levé doit être effectué en respectant certaines limites inhérentes à l'équipement qui accompagne cette nouvelle technologie. La vitesse du vol de levé n'a aucune incidence sur la qualité des données obtenues. La hauteur de l'aéronef a toutefois de l'importance. Pour obtenir des données de qualité, l'hélicoptère doit maintenir la hauteur optimale (environ 25 m [82 pieds] au-dessus de la terre et de l'eau) sur toutes les lignes du levé.

Par conséquent, l'hélicoptère doit suivre le profil du relief le plus possible (figure 7). Novatem a déclaré que certaines variations de hauteur dues aux obstacles et à d'autres préoccupations en matière de sécurité sont acceptables et que les données recueillies peuvent être corrigées à l'aide de calculs logiciels et d'algorithmes d'extrapolation. Même si certains pilotes, y compris le pilote dans l'événement à l'étude, avaient reçu un exposé verbal du pilote en chef sur l'exigence de suivre le profil du relief, l'exigence de maintenir la hauteur optimale de 25 m (82 pieds) ne leur avait pas été communiquée clairement. Ni l'exigence de maintenir la hauteur optimale de 25 m (82 pieds) ni l'exigence de suivre le profil du relief n'étaient incluses dans la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal (GASP) (voir la section 1.17.2.3 *Élaboration de la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal* du présent rapport).

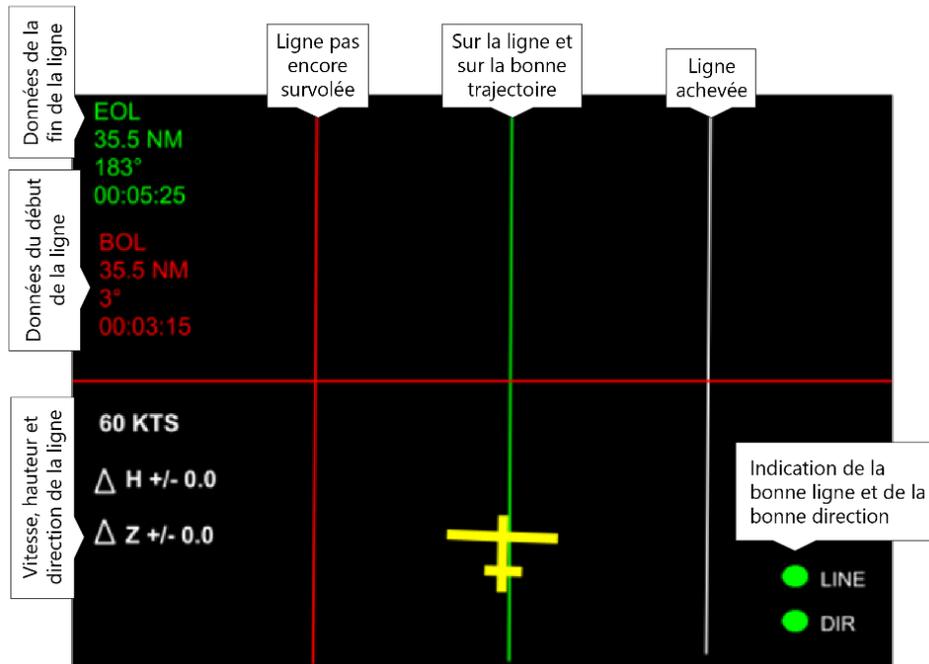
²³ Novatem Inc., www.novatem.com/Items/company/ (dernière consultation le 19 avril 2023).

Figure 7. Profil de vol prévu pour un vol en suivi de relief (Source : BST, avec croquis d'hélicoptère d'Hélicoptères Guimbal, Manuel de vol Cabri G2)



Le moniteur de levés aéromagnétiques fournit certaines données de navigation pour aider le pilote lorsqu'il survole le bloc de levé, par exemple l'espacement des lignes de levé (25 m [82 pieds] l'une de l'autre), la distance latérale par rapport à la ligne et la distance restante jusqu'à l'extrémité de la ligne de levé survolée (figure 8).

Figure 8. Moniteur de levés aéromagnétiques (Source : Synergy Aviation Ltd., Guimbal Aeromagnetic Survey Procedure, p. 9)



L'information affichée sur le moniteur de levés aéromagnétiques de Novatem se veut une aide à la navigation visant à augmenter la précision du profil de vol, mais elle n'aide pas les pilotes à gérer le risque d'être trop bas si une descente inopinée se produit. Ainsi, les pilotes de Synergy ne disposaient pas d'informations précises pour déterminer leur hauteur au-dessus du sol. De plus, TC n'impose pas de règlements ou d'exigences pour que les hélicoptères effectuant des vols selon les règles de vol à vue (VFR) de jour au titre de la sous-partie 702 du RAC aient de l'équipement permettant d'indiquer au pilote la hauteur

précise de l'aéronef au-dessus de la terre ou de l'eau, ou d'alerter le pilote si l'aéronef descend en dessous d'une certaine hauteur.

Tout au long de ce contrat, les données enregistrées ont été téléchargées par Novatem une fois le vol terminé. Novatem a ensuite fourni aux pilotes des commentaires sur le profil de vol, en particulier si la hauteur de vol devait être ajustée.

Après avoir effectué 2 jours de vols de levés (les 5 et 6 octobre 2021), le pilote dans l'événement à l'étude a été informé par Novatem que les données des 2 jours indiquaient qu'il se trouvait, en moyenne, 10 m (32 pieds) au-dessus des hauteurs parcourues par le pilote précédent et que la hauteur du levé devait être abaissée. Après avoir discuté de la situation avec le pilote en chef, le pilote dans l'événement à l'étude a modifié son profil de vol en volant plus bas le 7 octobre. Novatem était alors satisfaite des résultats du levé ce jour-là.

Un examen des données de vol de l'équipement aéromagnétique de Novatem a révélé que les pilotes volaient généralement entre 23 et 25 m (75 à 82 pieds) au-dessus de la terre avec de la végétation (arbres) et 12 m (environ 40 pieds) au-dessus de l'eau ou d'étendues plates et ouvertes.

1.17.2 Synergy Aviation Ltd.

1.17.2.1 Généralités

Synergy Aviation Ltd. exerce des activités depuis 2014 à l'aéroport d'Edmonton/Villeneuve (CZVL) (Alberta). La compagnie est titulaire d'un certificat d'exploitation aérienne en vertu des sous-parties 702 (Opérations de travail aérien) et 703 (Exploitation d'un taxi aérien) du RAC et possède une flotte mixte d'aéronefs à voilure fixe et à voilure tournante. L'entreprise se concentre sur la surveillance aérienne et la surveillance de l'intégrité des pipelines dans le secteur pétrolier et gazier. L'entreprise, qui a décidé d'adopter une approche proactive face à une pénurie perçue de pilotes dans l'industrie, a mis sur pied une école de formation au pilotage en 2016.

1.17.2.2 Programme de mentorat et niveaux d'expérience des pilotes

Après avoir terminé le programme de formation et obtenu une licence de pilote professionnel – hélicoptère, certains pilotes de l'école de pilotage de Synergy sont embauchés par Synergy comme pilotes. Un nombre limité de postes de pilote sont accessibles aux nouveaux pilotes pour qu'ils accumulent leurs heures de vol et acquièrent de l'expérience. Ces nouveaux pilotes se voient généralement confier des vols d'affrètement, de tourisme ou de convoyage, car ces types de vols n'exigent généralement pas un nombre minimal d'heures de vol ni un certain niveau d'expérience.

En plus de l'école de pilotage, Synergy a élaboré un programme de mentorat dans le cadre duquel un pilote débutant effectue des vols de surveillance des pipelines²⁴ avec un pilote chevronné. Dans le cadre de ce programme, et sous la supervision d'un pilote chevronné, les pilotes débutants sont exposés aux vols opérationnels et acquièrent de l'expérience dans les domaines de la planification de vol, du pilotage, des procédures d'exploitation et de la prise de décisions du pilote.

Les niveaux d'expérience des pilotes, mesurés selon le nombre total d'heures de vol, sont souvent considérés comme une mesure de sécurité atténuante pour les exploitants et les clients lorsqu'ils effectuent des opérations en vertu des sous-parties 702 et 703 du RAC. Les exploitants exigent souvent que les pilotes aient un nombre minimal d'heures ou un minimum d'expérience; toutefois, cette exigence est parfois déterminée par le client. Dans certains cas, les exploitants indiquent qu'ils embauchent rarement des pilotes avec un faible nombre d'heures de vol²⁵. L'exigence d'un nombre minimal d'heures de vol totales ou d'une expérience de vols opérationnels semble donner aux exploitants et aux clients l'assurance que les pilotes choisis pour effectuer un travail donné ont l'expérience de vols opérationnels nécessaire pour s'acquitter de la tâche.

Les pilotes avec plus d'expérience sont généralement perçus comme possédant davantage de connaissances opérationnelles et techniques et des compétences décisionnelles plus développées. Ils ont une plus grande expérience globale de vols dans des environnements d'exploitation particuliers et de la détermination des dangers et des risques. Ils sont également mieux outillés pour atténuer les dangers et les risques dans les situations anormales et d'urgence. En revanche, le manque d'expérience peut être perçu comme un élément pouvant nuire au processus de prise de décisions du pilote lorsqu'il faut déterminer et évaluer les risques ou peut être perçu comme un manque de connaissances poussées pour voler dans de nouvelles situations, par exemple à basse altitude, au-dessus de l'eau ou la nuit.

Toutefois, les données de l'enquête du BST sur une question de sécurité concernant l'industrie canadienne du taxi aérien²⁶ indiquent que, bien qu'une proportion élevée de personnel inexpérimenté au sein d'une organisation soit perçue comme la source d'un risque plus élevé pour la sécurité, une seule catégorie d'accident (accidents liés au carburant) concernait des pilotes ayant relativement peu d'expérience. Dans toutes les autres catégories d'accident, les pilotes concernés avaient un nombre moyen plus élevé d'heures de vol. Lorsqu'on examine l'expérience relative à la prise de décisions, les pilotes aux deux extrémités du spectre de l'expérience étaient à risque de prendre des décisions inefficaces, quoique pour des raisons différentes. Les exploitants ont décrit l'inexpérience comme un facteur qui rendait plus difficile la détermination et l'évaluation des risques.

²⁴ Les vols de surveillance des pipelines étaient effectués pour inspecter l'infrastructure de l'industrie pétrolière et gazière. Ils étaient généralement effectués à 200 pieds AGL.

²⁵ Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001 du BST, section 4.2.2.2.2.

²⁶ Rapport d'enquête sur une question de sécurité du transport aérien A15H0001 du BST.

Cependant, à mesure que les pilotes acquièrent plus d'expérience, leur perception du risque est souvent susceptible de changer, ce qui les rend plus disposés à prendre des risques.

Dans le cadre de cette enquête, certains exploitants aériens ayant de l'expérience de la réalisation de levés aéromagnétiques et choisis au hasard ont été interviewés. Les exploitants ont indiqué qu'ils ne sélectionnent généralement que les pilotes ayant un nombre élevé d'heures de vol ou une expérience antérieure de l'exécution de levés aéromagnétiques²⁷.

Le contrat d'exploitation G2 de Synergy / Novatem ne stipulait pas un nombre minimal d'heures de pilotage ou un niveau minimal d'expérience. Par conséquent, Synergy l'a vu comme une occasion pour ses pilotes ayant peu d'heures de vol d'acquérir de l'expérience opérationnelle et plus d'heures de vol. Le nombre total d'heures de vol pour 5 des 6 pilotes retenus pour les levés géophysiques de Novatem a été rapporté comme suit : 240, 242, 445, 830 et 2750 (ces chiffres ont été estimés au début de leur premier mandat).

1.17.2.3 **Élaboration de la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal**

Les services de Synergy ont été retenus par Novatem pour effectuer des vols de levés géophysiques, même si Synergy n'avait jamais fait ce type de travail aérien. Compte tenu de l'expérience opérationnelle de l'entreprise avec l'industrie pétrolière et gazière, le personnel de Synergy a évalué les vols de levés géophysiques de la même manière que les vols de surveillance qu'il avait précédemment effectués.

Le pilote en chef de Synergy à l'époque a désigné l'un des pilotes assignés aux vols de surveillance pour travailler avec Novatem et apprendre à effectuer des vols de levés aéromagnétiques entre le 11 juin et le 28 juillet 2020 dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue (Québec). En consultation avec Novatem, ce pilote désigné a élaboré la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal (GASP).

Pendant l'élaboration de la GASP, Synergy a désigné une autre pilote pour être formée sur place en Saskatchewan par le pilote désigné et pour effectuer des vols d'essai au-dessus de la terre du 5 au 16 août 2020. Cet essai a servi à valider la GASP et à donner à Synergy l'assurance que la GASP était un outil efficace qui fournirait aux pilotes les connaissances nécessaires pour effectuer en toute sécurité des levés aéromagnétiques.

La GASP donnait un aperçu général des activités relatives aux levés géophysiques aéroportés. Elle fournissait en outre de l'information sur l'équipement aéromagnétique de bord de Novatem qui devait être utilisé ainsi que sur la planification de vol et l'évaluation des dangers.

²⁷ Bien que certains exploitants n'aient pas précisé un nombre fixe d'heures de vol totales, 2 exploitants ont fixé un seuil de 2000 heures pour les opérations à un seul pilote, comme le recommande l'International Airborne Geophysics Safety Association (IAGSA). Un autre exploitant stipulait que les pilotes avaient besoin d'une vaste expérience avant d'être sélectionnés pour effectuer des levés, mais il n'a pas indiqué le nombre d'heures permettant de définir une « vaste expérience ».

À la rubrique Sécurité, la GASP indiquait que [traduction] « les dangers à prendre en considération sont les câbles, les personnes ou le bétail, les arbres, le relief ascendant et l'eau²⁸ ». Toutefois, le document n'offrait pas de mesures d'atténuation pour composer avec ces dangers. Il renvoyait plutôt les lecteurs à l'exercice 22 – Manœuvres à basse altitude du *Manuel de pilotage des hélicoptères* sur le site Web de TC²⁹.

La section de la GASP sur la planification de vol et l'évaluation des dangers énumérait 9 dangers à prendre en compte, y compris les lacs, le relief ascendant et les grands obstacles isolés (p. ex., les arbres)³⁰, mais elle ne fournissait pas de directives claires sur la façon d'évaluer et d'atténuer ces dangers dans le contexte des travaux aériens, des levés aéromagnétiques, des vols à basse altitude ou des opérations au-dessus de l'eau.

La GASP ne fournissait aucune information sur les vols en suivi de relief et le maintien constant de la hauteur optimale (25 m [82 pieds]) sur toutes les lignes de levé, ce qui est le paramètre le plus important pour obtenir des données de qualité. De plus, il n'y avait pas d'information ou de directives sur les limites verticales précises ou les hauteurs de vol recommandées pour aider les pilotes à satisfaire aux exigences de l'équipement aéromagnétique de Novatem et obtenir des données valides. L'enquête a révélé que les pilotes devaient se fier à la rétroaction fournie par le personnel de Novatem après les vols pour savoir si le vol avait été effectué à une hauteur suffisamment basse pour fournir des données valides. Pendant les vols, les pilotes devaient se fier à leurs propres repères visuels pour évaluer et maintenir la hauteur au-dessus du relief parce que l'hélicoptère n'était équipé que d'un altimètre barométrique.

Bien que la GASP n'indiquait pas de limites quant aux hauteurs ou aux altitudes, à la suite de l'événement à l'étude, la GASP a été modifiée pour inclure l'énoncé suivant [traduction] : « **Tous les vols doivent être effectués à au moins 200 pieds AGL.** » [caractères gras et soulignement dans la version originale]³¹.

1.17.2.4 Formation des pilotes

L'élaboration et la mise en œuvre d'une formation représentative de l'environnement opérationnel sont des tâches complexes et difficiles dans le cas d'opérations nouvelles ou spécialisées. Les pilotes devraient être renseignés sur l'aéronef, les systèmes d'exploitation et les procédures opérationnelles, ainsi que sur les dangers et les risques connexes de l'environnement d'exploitation, d'une manière méthodique et sécuritaire. Même si un environnement de formation doit offrir aux pilotes une formation réaliste pour les préparer

²⁸ Synergy Aviation Ltd., *Guimbal Survey SOP, Guimbal Aeromagnetic Survey Procedure* (2020), Safety, p. 1.

²⁹ Cette section du document ne fournit que de l'information sur les questions de navigation (câbles, altitudes et distances minimales, terrain surélevé), les vents forts, les communications et les urgences. (Source : Transports Canada, TP 9982, *Manuel de pilotage des hélicoptères*, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/manuel-pilotage-helicopteres-tp-9982#exercice22 [dernière consultation le 20 avril 2023])

³⁰ Synergy Aviation Ltd., *Guimbal Survey SOP, Guimbal Aeromagnetic Survey Procedure* (2020), p. 15.

³¹ Synergy Aviation Ltd., *Guimbal Survey SOP, Guimbal Aeromagnetic Survey Procedure*, rév. 1 (2021), p. 1.

à l'environnement opérationnel dans lequel ils effectueront des vols et exerceront leurs activités, il n'est pas toujours possible d'exposer les pilotes à tous les types d'environnement auxquels ils seront confrontés.

Un examen du manuel d'exploitation de la compagnie (MEC) et du programme de formation a révélé qu'il n'y avait pas de formation spécialisée pour les levés géophysiques ni de section spécifique sur le vol à basse altitude ou les opérations au-dessus de l'eau.

Cependant, la GASP précise que [traduction] : « avant d'effectuer tout type de vol de levé, vous devriez avoir au moins terminé un cours sur le vol à basse altitude et une formation sur les situations d'urgence à basse altitude³² ». Le cours sur le vol à basse altitude et la formation sur les situations d'urgence à basse altitude faisaient partie de la formation relative aux vols de surveillance; toutefois, la formation n'incluait pas le vol au-dessus de l'eau. Les dangers créés par les plans d'eau miroitants et les stratégies d'atténuation des risques d'un impact sans perte de contrôle n'ont été abordés ni dans le MEC, ni dans les documents du programme de formation.

Les dangers associés aux plans d'eau miroitants ne sont pas indiqués dans le *Manuel de pilotage des hélicoptères* de TC, qui est utilisé pour la formation en vue de l'obtention d'une licence de pilote privé ou professionnel – hélicoptère. De plus, il y a très peu de documents d'orientation de TC ou de la FAA concernant les dangers associés aux plans d'eau miroitants lors du pilotage d'hélicoptères. Au Canada, TC fournit certains renseignements concernant les plans d'eau miroitants, mais ceux-ci se limitent au guide d'instructeur pour la qualification sur hydravion³³. Aux États-Unis, la FAA fournit des renseignements un peu plus détaillés, mais encore une fois, ils sont axés sur l'exploitation des hydravions³⁴.

Le pilote dans l'événement à l'étude avait une certaine connaissance des conditions associées aux plans d'eau miroitants à la lumière de discussions informelles tenues pendant sa formation au pilotage initiale et tout au long de sa carrière de pilote; toutefois, il n'avait pas été exposé à ce danger dans le cadre d'opérations aériennes réelles ou de levés géophysiques (c.-à-d., à faible hauteur ou au-dessus de l'eau) et n'avait aucune expérience de la gestion de ce danger.

L'installation d'équipement comme l'équipement de levés aéromagnétiques de Novatem ou des flotteurs d'urgence sur l'hélicoptère peut aider à rendre la formation en vol plus réaliste et plus efficace. Toutefois, l'équipement de levés aéromagnétiques de Novatem ne pouvait pas être installé dans l'hélicoptère pour les vols d'entraînement parce qu'il exigeait le retrait du siège de gauche (où l'instructeur devait s'asseoir). De plus, étant donné que l'installation de l'équipement de flottaison d'urgence de l'hélicoptère nécessitait la mise hors service de

³² Ibid.

³³ Transports Canada, TP 12668, *Guide d'instructeur — Qualification sur hydravion* (mai 1996), Partie 5 : Approche et amerrissage.

³⁴ Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-23, *Seaplane, Ski plane, and Float/Ski Equipped Helicopter Operations Handbook* (2004).

l'hélicoptère pendant un certain temps, la formation en vol au-dessus de l'eau a été donnée avant, et donc sans que l'équipement de flottaison d'urgence soit installé.

La formation en vol pour les levés géophysiques a été offerte dans les environs de CZVL, qui est entouré de terrains principalement plats et ouverts avec peu de lacs. En revanche, la région de Chapais, où le vol à l'étude s'est déroulé, compte un relief ondulé, densément boisé avec plusieurs grands lacs.

Pour tenter de simuler les profils de vols géophysiques, la formation en vol a été effectuée à 200 pieds au-dessus d'une piste, en utilisant le bord gauche, l'axe de piste et le bord droit de la piste pour simuler l'espacement des lignes. Cette formation ne comprenait pas de vols à des hauteurs utilisées pour les vols opérationnels (c.-à-d., 25 m [82 pieds]). Quant à la formation au-dessus de l'eau donnée au pilote dans l'événement à l'étude, elle comprenait une discussion théorique au sol, axée principalement sur l'utilisation des VFI. La formation en vol comprenait un vol au-dessus d'un lac, mais à des hauteurs allant jusqu'à 2000 pieds AGL parce que l'équipement de flottaison d'urgence n'était pas installé à ce moment-là. En raison de l'exigence de disposer de l'équipement de flottaison d'urgence pour voler à basse altitude au-dessus de l'eau, aucune formation en vol au-dessus de l'eau à basse altitude (sous 200 pieds ou à la hauteur opérationnelle de 25 m [82 pieds]) n'a été effectuée.

1.17.2.5 **Système de gestion de la sécurité de Synergy Aviation Ltd.**

De nombreux exploitants, tels que Synergy, adoptent une approche proactive en matière de sécurité, en déterminant et en atténuant les risques associés à leurs activités, et un certain nombre de ces exploitants prennent des mesures qui dépassent les exigences réglementaires. Il n'existe aucun règlement sur les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) pour les exploitants assujettis à la sous-partie 702 du RAC; toutefois, Synergy a volontairement mis sur pied un SGS en 2017. Étant donné que le SGS a été créé volontairement, il n'a jamais fait l'objet d'une activité de surveillance réglementaire ou de contrôle de TC, et il n'était pas tenu de l'être.

Le manuel du SGS de Synergy indique que les données de son volet de surveillance de la sécurité proviennent d'employés qui présentent des rapports sur les dangers et les événements au moyen d'un outil de signalement en ligne, par courriel ou verbalement à un superviseur, à un gestionnaire ou à l'agent de sécurité. Les nouvelles activités, comme l'utilisation de nouvel équipement ou les nouveaux lieux d'exploitation, nécessitent une évaluation des risques ainsi que des mesures d'atténuation, de surveillance et de suivi connexes, comme l'indiquent la matrice des risques et le niveau de risque évalué. Le manuel indique également que les événements, comme les accidents, donneront lieu à un rapport d'événement réactif qui mènera à une enquête, à une analyse et à une gestion des risques³⁵.

L'enquête a permis de déterminer qu'avant l'événement, plusieurs pilotes avaient exprimé verbalement au pilote en chef des préoccupations au sujet des faibles hauteurs requises

³⁵ Synergy Aviation Ltd. et Synergy Flight Training Inc., *Safety Management System (SMS) Manual* (8 novembre 2017), sections 4.3 : Investigation and Analysis et 4.4 : Risk Management.

pour les vols de levés. Ils jugeaient le profil de vol risqué et étaient souvent mal à l'aise avec ces faibles hauteurs.

L'enquête n'a pas révélé d'entrées ou de suivis dans l'outil de signalement en ligne de la part des pilotes concernant les vols à basse altitude ou les conditions non sécuritaires dans les opérations de levés géophysiques. Ces préoccupations ont été gérées de façon informelle avec la directive de « voler aussi bas que possible de manière sécuritaire ». Aucune évaluation des risques n'a été trouvée pour l'équipement utilisé ou pour le nouvel emplacement de l'opération de levé aéromagnétique de Novatem. Toutefois, après l'événement, une enquête a été réalisée et un rapport produit aux termes du SGS, et une série de mesures correctives ont été relevées. L'entreprise continue de surveiller la mise en œuvre de ces mesures.

1.17.3 Transports Canada

1.17.3.1 Vol intentionnel à basse altitude

Le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC) contient la mise en garde suivante :

ATTENTION ! — Voler intentionnellement à basse altitude est dangereux. Transports Canada avise les pilotes que voler à basse altitude, surtout pour éviter du mauvais temps, est une activité dangereuse³⁶.

Le BST a enquêté sur plusieurs événements mettant en cause des vols intentionnels à basse altitude³⁷.

Le vol intentionnel à basse altitude est courant dans le secteur du travail aérien et augmente les risques d'accident. Il réduit la hauteur et le temps dont un pilote dispose pour pouvoir reconnaître et gérer les événements inattendus ou les urgences, comme une panne moteur, une perte de maîtrise ou une descente inopinée.

Les profils de vol dans les opérations de levés géophysiques sont intrinsèquement risqués parce que les aéronefs volent à de faibles hauteurs pendant de longues périodes. Cela nécessite une attention constante pour maintenir un cap stable et une hauteur constante, généralement en ayant recours à des repères visuels extérieurs. La visibilité, c'est-à-dire la distance qu'un pilote peut voir devant lui, peut également être limitée, ce qui peut réduire davantage les repères visuels. De plus, cette opération particulière peut exiger que les pilotes concentrent leur attention sur le moniteur de levés aéromagnétiques installé dans le poste de pilotage pour s'assurer que le tracé du levé est effectué avec précision. Porter son attention à l'intérieur du poste de pilotage peut nuire à la vigilance externe requise pour assurer la sécurité du vol.

³⁶ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), AIR – Discipline aéronautique (24 mars 2022), section 2.4.

³⁷ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A20Q0023, A20Q0015, A19Q0096, A18O0107, A18W0098, A17Q0050 et A16A0084 du BST.

La plupart des opérations de travail aérien sont effectuées dans des conditions VFR de jour à l'aide d'aéronefs légers, où l'altimètre barométrique standard est le seul équipement requis par la réglementation qui fournit des renseignements sur l'altitude³⁸. Cependant, les altimètres barométriques standard ne sont généralement pas réglés pour donner des informations sur la hauteur au-dessus du sol; ils indiquent normalement l'altitude par rapport au niveau moyen de la mer. De plus, un altimètre barométrique n'a aucun moyen d'alerter un pilote lorsque l'aéronef descend en dessous de la hauteur ou de l'altitude prescrite. Pour résoudre ce problème, l'utilisation de radioaltimètres pour les levés géophysiques est recommandée selon les pratiques exemplaires de l'industrie³⁹.

1.17.3.2 Manuel d'exploitation de la compagnie

L'article 702.81 du RAC⁴⁰ stipule que tout exploitant aérien qui exerce des activités en vertu de la sous-partie 702 du RAC doit établir et tenir à jour un MEC conforme aux exigences de l'article 702.82 du RAC, que le MEC doit être soumis à TC et que, si des changements sont apportés aux opérations de l'entreprise, l'exploitant doit modifier son MEC. Les exigences relatives au contenu du MEC sont énumérées dans les *Normes de service aérien commercial* (NSAC). Si les exigences des NSAC sont respectées, TC doit approuver le MEC et toute modification qui y est apportée. De plus, le paragraphe 702.82(1) du RAC prévoit ce qui suit :

Le manuel d'exploitation de la compagnie, qui peut être publié en parties distinctes portant sur des éléments particuliers de l'exploitation, doit comprendre les instructions et les renseignements permettant au personnel concerné d'exercer ses fonctions en toute sécurité et doit contenir les renseignements qu'exigent les *Normes de service aérien commercial*⁴¹.

Le paragraphe 722.82(2) des NSAC énumère les éléments qu'un exploitant assujéti à la sous-partie 702 du RAC qui effectue des opérations VFR de jour doit inclure dans son MEC. En particulier, l'alinéa 722.82(2)(y) exige ce qui suit :

[P]rocédures reliées aux opérations de travail aérien, soit :

- (i) transport de charges externes;
- (ii) précautions à prendre pour les vols à basse altitude;
- (iii) précautions à prendre pendant le remorquage, et procédures à suivre pour prendre et larguer des charges;
- (iv) procédures d'hélicidbardage de charges externes, signaux et exposés entre l'équipage de conduite et l'équipe au sol, mesures à prendre avant de transporter une charge externe, dangers dus aux oscillations des charges,

³⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 605.14 : Aéronefs entraînés par moteur — Vol VFR de jour.

³⁹ International Airborne Geophysics Safety Association, *Safety Policy Manual* (1^{er} décembre 2017), section 2.4 : Minimum Requirements for Over Water and Offshore Surveys, sous-section 2.4.2.2 : Aircraft Equipment.

⁴⁰ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, article 702.81 : Exigences relatives au manuel d'exploitation de la compagnie.

⁴¹ Ibid., paragraphe 702.82(1).

transport de charges à des altitudes densimétriques faibles, et configurations de charges inhabituelles;
 (v) restrictions d'exploitation concernant le travail aérien⁴².

La GASP n'a pas été intégrée au MEC de Synergy et, par conséquent, TC n'a pas été en mesure d'assurer une surveillance. Un examen du MEC a révélé qu'il n'y avait pas de renseignements supplémentaires sur les procédures, les précautions ou les restrictions opérationnelles liées aux opérations de levés géophysiques. Il y avait peu d'information concernant les vols à basse altitude⁴³. Les renseignements concernant les précautions à prendre pour les vols au-dessus de l'eau se limitaient à la section 4.24 sur l'exploitation au-dessus de l'eau (aéronefs terrestres) et exigeaient que les aéronefs soient munis d'équipement de flottaison d'urgence approuvé, que les pilotes maintiennent un suivi de vol direct et qu'un plan de vol ou un itinéraire de vol et un plan de vol exploitation de la compagnie soient déposés. Toutefois, le MEC stipulait également ce qui suit [traduction] :

Les pilotes doivent utiliser l'hélicoptère à une altitude qui leur donnera suffisamment de temps pendant une descente en autorotation pour que les dispositifs de flottaison se gonflent complètement avant l'entrée en contact avec l'eau⁴⁴.

1.17.3.3 Systèmes de gestion de la sécurité

La réglementation sur les SGS n'a pas encore été mise en œuvre dans les domaines suivants : services de navette, taxi aérien, travail aérien, autres opérations de maintenance approuvées, construction d'aéronefs, certification des aéronefs et formation au pilotage. Ensemble, ces segments touchent environ 800 exploitants aériens, qui représentent plus de 90 % des titulaires de certificat canadiens. Bien que la réglementation ne l'exige pas, de nombreuses entreprises dans ces groupes ont volontairement choisi de mettre en œuvre des SGS. Toutefois, TC ne surveille ni ne réglemente les SGS de ces exploitants.

À la suite de l'enquête du BST sur un accident d'hélicoptère mortel survenu en 2013⁴⁵, le Bureau a recommandé que

le ministère des Transports exige que tous les exploitants d'aviation commerciale au Canada mettent en œuvre un système de gestion de la sécurité en bonne et due forme.

Recommandation A16-12 du BST

Depuis la publication de cette recommandation, TC a fourni plusieurs réponses. Dans sa réponse d'octobre 2022, TC a déclaré qu'il est d'accord avec la recommandation. TC a

⁴² Transports Canada, *Normes de service aérien commercial*, Norme 722 : Travaux aériens, Section IX : Manuels, alinéa 722.82(2)(y).

⁴³ L'information sur les vols à basse altitude se limitait aux sections 7.6.9 sur la formation au pilotage pour le travail aérien (application aérienne) et 7.6.23 sur la formation initiale et périodique sur le pilotage avec visibilité réduite de ½ mille dans l'espace aérien non contrôlé.

⁴⁴ Synergy Aviation Ltd., *Aerial Work/Air Taxi Operations Manual*, modification 9 (7 septembre 2021), p. 52.

⁴⁵ Rapport d'enquête aéronautique A13H0001 du BST.

continué à faire avancer la 2^e phase de son examen de la politique relative aux SGS, où il examinera l'élargissement des SGS à d'autres secteurs de l'aviation, et poursuivra ce travail jusqu'à l'entrée en vigueur de la réglementation. À cette fin, TC a présenté une mise à jour sur son examen de la politique, des options pour l'approche réglementaire proposée ainsi qu'un calendrier de modernisation lors de la 19^e plénière du Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne, qui s'est déroulée du 23 au 25 novembre 2021.

Compte tenu de l'ampleur de cette initiative, TC a divisé la modernisation du cadre du SGS en 2 dossiers. TC rédige actuellement le dossier 1, l'avis de proposition de modification (APM) pour la modernisation des SGS. Dans le dossier 1, il est proposé de chercher à étendre les SGS aux organisations de conception et de fabrication. De plus, il y sera proposé de veiller à la conformité et à l'harmonisation des règlements canadiens avec les normes internationales. À la suite de sa réponse d'octobre 2022, TC a confirmé que l'APM sera publié sur le site Web du CCRAC au printemps 2023. La publication dans la Partie I de la *Gazette du Canada* est prévue au milieu de 2024.

Dans le dossier 2, il sera proposé d'examiner l'élargissement des SGS à d'autres secteurs qui ne sont pas actuellement visés par les exigences en matière de SGS du RAC. Le calendrier du dossier 2 est toujours en cours d'élaboration.

L'enjeu de la gestion de la sécurité figure sur la Liste de surveillance du BST depuis 2010. Comme en témoigne la Liste de surveillance 2022, les progrès ont été lents en vue d'étendre l'utilisation des SGS au-delà des exploitants assujettis à la sous-partie 705 du RAC. Bien que le Bureau soit encouragé par le fait que TC procède à un examen de la politique relative aux SGS qui aidera à formuler des recommandations visant à moderniser et à étendre les exigences en matière de SGS, tant que cet examen ne sera pas terminé et que des changements ne seront pas apportés à ces exigences, il n'est pas clair si ces efforts permettront de remédier à la lacune de sécurité mentionnée dans la recommandation. En mars 2023, le Bureau a estimé que la réponse de TC à la recommandation A16-12 dénotait une **attention en partie satisfaisante**⁴⁶.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Plan d'eau miroitant

Un plan d'eau miroitant peut être décrit comme suit [traduction] :

En tant que liquide, l'eau cherche son propre niveau et forme une surface plane et vitreuse si elle n'est pas perturbée. [...] Dans des conditions de vent calme, la surface lisse de l'eau présente un aspect uniforme d'en haut, un peu comme un miroir. Cette

⁴⁶ Recommandation A16-12 du BST : Surveillance de l'aviation commerciale au Canada : mise en œuvre d'un système de gestion de la sécurité en bonne et due forme, à l'adresse www.bst-tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/2016/rec-a1612.html (dernière consultation le 26 avril 2023).

situation élimine les repères visuels pour le pilote et peut être extrêmement trompeuse⁴⁷.

Les aspects visuels d'un plan d'eau miroitant rendent la perception précise de la profondeur très difficile. La [traduction] « surface plane et sans caractéristiques rend beaucoup plus difficile l'évaluation précise de l'altitude, et les reflets peuvent créer des illusions d'optique qui portent à confusion⁴⁸ ». La présence de vents de surface calmes au-dessus de l'eau peut donner lieu à un plan d'eau miroitant. Un plan d'eau miroitant fait en sorte qu'il est difficile pour les pilotes, même les pilotes expérimentés, d'évaluer la hauteur de l'aéronef au-dessus de l'eau étant donné l'absence de caractéristiques de surface et de repères visuels. De plus, la surface lisse et réfléchissante peut donner lieu à des illusions déroutantes, car les nuages ou les caractéristiques du rivage sont reproduits de manière extrêmement détaillée et en couleur⁴⁹.

Le matin du vol à l'étude, on notait la présence d'un plan d'eau miroitant en raison de légers vents de surface dans le secteur.

1.18.2 Performance humaine

1.18.2.1 Indices visuels et perception de la profondeur

Les indices visuels sont essentiels pour percevoir la profondeur. La qualité et le nombre d'indices visuels dans l'environnement sont importants, car ils permettent aux pilotes de juger de la hauteur, de la distance, de l'espacement et des vitesses de rapprochement entre l'aéronef et les obstacles⁵⁰. Lors d'un vol au-dessus de l'eau, les vagues, les crêtes et la mousse fournissent de la lumière et de l'ombre, ainsi que des gradients de texture. Bien que les arbres et un rivage puissent également fournir des indices visuels, la combinaison de la distance et de la hauteur tout en se déplaçant au-dessus de l'eau peut nuire à une bonne perception de la profondeur⁵¹.

Lorsqu'un pilote survole un plan d'eau miroitant, la réduction des indices visuels dans son champ de vision immédiat peut contribuer à une perte de perception de la profondeur. Cela peut passer inaperçu car, même lorsque la visibilité est bonne, les indices permettant de percevoir la profondeur peuvent être diminués. Les plans d'eau miroitants présentent un risque important de collision avec l'eau, car ils peuvent entraîner des écarts d'altitude involontaires, comme des montées ou des descentes non détectées.

⁴⁷ Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-23, *Seaplane, Ski plane, and Float/Ski Equipped Helicopter Operations Handbook* (2004), chapitre 3 : Water Characteristics and Seaplane Base Operations, p. 3-1.

⁴⁸ Ibid., p. 3-3.

⁴⁹ Ibid., chapitre 6 : Seaplane Operations - Landings, p. 6-5 et 6-6.

⁵⁰ C. D. Wickens, W. S. Helton, J. G. Hollands et S. Banbury, *Engineering Psychology and Human Performance*, 5^e édition (2022), p. 139 à 143.

⁵¹ Ibid.

1.18.2.2 Gestion des ressources de l'équipage pour pilote seul aux commandes d'un hélicoptère

La gestion des ressources de l'équipage (CRM) est l'utilisation efficace de toutes les ressources, y compris les membres d'équipage, les systèmes d'aéronef et les installations et personnes de soutien, pour assurer des opérations sécuritaires et efficaces⁵². L'objectif de la CRM est d'améliorer les compétences dans les domaines de la communication, des interactions, des facteurs humains et de la gestion des membres d'équipage concernés. Dans la Circulaire d'information 700-042 : Gestion des ressources de l'équipage, TC recommande que les exploitants de travail aérien et de taxi aérien offrent une formation en gestion des ressources pour pilote seul aux commandes (SRM). Plus précisément, la Circulaire d'information indique ce qui suit :

La SRM adapte les concepts de CRM à l'environnement d'un seul pilote. [...] Les concepts actuels de la formation en CRM abordent la gestion des menaces et des erreurs (GME), qui traite de la reconnaissance et de l'analyse des dangers potentiels, de la mise en œuvre des stratégies appropriées pour contrer les menaces ainsi que du recours à diverses mesures permettant d'éviter, de déceler ou d'atténuer les erreurs avant qu'elles n'aient des conséquences néfastes, comme un état indésirable de l'aéronef⁵³.

La Circulaire d'information indique également que la formation SRM devrait être axée sur les domaines pertinents pour un pilote seul aux commandes et pour l'opération. Elle recommande que la formation porte notamment sur la conscience situationnelle, la gestion de la charge de travail, la prise de décisions et l'effet de surprise et le réflexe de sursaut⁵⁴.

Le pilote dans l'événement à l'étude a suivi un cours sur la prise de décisions du pilote et une formation en CRM le 9 janvier 2019. L'enquête n'a pas permis de déterminer si la formation en CRM comprenait une formation en SRM telle que définie par TC.

1.18.3 Pressions opérationnelles

Les exploitants aériens font face à un certain nombre de pressions opérationnelles, lesquelles peuvent provenir de diverses sources telles que les fournisseurs de services, les clients et l'environnement de vol. Ces pressions doivent être cernées et gérées pour que les exploitants aériens puissent fournir un service, en plus d'assurer leur sécurité et leur viabilité sur le plan économique. L'enquête a permis de déterminer que les pressions opérationnelles suivantes étaient présentes dans l'événement à l'étude :

- **Exigence de Novatem d'obtenir des données de qualité** : L'instruction donnée par Novatem aux pilotes de voler plus bas, ou aussi bas que possible, était motivée par la nécessité d'obtenir des données de bonne qualité. Sans l'intégration d'une indication précise de la hauteur à bord, les pilotes devaient estimer la hauteur à vue

⁵² Transports Canada, Circulaire d'information (CI) 700-042 : Gestion des ressources de l'équipage (CRM) (Édition 02 : 14 mars 2020), à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/centre-referance/circulaires-information/circulaire-information-ci-no-700-042 (dernière consultation le 20 avril 2023).

⁵³ Ibid.

⁵⁴ Ibid., section 7.0 : Méthode pour les cours de formation en gestion des ressources de l'équipage.

et se fier uniquement à la rétroaction de Novatem pour déterminer s'ils avaient suivi un profil de vol approprié à la bonne hauteur. Ils devaient en outre déterminer et maintenir leur hauteur en misant uniquement sur des indices visuels.

- **Directive de Synergy de voler bas** : Les communications de l'entreprise indiquant à ses pilotes de voler aussi bas que possible en toute sécurité tout en suivant le profil du relief selon leurs propres limites de confort personnelles étaient motivées par la nécessité de s'assurer que Synergy répondait aux attentes de Novatem.
- **Nombre d'heures de vol relativement peu élevé/manque d'expérience des pilotes** : Novatem n'exigeait pas un minimum d'heures de vol totales ou d'expérience de pilotage parce qu'elle croyait que Synergy fournirait des pilotes qualifiés et expérimentés. Sans restriction en place en ce qui concerne le nombre d'heures de vol totales ou l'expérience de pilotage minimale requise, Synergy pouvait choisir des pilotes débutants, leur donnant ainsi l'occasion d'acquérir de l'expérience. De plus, ces pilotes ont été déployés dans une autre province et, dans le cadre du système de contrôle opérationnel de type D, ils étaient essentiellement seuls et ont dû traiter directement avec le client. Étant seuls, les pilotes disposent de peu de ressources pour les aider à prendre des décisions, à déterminer les dangers et les risques et à essayer de choisir des options ou des plans d'action atténuants, en particulier lorsqu'ils possèdent peu d'expérience.
- **Pression individuelle des pilotes** : Les pilotes étaient motivés à accomplir les tâches et à répondre aux attentes du client et de l'employeur. Cette pression peut souvent pousser les pilotes à dépasser leur propre niveau de confort.

1.18.3.1 Acceptation de pratiques non sécuritaires

Les pressions opérationnelles peuvent amener les exploitants et leurs pilotes à accepter des pratiques non sécuritaires. L'acceptation de pratiques non sécuritaires peut se traduire par des changements — adoptés, involontaires ou passés inaperçus — dans les activités, changements qui conduisent à un glissement des opérations sécuritaires vers des opérations comportant des risques. Ces changements peuvent souvent passer comme une dérive non détectée par rapport aux pratiques sécuritaires et peuvent progressivement être acceptés dans le cadre du travail. Lorsque les pratiques non sécuritaires se poursuivent avec des résultats positifs (tels que des vols réussis ou des clients satisfaits) ou sans résultats négatifs (tels que des incidents ou des accidents), l'acceptation de ces pratiques comme étant sécuritaires peut sembler rationnel, logique et facile à justifier. Elles finissent par être acceptées comme la norme par la direction de l'exploitant et les pilotes chevronnés, et sont même enseignées aux nouveaux employés.

Dans l'événement à l'étude, un exemple de pratique non sécuritaire acceptée était de ne pas suivre constamment le profil du relief, ce qui a donné lieu à un vol en dessous de la hauteur opérationnelle requise pour les vols de levés.

1.18.4 Mesures de sécurité pour atténuer les pressions opérationnelles

Les mesures de sécurité sont des mesures d'atténuation qui peuvent contrer les pressions opérationnelles. Il s'agit notamment des politiques et des procédures de l'entreprise, des modifications aux aéronefs, de la formation et de l'équipement de sécurité. Synergy a mis en place plusieurs mesures de sécurité pour gérer ce nouveau type d'opération :

- **Politiques et procédures** : création de la GASP et mise en œuvre d'un système de suivi des vols.
- **Modifications apportées à l'hélicoptère** : installation d'équipement de flottaison d'urgence pour les opérations au-dessus de l'eau.
- **Formation** : formation au sol et en vol sur des sujets tels que l'évacuation subaquatique, les profils de vol pour les levés, les modifications apportées à l'hélicoptère et l'équipement de sécurité.
- **Équipement de sécurité** : fourniture d'équipement de sécurité, comme des VFI.

Synergy a également abordé les pressions opérationnelles dans sa formation au sol en fournissant à ses pilotes l'information contenue dans ses manuels de politiques. Une présentation sur la prévention des entrées par inadvertance dans des conditions météorologiques de vol aux instruments énumérait les types de pressions opérationnelles suivants qui peuvent avoir une incidence sur la prise de décisions du pilote [traduction] :

Entreprise : pression d'accomplir les tâches

Client : pression de plaire au client en dépit de la sécurité

Soi : désir de réaliser un travail qui va au-delà de ce qui est raisonnable

Pairs : pression de réaliser le travail au niveau perçu des autres (culture)

Externes : distractions de la tâche à réaliser (famille/finances/personnelles)⁵⁵

La pression des clients a également été abordée dans le manuel des politiques de vol des hélicoptères [traduction] :

Le commandant de bord est responsable de l'exploitation sécuritaire de tous les vols. Il a le dernier mot pour toutes les phases des opérations aériennes. S'il y a des pressions de la part d'un client ou un différend non réglé avec ce dernier, le commandant de bord doit mettre fin au vol et communiquer avec la direction afin de régler le différend. Un pilote ne doit jamais se sentir obligé, au cours d'une phase ou l'autre des opérations aériennes, de faire quelque chose avec lequel il n'est pas à l'aise⁵⁶.

1.18.5 Stratégies d'atténuation et initiatives de l'industrie relatives au travail aérien

Des organisations comme l'International Airborne Geophysics Safety Association (IAGSA) et la Flight Safety Foundation (FSF) offrent des recommandations et des pratiques

⁵⁵ Synergy Aviation Ltd., « Inadvertent IMC Avoidance: Tactics & Strategies to Keep You Safe in the Air » (21 mars 2017), Pilot Decision Making Factors, Operating Pressures (présentation PowerPoint, diapositive 30).

⁵⁶ Synergy Aviation Ltd., *Helicopter Flight Policies*, modification 3 (15 avril 2020), Client Pressure and/or Disputes, p. 7 et 8.

d'exploitation sécuritaires aux membres et aux exploitants qui effectuent des opérations aériennes. Ces recommandations couvrent un éventail de questions telles que les directives de l'entreprise, les procédures d'utilisation normalisées, la formation des pilotes, la sélection et la configuration des aéronefs, ainsi que les modifications apportées à l'équipement.

1.18.5.1 International Airborne Geophysics Safety Association

L'IAGSA fait la promotion de la sécurité dans les opérations géophysiques aéroportées, entre autres en élaborant des pratiques recommandées, en fournissant un modèle d'évaluation des risques aux exploitants lorsqu'ils commencent une opération, en servant de centre pour l'échange d'informations sur la sécurité et en fournissant un référentiel pour les statistiques spécialisées. Les pratiques recommandées pour les opérations de levés géophysiques aéroportés sont disponibles en ligne et portent sur les normes d'exploitation, la formation, l'expérience, ainsi que les conditions environnementales et physiologiques.

En ce qui concerne la hauteur des vols de levés, l'IAGSA fournit le contexte opérationnel suivant dans son manuel des politiques de sécurité [traduction] :

On rappelle souvent aux pilotes les risques accrus associés aux vols à basse altitude. Nous pouvons tous reconnaître que le fait d'effectuer une mission donnée en volant à une altitude plus basse aggravera les conséquences d'une défaillance mécanique ou d'une erreur humaine. Pourtant, on peut également dire que la diminution de la hauteur du vol de levé peut améliorer la qualité de certains types de données géophysiques, et l'acquisition de données de haute qualité est, après tout, l'objectif fondamental des vols de levés géophysiques. Bien que des milliers d'heures de vol de levés effectuées en toute sécurité confirment la capacité de l'industrie à concilier les besoins en matière de sécurité aérienne et d'acquisition de données, les hauteurs minimales sécuritaires des vols de levés continuent d'être une source de préoccupation.

L'idée d'une hauteur minimale sécuritaire fixe des vols de levés a fait l'objet d'un vif débat, mais de toute évidence, aucune « hauteur minimale sécuritaire » universelle ne peut être déterminée compte tenu de la grande diversité de conditions de levé et de caractéristiques d'aéronef⁵⁷.

Cependant, même si la hauteur minimale sécuritaire des vols de levés continue de faire l'objet d'un débat, l'IAGSA recommande que [traduction]

les clients précisent la hauteur de dégagement maximale possible, conformément aux objectifs du levé à effectuer, et que les exploitants, avant de commencer un levé, procèdent à une analyse détaillée des risques dans le respect d'une procédure internationalement reconnue en tenant compte, mais sans s'y limiter, des facteurs suivants [...] :

- le relief, l'élévation et l'épaisseur du couvert végétal;
- le type d'aéronef;
- le temps de vol et le temps de service des membres d'équipage;

⁵⁷ International Airborne Geophysics Safety Association, *Safety Policy Manual* (1^{er} décembre 2017), section 2.1.3 : Minimum Safe Survey Height, p. 4.

- les conditions météorologiques actuelles;
- l'altitude-densité prévue;
- l'expérience et la mise à jour des connaissances du pilote;
- la vitesse de vol prévue⁵⁸.

La sous-section 2.3.2 du manuel indique ce qui suit [traduction] :

Bien que les hélicoptères puissent fonctionner selon une large gamme de combinaisons de hauteurs et de vitesses, la sélection des hauteurs des vols de levé et de la vitesse peut avoir une incidence sur la sécurité. Le pilotage de l'hélicoptère à une hauteur plus basse réduit les marges de sécurité en ce qui a trait aux impacts sans perte de contrôle, et la combinaison d'une vitesse de levé plus faible et d'une hauteur plus basse peut également placer l'hélicoptère dans la zone à éviter de son diagramme hauteur-vitesse publié, ce qui rend une autorotation réussie peu probable en cas de panne moteur⁵⁹.

La section 2.4 du manuel souligne les dangers des vols au-dessus de l'eau et met en garde contre le fait que [traduction] : « une attention particulière est requise pour l'information sur la hauteur et l'altitude parce que la perception de la profondeur est souvent très faible, en particulier dans des conditions de ciel couvert et/ou de mer calme⁶⁰ ». L'IAGSA recommande également que [traduction] « les aéronefs monomoteurs à pistons ne soient pas utilisés pour les levés au-dessus de l'eau ou en mer » et que les aéronefs soient équipés [traduction] « d'un radioaltimètre ou d'un altimètre radar ayant un moyen d'alerter l'équipage lorsque la hauteur au-dessus de l'eau tombe en dessous d'une hauteur minimale sécuritaire choisie par l'équipage⁶¹ ».

1.18.5.2 Programme de norme de base sur les risques pour l'aviation de la Flight Safety Foundation

La FSF a mis au point la norme de base sur les risques pour l'aviation (BARS) à titre de programme international de sécurité aérienne visant à fournir une norme pour faciliter la gestion des activités d'aviation fondée sur les risques. La FSF a conçu le programme pour qu'il convienne à toute organisation qui retient par contrat les services d'exploitants d'aéronefs pour des opérations aériennes. Il s'agit d'un modèle fondé sur les risques qui s'articule en fonction des menaces réelles qui pèsent sur les opérations aériennes et qui établit un lien entre les menaces et les contrôles et mesures de rétablissement et d'atténuation connexes. Le manuel des lignes directrices sur la mise en œuvre de la BARS et le manuel des opérations d'aéronefs sous contrat stipulent tous deux ce qui suit [traduction] :

Les opérations de levés géophysiques aéroportés présentent un risque plus élevé que les autres activités aériennes dans le secteur des ressources. Toutes les activités

⁵⁸ Ibid., p. 5.

⁵⁹ International Airborne Geophysics Safety Association, *Safety Policy Manual* (1^{er} décembre 2017), section 2.3.2 : Minimum Safe Survey Speed and Height, p. 16.

⁶⁰ Ibid., section 2.4 : Minimum Requirements for Over Water and Offshore Surveys, p. 18.

⁶¹ Ibid., section 2.4.2.2 : Aircraft Equipment, p. 20.

proposées font l'objet d'une analyse détaillée des risques qui répond aux normes de l'entreprise, de l'exploitant d'aéronefs et de l'IAGSA^{62,63}.

Ces manuels fournissent aux entreprises et aux exploitants les exigences minimales pour comprendre et atténuer les risques dans leurs opérations. Un aperçu des menaces, des mesures de contrôle connexes et des mesures de rétablissement pour les opérations de levés géophysiques aéroportés est fourni dans le modèle de risque en nœud papillon de la BARS⁶⁴ (annexe A), avec des exemples pertinents⁶⁵ (annexe B).

Novatem et Synergy n'étaient pas membres de l'IAGSA ou de la FSF au moment de l'événement, et il n'a pas été possible de déterminer si les entreprises avaient accès aux directives susmentionnées. L'enquête n'a trouvé aucune preuve que Synergy s'était aidé de l'expertise d'autres acteurs de l'industrie, comme l'IAGSA ou la FSF, pour élaborer ses documents d'orientation, ses procédures, sa formation ou des recommandations pour modifier l'aéronef qui auraient pu soutenir la transition de Synergy vers de nouvelles opérations.

1.18.6 Rapports d'enquête antérieurs du BST

1.18.6.1 Impact sans perte de contrôle en raison d'un plan d'eau miroitant

Le BST a enquêté sur plusieurs événements au cours desquels un vol au-dessus d'un plan d'eau miroitant s'est soldé par un accident. Une recherche dans la base de données du Système d'information sur la sécurité aérienne (SISA) du BST a permis de recenser 13 événements d'hélicoptère (y compris celui-ci) au Canada de 1988 à 2022 au cours desquels la perte de repères visuels attribuable à un vol au-dessus d'un plan d'eau miroitant a probablement été un facteur causal ou contributif⁶⁶. De ce nombre, 5 événements ont mené à 6 morts.

1.18.7 Liste de surveillance du BST

La Liste de surveillance du BST énumère les principaux enjeux de sécurité qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr.

La gestion de la sécurité figure sur la Liste de surveillance 2022. Il n'y a toujours pas d'exigences réglementaires relatives aux SGS officiels pour les exploitants assujettis à la

⁶² Flight Safety Foundation, *Basic Aviation Risk Standard - Implementation Guidelines*, version 8 (mai 2020), p. 171, à l'adresse flightsafety.org/bars/the-bar-standards-and-manuals/ (dernière consultation le 20 avril 2023).

⁶³ Flight Safety Foundation, *Basic Aviation Risk Standard - Contracted Aircraft Operations*, version 8 (mai 2020), p. 44, à l'adresse flightsafety.org/bars/the-bar-standards-and-manuals/ (dernière consultation le 20 avril 2023).

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Ibid., p. 45 à 49.

⁶⁶ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A14C0109, A12Q0196, A11W0070*, A07W0116, A06C0131*, A05P0262*, A02P0256*, A01P0173, A99C0177, A94A0158, A90W0206 et A89C0194* du BST (* accidents ayant causé en tout 6 morts).

sous-partie 702 du RAC. Comme le démontre l'événement à l'étude, les SGS qui sont mis en œuvre volontairement par les exploitants ne sont pas soumis à la surveillance réglementaire de Transports Canada et pourraient se révéler inefficaces en ce qui concerne l'identification des dangers liés à l'aviation et la gestion des risques qui y sont associés.

MESURES À PRENDRE

L'enjeu de la **gestion de la sécurité dans le transport aérien** demeurera sur la Liste de surveillance jusqu'à ce que

- TC mette en œuvre de la réglementation obligeant tous les exploitants commerciaux à adopter des processus formels pour la gestion de la sécurité;
- les transporteurs qui ont un SGS démontrent à TC qu'il fonctionne bien et qu'il permet donc de cerner les dangers et de mettre en œuvre des mesures efficaces pour atténuer les risques.

2.0 ANALYSE

Dans l'événement à l'étude, le pilote était titulaire de la licence et des qualifications appropriées pour le vol, conformément à la réglementation en vigueur, et rien n'indiquait que la fatigue avait nui à son rendement. De plus, rien n'indiquait que l'hélicoptère avait subi une défaillance d'un système qui aurait pu contribuer à l'événement.

L'analyse examinera le profil de vol du levé géophysique, les circonstances entourant le vol à l'étude, les facteurs d'atténuation des risques, les pressions opérationnelles, les aspects de survie et les problèmes liés aux systèmes de gestion de la sécurité (SGS) volontaires.

2.1 Profil de vol pour les levés géophysiques

Les levés géophysiques nécessitaient d'effectuer un vol intentionnel et de précision à basse altitude le long de lignes de levé prédéterminées au-dessus de la terre et de l'eau pour saisir des données géomagnétiques spécifiques. Compte tenu de la nouvelle technologie et du nouvel équipement de Novatem installés dans l'hélicoptère, le profil de vol exigeait que les pilotes maintiennent constamment la hauteur optimale d'environ 25 m (82 pieds) le long de chaque ligne de levé; toutefois, cette exigence n'a pas été communiquée clairement aux pilotes. Pour ce faire, les pilotes devaient suivre le profil du relief. La vitesse n'était pas un paramètre qui avait une incidence sur la qualité des données et elle était laissée à la discrétion du pilote.

Synergy Aviation Ltd. (Synergy) a élaboré la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal (GASP) afin de fournir à ses pilotes les connaissances nécessaires pour effectuer en toute sécurité les levés géophysiques. Toutefois, la GASP ne comprenait pas d'information sur les paramètres du profil de vol en ce qui concernait la hauteur optimale pour le levé ou la façon d'effectuer un vol en suivant le relief pour maintenir la hauteur constante, peu importe la surface survolée. L'enquête a révélé que la plupart des pilotes de Synergy, y compris le pilote dans l'événement à l'étude, ont reçu l'instruction verbale du pilote en chef de voler aussi bas que possible en toute sécurité, et dans leurs limites de confort personnelles, tout en suivant le profil du relief.

L'information minimale dans la GASP, les directives verbales qui laissaient le choix d'une hauteur sécuritaire aux pilotes et l'absence d'indication précise de la hauteur à bord de l'hélicoptère ont fait en sorte que les pilotes volaient trop haut dans certains blocs de levé, ce qui a donné lieu à des données de mauvaise qualité. Dans de tels cas, les techniciens de Novatem demandaient aux pilotes de voler plus bas. Les pilotes se fiaient donc presque exclusivement à la rétroaction des techniciens pour ajuster visuellement la hauteur de leurs profils de vol sans connaître la hauteur réelle de leur vol en raison de l'absence d'indication précise de la hauteur à bord de l'hélicoptère.

Deux jours avant l'événement, Novatem a informé le pilote dans l'événement à l'étude que les données de levé des 5 et 6 octobre indiquaient qu'il se trouvait, en moyenne, 10 m (32 pieds) au-dessus des hauteurs parcourues par le pilote précédent et que la hauteur du levé devait être abaissée.

Des données de vol, enregistrées par l'équipement de levés aéromagnétiques de Novatem et par Spidertracks, provenant de vols autres que le vol à l'étude, ont été examinées et indiquaient que les pilotes avaient généralement tendance à descendre à des hauteurs plus faibles une fois qu'ils volaient au-dessus de l'eau. Les données de Novatem ont indiqué une hauteur moyenne de 12 m (environ 40 pieds) au-dessus de l'eau comparativement à une hauteur moyenne entre 23 et 25 m (75 à 82 pieds) au-dessus de la terre. En comparaison, les données de Spidertracks ont montré une tendance similaire de vol entre 6 et 12 m (environ 20 à 40 pieds) au-dessus de l'eau et de 18 à 24 m (environ 60 à 80 pieds) au-dessus de la terre.

L'enquête a permis de déterminer que les pilotes de Synergy descendaient à ces hauteurs lorsqu'ils volaient au-dessus de l'eau plutôt que de maintenir la même hauteur au-dessus de l'eau et de la terre en réponse aux instructions du client et à la rétroaction concernant les données de mauvaise qualité obtenues lorsqu'on volait au-dessus de l'eau et de la terre à la même hauteur. Les instructions du client visant à voler aussi bas que possible ont mené les pilotes à voler plus bas lorsqu'ils se trouvaient au-dessus de l'eau ou d'étendues plates et ouvertes. Par conséquent, les pilotes descendaient et se plaçaient, peut-être sans le savoir, avec l'hélicoptère, dans un profil de vol à risque accru.

La pratique courante consistant à descendre à des hauteurs plus basses au-dessus de l'eau augmente le risque d'impact sans perte de contrôle. Si une situation imprévue, comme la défaillance d'un système ou une descente inopinée, survient à basse altitude, il se peut que la hauteur ou le temps dont dispose le pilote pour reconnaître la situation et la gérer comme il faut soit insuffisant.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La pratique courante consistant à descendre et à voler sous 25 m (82 pieds) au-dessus de l'eau ou d'étendues plates et ouvertes n'a pas laissé au pilote dans l'événement à l'étude suffisamment de hauteur ou de temps pour détecter les dangers opérationnels et y réagir.

2.2 Vol à l'étude

2.2.1 Plan d'eau miroitant

Au moment de l'événement, les conditions environnementales suivantes au-dessus du lac étaient signalées : des vents calmes, pas de brouillard et visibilité illimitée. Une photo du lac prise environ 1 heure après l'accident montre un plan d'eau miroitant par endroits.

Des conditions propices à une surface d'eau miroitante se produisent lorsque la combinaison du vent et du mouvement de l'eau ne produit pas de vagues. Il en résulte une surface semblable à un miroir qui crée une illusion visuelle et réduit les indices visuels pour percevoir la profondeur, ce qui peut nuire à la capacité d'un pilote à évaluer visuellement la hauteur de l'aéronef au-dessus de l'eau. Avec une diminution des indices visuels (caractéristiques de surface), la perception de la profondeur peut être réduite ou complètement perdue. La réduction ou la perte de la perception de la profondeur nuit à l'orientation spatiale d'un pilote et augmente le risque d'impact sans perte de contrôle. Le

danger associé à un plan d'eau miroitant est exacerbé par le fait que la réduction ou la perte de la perception de la profondeur passe souvent inaperçue, en partie parce que la visibilité dans cette situation est bonne. En l'absence d'atténuation des risques, la reconnaissance d'un plan d'eau miroitant dans l'environnement de vol est la seule façon pour les pilotes de prendre les mesures appropriées pour empêcher un impact sans perte de contrôle causé par la nature insidieuse de l'illusion et la perte d'indices pour percevoir la profondeur.

Une formation qui intègre les dangers opérationnels et des mesures d'atténuation efficaces est une façon d'améliorer la sensibilisation des pilotes aux dangers d'un plan d'eau miroitant et de leur permettre de les détecter. Synergy a offert une formation à ses pilotes en vue des levés géophysiques au-dessus de l'eau; cependant, le danger des plans d'eau miroitants n'a pas été abordé. Le pilote dans l'événement à l'étude était informé au sujet des plans d'eau miroitants, mais il n'avait pas d'expérience dans la gestion de ce danger en vol, en particulier dans les opérations de levés géophysiques (c.-à-d., les vols à basse altitude).

2.2.2 Descente non détectée

Pendant le vol à l'étude, le pilote a surtout survolé un relief ondulé et boisé, ce qui lui a fourni les indices visuels adéquats requis pour percevoir la profondeur et, par conséquent, être en mesure d'évaluer et de maintenir la hauteur. Lorsqu'il volait au-dessus de l'eau, le pilote utilisait la surface du lac, la rive et les arbres comme repères visuels. Le jour de l'événement, on notait la présence d'un plan d'eau miroitant, et la capacité du pilote d'évaluer et de maintenir la hauteur a été réduite. En raison du danger associé au plan d'eau miroitant, la réduction insidieuse des indices visuels nécessaires à la perception de la profondeur est passée inaperçue par le pilote.

Les 2 dernières hauteurs enregistrées par le système Spidertracks étaient de 26 pieds (7,9 m) à 11 h 39 et de 42 pieds (12,8 m) à 11 h 41 alors que l'hélicoptère se trouvait au-dessus de l'eau. Après le virage à 180° pour le segment en direction nord, on estime que l'aéronef se trouvait à environ 1200 pieds de la rive ouest. Bien que cette distance puisse ne pas sembler bien loin, la faible hauteur d'exploitation a probablement fait en sorte qu'il était difficile pour le pilote d'utiliser la rive et les arbres pour évaluer, déterminer et maintenir la hauteur de l'hélicoptère au-dessus de l'eau. Au cours de cette dernière manœuvre, le pilote a corrigé l'espacement latéral de l'hélicoptère et, ce faisant, il n'a pas remarqué sa descente inopinée.

Compte tenu de la faible hauteur à laquelle le pilote volait, il disposait de peu de temps et d'une hauteur insuffisante pour détecter les dangers et les états indésirables de l'aéronef et y réagir. Avec un nombre insuffisant d'indices visuels pour que le pilote évalue avec exactitude sa hauteur au-dessus de l'eau, et sans équipement fournissant des indications précises de la hauteur ou des alertes en cas de faible hauteur, l'hélicoptère est descendu par inadvertance pendant ou après le virage à 180° et le changement de cap au-dessus du plan d'eau miroitant.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

En volant à faible hauteur au-dessus du lac, l'effet miroir du plan d'eau miroitant a entraîné une réduction des indices visuels nécessaires à la perception de la profondeur. Par conséquent, le pilote n'a pas remarqué sa descente inopinée et l'hélicoptère est entré en collision avec la surface du lac.

2.3 Mesures d'atténuation des risques

Il n'est pas réaliste pour les exploitants de cerner tous les dangers et risques potentiels qui pourraient survenir pendant les vols opérationnels au début d'un nouveau contrat ou d'une nouvelle opération. Les SGS appuient le développement des connaissances opérationnelles et l'amélioration continue de la formation et des procédures.

Synergy a adopté plusieurs mesures de sécurité pour atténuer les pressions opérationnelles, notamment les suivantes :

- **Politiques et procédures** : création de la GASP et mise en œuvre d'un système de suivi des vols.
- **Modifications apportées à l'hélicoptère** : installation d'équipement de flottaison d'urgence pour les opérations au-dessus de l'eau.
- **Formation** : formation sur l'évacuation subaquatique et les profils de vols pour les levés.
- **Équipement de sécurité** : fourniture de vêtements de flottaison individuels (VFI).

Toutefois, il existait des lacunes dans les procédures, la formation, l'équipement et les directives réglementaires au moment de l'accident.

2.3.1 Procédures et formation

Il est important que l'information soit communiquée dans les documents d'orientation, y compris le manuel d'exploitation de la compagnie (MEC), que les connaissances transmises pendant la formation soient claires, complètes et précises, et que la formation soit aussi pratique et réaliste que possible. Pour aider les exploitants à déterminer les pratiques d'exploitation sécuritaires, plusieurs sources d'information sont disponibles, comme les publications de l'International Airborne Geophysics Safety Association et de la Flight Safety Foundation. L'enquête n'a pas trouvé de preuve de contribution d'autres acteurs de l'industrie qui auraient apporté des connaissances à la nouvelle opération.

Les procédures élaborées pour ce contrat ont été incluses dans la GASP. Toutefois, le MEC n'a pas été modifié pour inclure ces procédures de nouveaux travaux aériens associés aux levés géophysiques. La GASP énumérait certains dangers liés aux vols à basse altitude, mais n'a pas fourni de directives sur la façon de les atténuer. L'information sur les dangers d'un plan d'eau miroitant n'a pas été documentée dans la GASP ou le MEC.

Une modification apportée à la GASP après l'événement indiquait que [traduction] « **[t]ous les vols doivent être effectués à au moins 200 pieds AGL** [au-dessus du sol] » [caractères gras et soulignement dans la version originale]. Cependant, la hauteur optimale requise par

l'équipement de levés aéromagnétiques afin d'obtenir des données valides est demeurée à 25 m (82 pieds), même avec cette nouvelle directive. Par conséquent, la mise à jour de la GASP n'a pas corrigé la différence entre la hauteur de vol de 200 pieds utilisée pendant la formation et cette hauteur de vol optimale de 25 m (82 pieds).

La formation en vol a été donnée sans que l'équipement de levés aéromagnétiques soit installé parce qu'un instructeur devait s'asseoir dans le siège de gauche, où l'équipement devait être installé. Les pilotes n'ont donc utilisé l'équipement de levés aéromagnétiques que lorsqu'ils étaient dépêchés sur place, pendant des vols opérationnels réels. De plus, la formation en vol a été donnée à des hauteurs et dans un lieu géographique qui n'étaient pas représentatifs du profil de vol ni de l'environnement dans lequel les vols de levés se feraient.

La combinaison de ces facteurs a fait en sorte que le pilote ne disposait pas des connaissances et des directives nécessaires pour atténuer les dangers et les risques des opérations de levés aéromagnétiques dans un environnement à basse altitude et au-dessus de l'eau.

Fait établi quant aux risques

Si les procédures de l'entreprise pour les opérations dans des environnements à basse altitude et au-dessus de l'eau ne contiennent pas d'information sur les dangers particuliers et les stratégies d'atténuation liés à ces opérations, il y a un risque que les pilotes de l'entreprise n'aient pas une compréhension complète des risques ou ne prennent pas de mesures pour les atténuer.

2.3.2 Équipement et technologie à bord pour les opérations à basse altitude

Les vols à basse altitude réduisent la hauteur ou le temps dont dispose un pilote pour reconnaître et gérer les événements imprévus, comme les descentes inopinées. De 1988 à 2022, le BST a enquêté sur 13 événements d'hélicoptère dans lesquels une perte de repères visuels en raison d'un vol au-dessus d'un plan d'eau miroitant était un facteur causal ou contributif probable.

L'utilisation de la technologie pour fournir aux pilotes de l'information sur la hauteur et l'altitude, y compris des alertes lorsque la hauteur chute en deçà d'un seuil minimal, aide à gérer le risque d'impact sans perte de contrôle. Dans l'événement à l'étude, le seul instrument ayant fourni des renseignements sur l'altitude était l'altimètre barométrique, qui n'a pas donné d'indications précises de la hauteur ni d'alertes visuelles ou sonores au pilote. Le pilote ne pouvait donc se fier qu'à ses indices visuels pour déterminer et maintenir sa hauteur pendant les vols à basse altitude.

Fait établi quant aux risques

Si les hélicoptères volent à faible hauteur dans des zones où il n'y a pas suffisamment d'indices visuels pour déterminer avec précision la hauteur au-dessus du sol, et que de l'équipement supplémentaire n'est pas installé ou utilisé pour aider à déterminer la hauteur

de l'hélicoptère, il y a un risque accru qu'une descente inopinée entraîne une collision avec le relief.

2.3.3 Orientation pour l'élaboration d'un manuel d'exploitation de la compagnie

Les exigences du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) relatives aux MEC pour les opérations de travail aérien stipulent qu'un tel manuel doit être soumis à Transports Canada (TC) et, si des modifications sont apportées aux activités de l'entreprise, l'exploitant aérien doit modifier son MEC. Bien que l'élaboration de la GASP ait été une tentative de satisfaire aux exigences du RAC et des *Normes de service aérien commercial* (NSAC), la procédure n'a pas été incluse comme une modification dans le MEC et, par conséquent, TC n'était pas au courant de son élaboration ou de son contenu, et n'était donc pas en mesure d'en assurer la surveillance.

Un examen des exigences des NSAC révèle que, même si des détails opérationnels spécifiques doivent être inclus dans un MEC pour les vols avec des charges externes, les exigences pour d'autres opérations de travail aérien, telles que les vols à basse altitude ou au-dessus de l'eau, sont moins strictes. Les normes pour ces opérations n'exigent que des « précautions à prendre pour les vols à basse altitude⁶⁷ » et des « restrictions d'exploitation concernant le travail aérien⁶⁸ ».

Compte tenu des dangers et des risques inhérents aux vols dans un environnement à basse altitude ou au-dessus de l'eau, des renseignements supplémentaires sur les restrictions d'altitude, les altitudes d'exploitation sécuritaires, les procédures opérationnelles et les spécifications de l'équipement pour les vols à basse altitude ou les vols au-dessus de l'eau peuvent améliorer la sécurité des opérations et la gestion des risques d'impact sans perte de contrôle par les exploitants aériens et leurs pilotes. Les exigences minimales des NSAC peuvent contribuer à l'insuffisance de détails dans les procédures pour les opérations de travail aérien effectuées dans des environnements à basse altitude et au-dessus de l'eau.

Fait établi quant aux risques

Si les NSAC n'exigent pas qu'un MEC comprenne des informations opérationnelles et les dangers spécifiques liés aux vols dans des environnements à basse altitude et au-dessus de l'eau, il y a un risque que ces aspects ne soient pas pris en compte lorsque les entreprises élaborent des procédures d'exploitation et des stratégies d'atténuation.

2.4 Pressions opérationnelles et acceptation de pratiques non sécuritaires

Les exploitants assujettis à la sous-partie 702 (Opérations de travail aérien) du RAC sont confrontés à des pressions opérationnelles qui doivent être cernées et gérées pour qu'ils puissent fournir un service, en plus d'assurer leur sécurité et leur viabilité sur le plan économique. L'objectif est d'assurer la sécurité des opérations aériennes en gérant ces

⁶⁷ Transports Canada, *Normes de service aérien commercial*, Norme 722 : Travaux aériens, Section IX : Manuels, sous-alinéa 722.82(2)(y)(ii).

⁶⁸ Ibid., sous-alinéa 722.82(2)(y)(v).

pressions opérationnelles; cependant, le fait d'accomplir le travail est également considéré comme un objectif principal. Lorsque les pressions opérationnelles deviennent déséquilibrées, une opération peut être poussée au-delà des limites de sécurité. Lorsque les pressions opérationnelles ne sont pas cernées ou sont mal gérées, une organisation ou ses employés peuvent accepter des pratiques non sécuritaires, ce qui augmente le risque d'incident ou d'accident.

Effectuer des levés géophysiques est intrinsèquement risqué parce que les pilotes doivent suivre des profils de vol très précis à faible hauteur pendant de longues périodes. Pour ce faire, ils doivent posséder de vastes compétences et bien connaître les dangers et les risques présents pendant les opérations à basse altitude. De plus, l'équipement particulier utilisé par Novatem exigeait que l'hélicoptère à l'étude soit piloté et maintenu à une hauteur considérablement inférieure à celle requise par d'autres systèmes utilisés pour les levés géophysiques aéroportés.

Dans le cadre de cette opération, Synergy et ses pilotes ont dû faire face aux pressions suivantes :

- l'exigence de Novatem d'obtenir des données de qualité;
- la directive de Synergy de voler bas;
- un nombre d'heures de vol relativement peu élevé et un manque d'expérience des pilotes;
- la pression individuelle des pilotes.

Pour gérer cette nouvelle opération, Synergy a mis en œuvre plusieurs mesures de sécurité liées aux politiques et procédures, aux modifications apportées à l'hélicoptère, à la formation et à l'équipement de sécurité.

Même si ces mesures de sécurité étaient en place pour gérer les pressions opérationnelles, elles n'ont pas fourni aux pilotes l'information nécessaire pour effectuer la tâche en toute sécurité. Plus précisément, la GASP ne contenait pas d'information sur la hauteur optimale des vols, le vol suivant le profil du relief ni sur le maintien constant de la hauteur optimale (25 m [82 pieds]) sur toutes les lignes de levé, technique la plus importante pour obtenir des données de bonne qualité. Ayant une expérience limitée des vols pour ce type d'opération, la pression du client d'obtenir des données de qualité et la directive de l'exploitant de voler aussi bas que possible de manière sécuritaire dans leurs limites de confort personnelles, les pilotes de l'entreprise se trouvaient dans la position précaire de voler à des hauteurs inférieures à celles pour lesquelles ils avaient été formés.

L'enquête a permis de déterminer que, même si plusieurs pilotes étaient souvent mal à l'aise avec le profil de vol à basse altitude demandé et qu'ils avaient fait part de leurs préoccupations au pilote en chef, ils continuaient de voler aux faibles hauteurs demandées pour accomplir la tâche. En raison de la pression individuelle ressentie par les pilotes pour satisfaire à la fois le client et l'employeur, il y a eu glissement des opérations vers l'acceptation des pratiques non sécuritaires comme ne pas effectuer un vol en suivant le profil du relief de façon constante, ce qui fait qu'ils volaient sous la hauteur opérationnelle

requis pour les vols de levés. À mesure que le travail contractuel se poursuivait, et avec les résultats positifs des vols réussis et l'obtention de données de qualité, les vols à une hauteur inférieure à la hauteur nécessaire sont devenus une pratique acceptée.

Fait établi quant aux risques

Si les exploitants aériens ne mettent pas en œuvre des mesures de sécurité visant à gérer les pressions opérationnelles, il y a un risque que les pilotes adoptent, et que la direction de l'entreprise accepte, des pratiques non sécuritaires qui peuvent mener à des incidents ou à des accidents.

2.5 Questions relatives à la survie des occupants

2.5.1 Suivi des vols

Synergy n'était pas tenue de mettre en œuvre le suivi des vols pour ses opérations de vol selon les règles de vol à vue (VFR) de jour lorsqu'un seul pilote était aux commandes. Cependant, l'entreprise avait un système de suivi des vols selon lequel des pilotes débutants étaient chargés de surveiller tous les vols opérationnels à l'aide du système de suivi des vols Spidertracks.

Le jour de l'événement, la préposée au suivi des vols n'a pas remarqué que l'hélicoptère ne se déplaçait plus à l'écran depuis le moment de l'accident à 11 h 41 jusqu'à ce que Novatem appelle Synergy à 12 h 46 pour demander une mise à jour sur l'état de vol de l'hélicoptère. De plus, aucune alerte de premier niveau n'a été déclenchée à partir du cadre de gestion des urgences de Spidertracks, car les paramètres organisationnels ont été définis en mode normal au lieu du mode de surveillance. En mode de surveillance, une alerte est automatiquement activée si la communication avec l'aéronef est perdue pendant 10 minutes.

Fait établi quant aux risques

Si les entreprises utilisent leur système de suivi des vols sans en optimiser tous les modes d'exploitation disponibles, il y a un risque que l'activation des services de recherche et sauvetage soit retardée en cas d'accident.

2.5.2 Vêtements de flottaison individuels

Le pilote portait un VFI approuvé par TC (Marine) qui s'est automatiquement gonflé lorsqu'il a été submergé à la suite de l'impact.

Un examen des normes et des exigences du RAC indique qu'un VFI destiné à être utilisé dans un environnement aéronautique doit satisfaire au critère de gonflage manuel uniquement. Le VFI porté dans l'événement à l'étude était muni d'un gonfleur hydrostatique; par conséquent, il ne satisfaisait pas à cette exigence.

Dans l'événement à l'étude, une fois que le VFI s'est gonflé à l'intérieur de l'hélicoptère, le pilote a éprouvé de la difficulté à sortir de l'aéronef en raison de la restriction de sa mobilité et de sa flottabilité accrue. Le VFI gonflé a compliqué davantage le détachement et le

démêlage des bretelles de la ceinture-baudrier et du cordon de communication du casque. Ces dangers peuvent entraver une évacuation ou empêcher sa réussite et accroître le risque de noyade.

Fait établi quant aux risques

Si les occupants d'un aéronef portent des VFI qui ne respectent pas les normes et les exigences du RAC autorisant leur utilisation en aviation, il y a un risque qu'en cas d'écrasement dans l'eau, le VFI entrave ou empêche une évacuation subaquatique sécuritaire.

Le VFI a aidé le pilote à rejoindre la surface de l'eau, après quoi il a soutenu son poids et a fourni une flottaison adéquate, ce qui lui a permis de nager jusqu'à la rive la plus proche dans l'eau froide.

Fait établi : Autre

Le port d'un VFI a augmenté les chances de survie du pilote en l'aidant à rester à flot pendant ses 40 minutes de nage jusqu'à la rive.

2.5.3 Casques, ceintures sous-abdominales et ceintures-baudriers

Le pilote portait un casque, une ceinture sous-abdominale et une ceinture-baudrier.

Le pilote a signalé une décélération longitudinale soudaine et rapide suivie d'une puissante entrée d'eau. Bien que le pilote ait subi de graves blessures au cours de la séquence d'impact, le casque a protégé sa tête et il a été retenu adéquatement par la ceinture sous-abdominale et la ceinture-baudrier. L'utilisation de cet équipement de sécurité a probablement contribué à sa capacité d'effectuer une évacuation réussie.

Fait établi : Autre

Le port d'un casque de vol, de la ceinture sous-abdominale et de la ceinture-baudrier a permis de réduire la gravité des blessures subies par le pilote pendant la séquence d'impact.

2.5.4 Équipement de flottaison d'urgence

L'hélicoptère à l'étude était muni d'un équipement de flottaison d'urgence conçu pour se gonfler automatiquement (sans intervention du pilote) lorsqu'une immersion est détectée, si le système est armé à l'aide d'un interrupteur d'armement.

Dans l'événement à l'étude, les flotteurs ne se sont pas déployés après l'impact avec l'eau. En raison de la nature inattendue de l'impact, le pilote a déclaré ne pas avoir eu le temps de gonfler manuellement le système. L'enquête n'a pas permis d'établir la position de l'interrupteur d'armement ni de déterminer si le système avait mal fonctionné en raison de la séquence d'impact.

Fait établi : Autre

Pour des raisons indéterminées, après l'impact de l'hélicoptère avec l'eau, l'équipement de flottaison d'urgence ne s'est pas déployé. Le maintien de l'hélicoptère à flot aurait permis au

pilote de sortir de l'aéronef à la surface de l'eau et aurait facilité les recherches pour retrouver l'aéronef.

2.5.5 Formation sur l'évacuation subaquatique

La formation sur l'évacuation subaquatique permet aux pilotes d'acquérir les compétences, les connaissances et la confiance nécessaires pour survivre à des situations d'évacuation réelles, comme dans le cadre d'un écrasement dans l'eau ou d'un amerrissage forcé. Dans l'événement à l'étude, le pilote faisait face à une situation d'évacuation réelle alors que l'hélicoptère était renversé et submergé dans l'eau froide. Cette situation a nécessité une intervention immédiate et rapide de la part du pilote pour sortir en toute sécurité et éviter d'être coincé à l'intérieur de l'hélicoptère et de se noyer.

Fait établi : Autre

Une formation sur l'évacuation subaquatique a permis au pilote d'acquérir les compétences nécessaires pour sortir en toute sécurité d'un hélicoptère submergé et renversé.

2.6 Systèmes de gestion de la sécurité de Transports Canada

De nombreux exploitants assujettis à la sous-partie 702 du RAC adoptent une approche proactive en matière de sécurité en déterminant et en atténuant les risques associés à leurs activités, et un certain nombre de ces exploitants prennent des mesures qui dépassent les exigences réglementaires en mettant en œuvre un SGS. Synergy a mis en œuvre un SGS même si la réglementation ne l'exigeait pas.

Avant l'événement à l'étude, plusieurs pilotes avaient exprimé verbalement au pilote en chef des préoccupations au sujet des faibles hauteurs requises pour les vols de levés. Ils jugeaient le profil de vol risqué et étaient souvent mal à l'aise avec ces faibles hauteurs. Toutefois, l'enquête n'a pas révélé d'entrées ou de suivis dans l'outil de signalement en ligne du SGS de la part des pilotes concernant les vols à basse altitude ou les conditions non sécuritaires dans les opérations de levés géophysiques.

TC ne surveille ni ne réglemente les SGS des exploitants qui ne sont pas tenus d'en avoir un. Par conséquent, l'efficacité de ces SGS pour la gestion de la sécurité aérienne ne peut être déterminée. Bien que le BST ait recommandé à TC en 2016 que tous les exploitants d'aviation commerciale au Canada mettent en œuvre un SGS en bonne et due forme, ce n'est qu'en mars 2023 que le Bureau a évalué la réponse de TC à la recommandation A16-12 comme dénotant une attention en partie satisfaisante. Avant cette date, le Bureau avait estimé que son évaluation des réponses de TC à la recommandation était impossible, car TC n'était pas clair quant à la façon dont les initiatives prises corrigeraient la lacune de sécurité cernée dans la recommandation.

L'enjeu de la gestion de la sécurité figure sur la Liste de surveillance du BST depuis 2010. Comme en témoigne la Liste de surveillance 2022, les progrès ont été lents en vue d'étendre l'utilisation des SGS au-delà des exploitants assujettis à la sous-partie 705 du RAC. Le Bureau est encouragé par le fait que TC procède à un examen de la politique sur les SGS qui aidera à formuler des recommandations visant à moderniser et à étendre les exigences

relatives aux SGS. Cependant, tant que cet examen ne sera pas terminé et que ces exigences n'auront pas été modifiées, il n'est pas clair si ces efforts permettront de remédier à la lacune de sécurité cernée dans la recommandation.

Fait établi quant aux risques

Si TC n'impose pas de SGS à tous les exploitants commerciaux et n'assure pas de surveillance à cet égard, il y a un risque que les systèmes qui sont mis en œuvre volontairement ne soient pas efficaces pour gérer les dangers et les risques liés à l'aviation.

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. La pratique courante consistant à descendre et à voler sous 25 m (82 pieds) au-dessus de l'eau ou d'étendues plates et ouvertes n'a pas laissé au pilote dans l'événement à l'étude suffisamment de hauteur ou de temps pour détecter les dangers opérationnels et y réagir.
2. En volant à faible hauteur au-dessus du lac, l'effet miroir du plan d'eau miroitant a entraîné une réduction des indices visuels nécessaires à la perception de la profondeur. Par conséquent, le pilote n'a pas remarqué une descente inopinée et l'hélicoptère est entré en collision avec la surface du lac.

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 procédures de l'entreprise pour les opérations dans des environnements à basse altitude et au-dessus de l'eau ne contiennent pas d'information sur les dangers particuliers et les stratégies d'atténuation liés à ces opérations, il y a un risque que les pilotes de l'entreprise n'aient pas une compréhension complète des risques ou ne prennent pas de mesures pour les atténuer.
2. Si les hélicoptères volent à faible hauteur dans des zones où il n'y a pas suffisamment de indices visuels pour déterminer avec précision la hauteur au-dessus du sol, et que de l'équipement supplémentaire n'est pas installé ou utilisé pour aider à déterminer la hauteur de l'hélicoptère, il y a un risque accru qu'une descente inopinée entraîne une collision avec le relief.
3. Si les *Normes de service aérien commercial* n'exigent pas qu'un manuel d'exploitation de la compagnie comprenne des informations opérationnelles et les dangers particuliers liés aux vols dans des environnements à basse altitude et au-dessus de l'eau, il y a un risque que celles-ci ne soient pas prises en compte lorsque les entreprises élaborent des procédures d'exploitation et des stratégies d'atténuation.
4. Si les exploitants aériens ne mettent pas en œuvre des mesures de sécurité visant à gérer les pressions opérationnelles, il y a un risque que les pilotes adoptent, et que la direction de l'entreprise accepte, des pratiques non sécuritaires qui peuvent mener à des incidents ou à des accidents.

5. Si les entreprises utilisent des systèmes de suivi des vols sans en optimiser tous les modes d'exploitation disponibles, il y a un risque que l'activation des services de recherche et sauvetage soit retardée en cas d'accident.
6. Si les occupants d'un aéronef portent des vêtements de flottaison individuels qui ne respectent pas les normes et les exigences du *Règlement de l'aviation canadien* autorisant leur utilisation en aviation, il y a un risque qu'en cas d'écrasement dans l'eau, le vêtement de flottaison individuel entrave ou empêche une évacuation subaquatique sécuritaire.
7. Si Transports Canada n'impose pas des systèmes de gestion de la sécurité à tous les exploitants commerciaux et n'assure pas de surveillance à cet égard, il y a un risque que les systèmes qui sont mis en œuvre volontairement ne soient pas efficaces pour gérer les dangers et les risques liés à l'aviation.

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 vêtement de flottaison individuel a augmenté les chances de survie du pilote en l'aidant à rester à flot pendant ses 40 minutes de nage jusqu'à la rive.
2. Le port d'un casque de vol et de la ceinture sous-abdominale et de la ceinture-baudrier a permis de réduire la gravité des blessures subies par le pilote pendant la séquence d'impact.
3. Pour des raisons indéterminées, après l'impact de l'hélicoptère avec l'eau, l'équipement de flottaison d'urgence ne s'est pas déployé. Le maintien de l'hélicoptère à flot aurait permis au pilote de sortir de l'aéronef à la surface de l'eau et aurait facilité les recherches pour retrouver l'aéronef.
4. Une formation sur l'évacuation subaquatique a permis au pilote d'acquérir les compétences nécessaires pour évacuer en toute sécurité un hélicoptère submergé et renversé.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Synergy Aviation Ltd.

Après l'événement, une enquête et un rapport sur le système de gestion de la sécurité (SGS) ont été achevés. Une série de mesures correctives ont été recensées et l'entreprise continue de surveiller leur mise en œuvre.

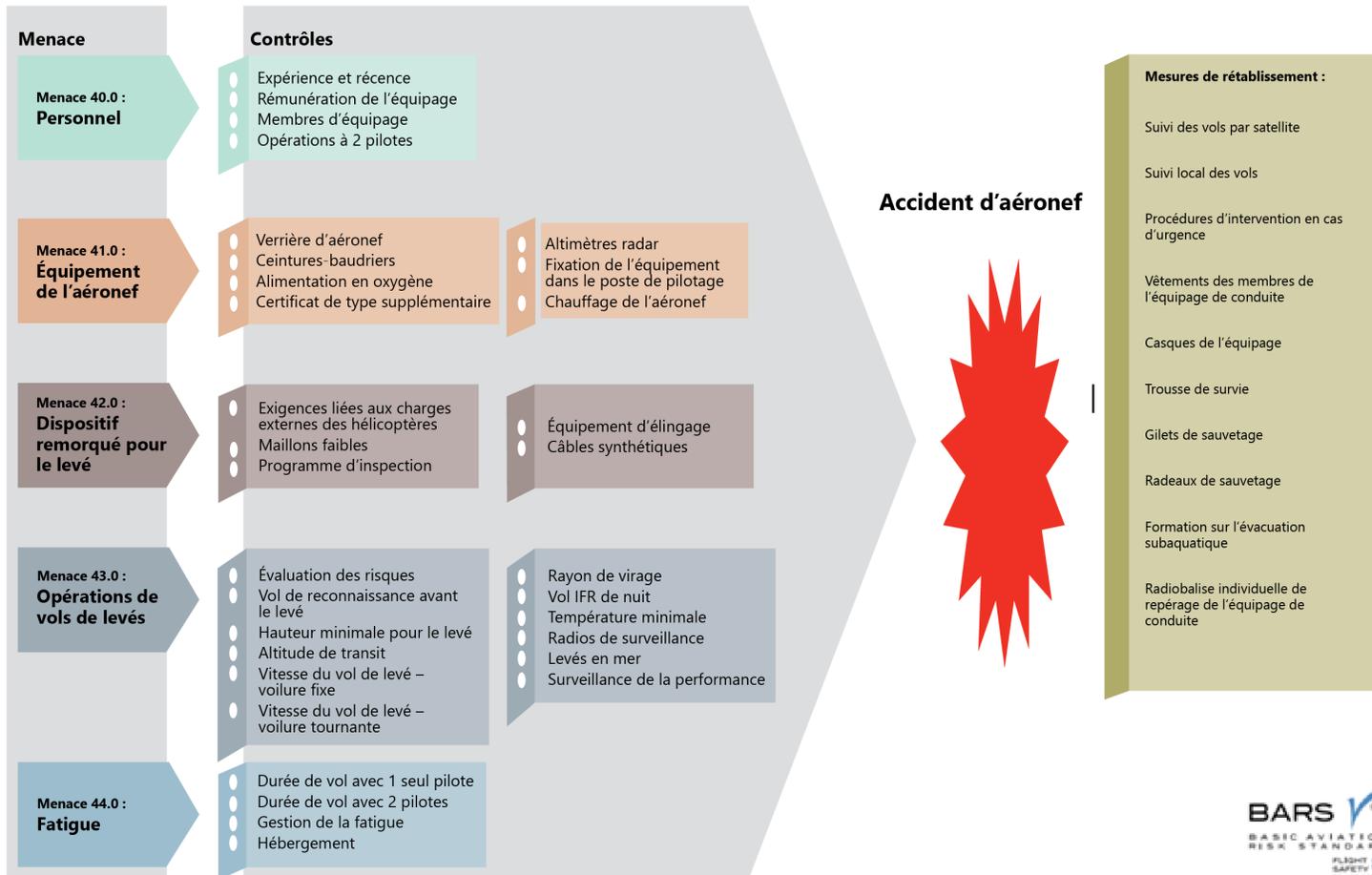
Après l'événement, une modification à la procédure relative aux levés aéromagnétiques s'appliquant au Guimbal (GASP) a été intégrée et comprenait un seul énoncé : « **Tous les vols doivent être effectués à au moins 200 pieds AGL [au-dessus du sol]** » [caractères gras et soulignement dans la version originale].

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 2 août 2023. Le rapport a été officiellement publié le 31 août 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.

ANNEXES

Annexe A – Modèle de risque en nœud de papillon de la norme de base sur les risques pour l'aviation



Source : Flight Safety Foundation, *Basic Aviation Risk Standard - Contracted Aircraft Operations*, version 8 (mai 2020), p. 44 [traduction fournie par le BST].

Annexe B – Opérations de levés géophysiques aéroportés de la norme de base sur les risques pour l’aviation

Le tableau suivant énumère des menaces, des mesures de contrôle, des objectifs de sécurité et des moyens de défense relevés dans le programme des opérations de levés géophysiques aéroportés de la norme de base sur les risques pour l’aviation (BARS).

Menace	Contrôle	Objectif de sécurité	Moyen de défense
Personnel	Expérience et mise à jour des connaissances des membres d’équipage	S’assurer que l’équipage de conduite peut effectuer avec compétence les tâches liées aux opérations de levés en ayant la formation, les qualifications et l’expérience récente appropriées.	Exigences en matière d’expérience requise, d’heures de vol et de formation pour les pilotes.
Personnel	Rémunération de l’équipage de conduite	S’assurer que la sécurité des opérations de levés n’est pas compromise par des pressions inutiles exercées sur l’équipage de conduite.	Pour éliminer les pressions inutiles d’effectuer des vols et d’être susceptible de ne pas respecter les normes minimales, l’équipage de conduite ne doit pas être rémunéré en fonction du nombre d’heures en vol ou de la distance parcourue.
Personnel	Membres d’équipage	S’assurer que la planification de la composition de l’équipage prend en compte la charge de travail élevée des vols de levés et qu’elle est gérée de manière appropriée.	L’effectif minimal doit être constitué d’un pilote et de l’exploitant. Les opérations à 1 seul pilote ne doivent être acceptées qu’après avoir effectué une évaluation des risques qui fournit des mesures d’atténuation acceptables pour tous. Lorsqu’un observateur est transporté en raison des exigences du pays d’exploitation, l’observateur doit être considéré comme faisant partie de l’équipage.
Équipement de l’aéronef	Altimètre radar	Assurer la fourniture de données et d’avertissements fiables sur les altimètres radar afin de favoriser une connaissance claire et fiable de la hauteur au-dessus du relief et de l’eau.	Équiper l’aéronef d’un altimètre radar à double sortie ou de 2 altimètres radar indépendants, munis d’avertissements visuels et sonores de la hauteur, et d’une alerte de hauteur variable qui peut être réglée par l’équipage.
Opérations des vols de levés	Évaluation des risques	S’assurer que tous les risques associés aux opérations géophysiques sont analysés, réduits au minimum et acceptés.	L’exploitant de l’aéronef effectue et consigne une évaluation des risques qui a été examinée par un spécialiste de l’aviation compétent et qui a fait appel à tous les intervenants pertinents, y compris l’équipage de conduite.

Opérations des vols de levés	Hauteurs minimales pour les levés	S'assurer que les levés sont effectués à une hauteur sécuritaire après avoir tenu compte de tous les facteurs, y compris le relief et le type d'aéronef.	La hauteur du levé est définie comme la hauteur au-dessus du niveau de l'obstacle, comme le sommet d'un couvert forestier dans la jungle dans un environnement tropical ou le niveau du sol dans des conditions désertiques. Lorsque la hauteur du levé établie est inférieure à 100 m pour les aéronefs à voilure fixe, à 60 m pour les hélicoptères ou à 50 m pour un objet remorqué, l'approbation doit être fondée sur une évaluation des risques et approuvée par toutes les parties.
Opérations des vols de levés	Vitesse du vol de levé – aéronef à voilure tournante	S'assurer que les vitesses de levé appropriées sont calculées pour les aéronefs à voilure tournante afin de permettre des marges de contrôle sécuritaires.	À l'exception du décollage et des atterrissages, les hélicoptères doivent réduire au minimum les vols à l'intérieur de la courbe d'évitement du diagramme hauteur-vitesse publié ou en dessous de la vitesse de vol avec un seul moteur pour les hélicoptères multimoteurs. Lorsque les opérations dans ce régime de vol sont inévitables en raison du type de levé et d'équipement, effectuer une évaluation des risques, y compris une évaluation du relief.
Opérations des vols de levés	Rayon de virage	Assurer des limites appropriées aux virages des aéronefs pendant les levés.	Limiter les virages à basse altitude à un angle d'inclinaison maximal de 30° et les effectuer à une altitude constante. Si l'aéronef doit monter en raison du relief environnant, il doit monter à la hauteur requise avant d'amorcer le virage. La descente jusqu'à la hauteur du levé ne doit avoir lieu qu'après que les ailes se trouvent à l'horizontale.
Opérations des vols de levés	Surveillance de la performance	Assurer la conformité aux paramètres minimaux du levé.	Les paramètres de performance, y compris la vitesse de l'aéronef, la hauteur au-dessus du relief et la nappe, doivent être examinés périodiquement à l'aide des données recueillies au cours du levé. Inspecter les écarts inférieurs à la vitesse minimale pour le levé et à la hauteur minimale. Prendre des mesures correctives pour mettre un terme aux écarts et maintenir les marges de sécurité minimales. Déterminer la fréquence des examens des paramètres de performance au cours de l'évaluation des risques préalable à l'opération.

Compilation du texte et des renseignements présentés dans la source suivante : Flight Safety Foundation, *Basic Aviation Risk Standard - Contracted Aircraft Operations*, version 8 (mai 2020), p. 45 à 50.