

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A15W0087



COLLISION EN VOL
ENTRE
W.M.K. HOLDINGS LTD. (S/N MCMURRAY AVIATION),
CESSNA 172P, C-GJSE
ET
CESSNA A185E, C-FAXO
FORT MCMURRAY (ALBERTA), 21 NM N.-E.
21 JUIN 2015

Canada

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

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

Rapport d'enquête aéronautique A15W0087

No de cat. TU3-5/15-0087F-PDF
ISBN 978-0-660-06536-6

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.

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

Rapport d'enquête aéronautique A15W0087

Collision en vol

entre

W.M.K. Holdings Ltd. (s/n McMurray Aviation),
Cessna 172P, C-GJSE

et

Cessna A185E, C-FAXO

Fort McMurray (Alberta), 21 nm N.-E.

21 juin 2015

Résumé

L'aéronef Cessna 172P (immatriculé C-GJSE, numéro de série 17274696) de W.M.K. Holdings Ltd. (ci-après appelée McMurray Aviation) effectuait un vol de formation de jour selon les règles de vol à vue dans la zone d'exercice située au nord-est de l'aéroport Fort McMurray (CYMM) (Alberta). Conformément à son plan de vol, un aéronef Cessna A185E sous immatriculation privée muni de flotteurs amphibies (immatriculé C-FAXO, numéro de série 18501737) en provenance du lac Lloyd (Saskatchewan) se dirigeait vers CYMM. À 19 h 17, heure avancée des Rocheuses, à environ 21 milles marins au nord-est de CYMM, les 2 aéronefs sont entrés en collision à 2800 pieds au-dessus du niveau de la mer (1300 pieds au-dessus du sol). Sous l'effet du choc, le flotteur gauche s'est détaché du C-FAXO et le droit s'est déplacé tout en restant fixé. Le pilote, seul occupant à bord du C-FAXO, a été en mesure d'atterrir à CYMM. Le C-FAXO a subi des dommages considérables, mais le pilote n'a pas été blessé. Le C-GJSE s'est disloqué en vol; l'élève et l'instructeur ont été mortellement blessés.

This report is also available in English.

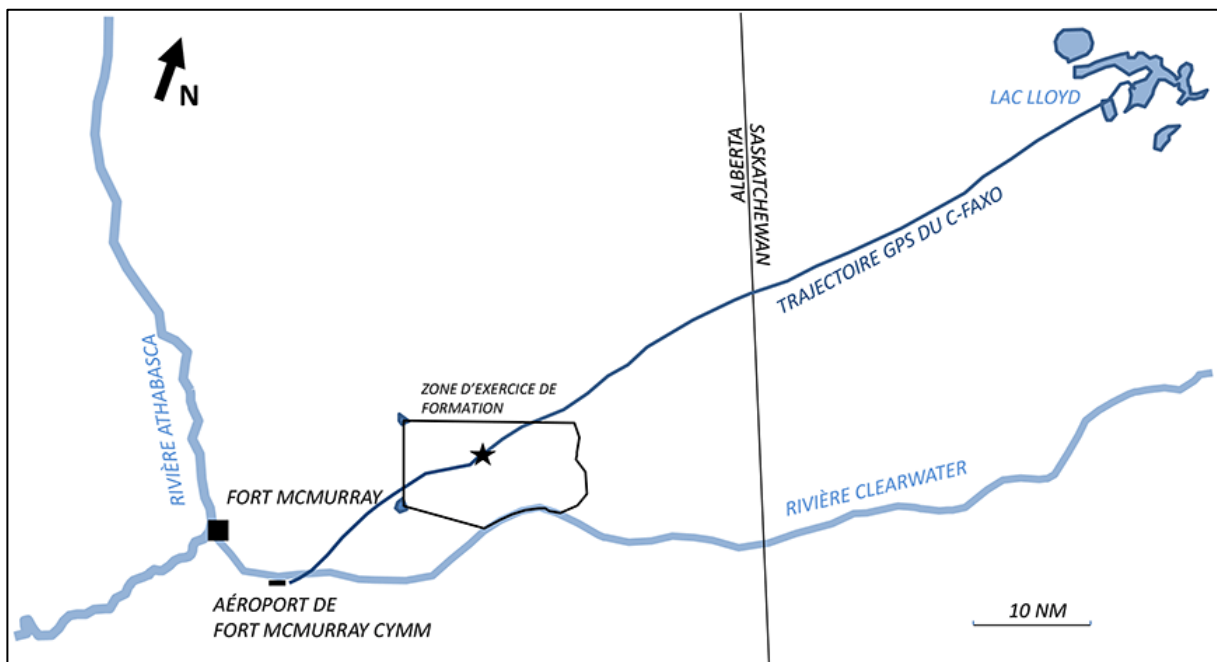
Renseignements de base

Déroulement du vol

En arrivant à l'aéroport le matin du 21 juin 2015, l'instructeur affecté au C-GJSE (GJSE) a appris que son élève avait reporté à 18 h le vol de formation qui était prévu à 8 h¹. Pendant la journée, l'instructeur a effectué 2 autres vols selon les règles de vol à vue (VFR), chacun ayant duré environ 1 heure.

L'élève, initialement prévu pour un vol à 8 h, est arrivé à W.M.K. Holdings Ltd. (ci-après appelée McMurray Aviation) en fin d'après-midi; vers 18 h 41, le GJSE a décollé de CYMM. Le plan de la leçon de vol prévoyait des virages en montée et en descente, l'élève occupant le siège de gauche et le pilote-instructeur celui de droite. Dix minutes après le départ, l'aéronef est entré dans la zone d'exercice par l'angle sud-ouest. Cette zone se situe à 21 milles marins (nm) au nord-est de CYMM, dans un espace aérien non contrôlé (figure 1). Le vol de formation s'est déroulé sans incident pendant les 26 minutes suivantes.

Figure 1. Emplacement de la zone d'exercice au nord-est et trajectoire du C-FAXO du lac Lloyd à CYMM (Remarque : L'étoile marque l'endroit où la collision en vol s'est produite.)



À 18 h 43, le pilote, seul à bord du C-FAXO (FAXO), a décollé du lac Lloyd (Saskatchewan), puis a fait route directement vers CYMM, montant à une altitude de 4400 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). Du lac Lloyd à CYMM, il y a environ 82 nm en route directe.

À 18 h 49 min 11 s, le FAXO est apparu sur le radar à 77 nm au nord-est (45°) de CYMM, franchissant les 3600 pieds asl en montée à une vitesse-sol de 130 nœuds. À 19 h 15 min 21 s,

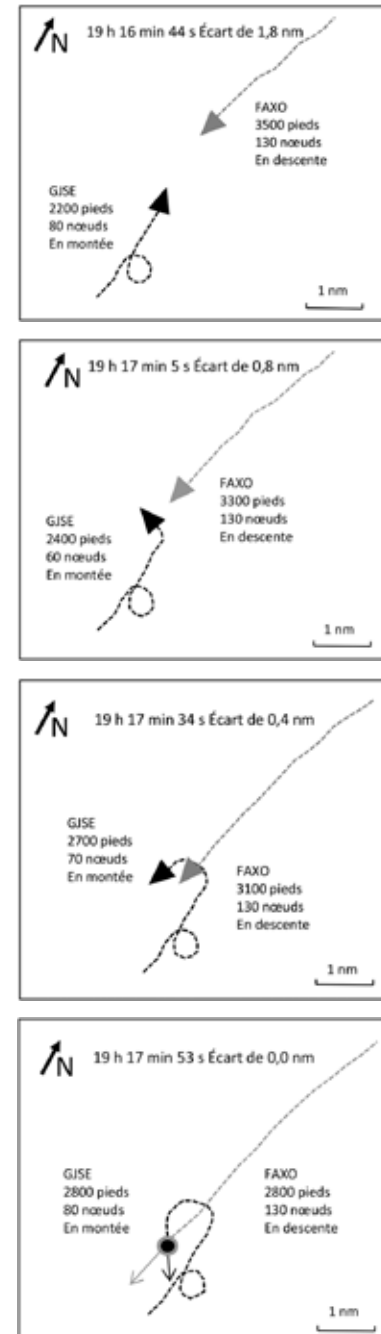
¹ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

le FAXO est entré dans la zone d'exercice par l'angle nord-est, et ce, en descente depuis une altitude de 4000 pieds asl (figure 1).

À 19 h 16 min 44 s, le GJSE se trouvait à 1,8 nm du FAXO, franchissant les 2200 pieds asl en montée à 80 nœuds (figure 2). À 19 h 17 min 5 s, le GJSE a effectué un virage vers la gauche en croisant le FAXO par l'avant à une distance de 0,8 nm. À 19 h 17 min 34 s, le FAXO a établi le contact avec la tour de contrôle de CYMM. Un code de transpondeur lui a été attribué. Au moment de cette communication, en continuant son virage graduel vers la gauche, le GJSE s'est temporairement trouvé sur une trajectoire parallèle à celle du FAXO en direction sud-ouest. La vitesse-sol du FAXO étant supérieure, il dépassait le GJSE. À 19 h 17 min 42 s, le contrôleur à la tour de contrôle de CYMM a informé le pilote du FAXO de la présence d'un Cessna 172 dans la zone. À 19 h 17 min 53 s, les 2 aéronefs sont entrés en collision. Sous la puissance du choc, le GJSE s'est disloqué en vol, et a chuté au sol. Les 2 occupants du GJSE ont subi des blessures mortelles.

Le flotteur gauche du FAXO s'est complètement détaché et le droit, bien que resté fixé, s'est replié contre le fuselage. À 19 h 18 min 34 s, le pilote du FAXO a signalé la collision au contrôleur à la tour de contrôle de CYMM. Le pilote a été en mesure de maintenir la vitesse du FAXO à 80 nœuds, prévoyant d'atterrir sur l'entrepiste herbeuse à CYMM. Le contrôleur de la tour de CYMM a mobilisé le service Sauvetage et lutte contre les incendies d'aéronefs (SLIA), qui était prêt à intervenir lorsque le FAXO est arrivé. L'aéronef a atterri sur l'herbe au nord de la piste 25, à l'extrémité est. Comme il s'est posé sur le ventre, l'hélice a frappé le sol. Le hauban de voile droite a cédé au moment de l'atterrissage, provoquant l'effondrement de l'aile. Le réservoir de carburant s'est rompu sur l'aile gauche, mais aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. Le pilote a mis hors tension tous les commutateurs, sauf le commutateur de la pompe carburant auxiliaire et le commutateur principal de l'avionique. Il a ensuite évacué l'aéronef sans avoir subi aucune blessure, et a été accueilli par le personnel de SLIA. L'équipe SLIA a collaboré avec le personnel de l'aéroport pour maîtriser la fuite de carburant et a sécurisé le site de l'écrasement.

Figure 2. Données radar montrant les positions respectives du FAXO et du GJSE dans la zone d'exercice avant la collision



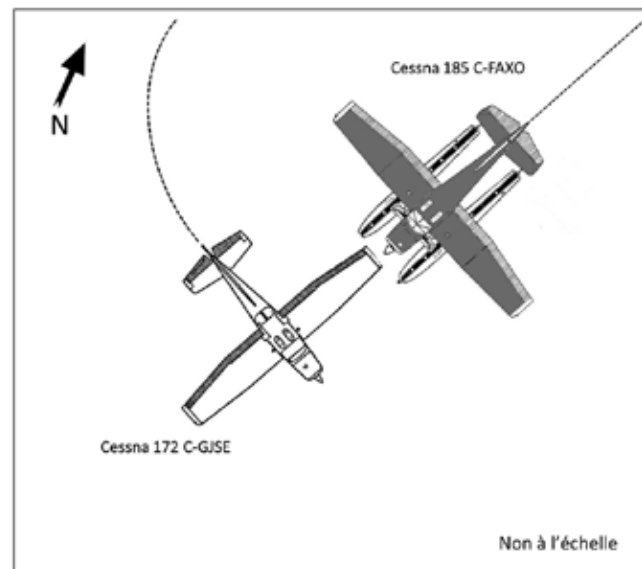
Communications

La radio du FAXO était réglée sur 126,7 mégahertz (MHz) et le pilote a transmis un compte rendu de position en cours de route avant d'entrer dans la zone d'exercice. À environ 30 nm au nord-est de CYMM, après réception de l'information ATIS (service automatique d'information de région terminale) November, le pilote a réglé la radio sur 118,1 MHz, c'est-à-dire la fréquence de la tour de contrôle de CYMM. La radio principale du GJSE a été détruite; la radio secondaire était réglée sur 123,5 MHz, c'est-à-dire la fréquence de trafic aérien de North Oil Sands. La pratique standard applicable à l'aéronef de formation de McMurray Aviation stipulait de surveiller la fréquence 126,7 MHz dans la zone d'exercice nord-est. Aucun enregistrement de surveillance de la fréquence 126,7 MHz n'a pu être obtenu. L'enquête a permis de déterminer qu'aucune communication n'a été établie entre les 2 aéronefs. On ne sait pas si l'instructeur ou l'élève-pilote à bord du GJSE ont entendu le compte rendu de position transmis par le pilote du FAXO.

Enchaînement de la collision à la dislocation de l'aéronef

Les rayures, les dommages causés par le choc et les traces de peinture observés sur l'épave corroborent le fait que les flotteurs du FAXO ont d'abord percuté l'aile gauche du GJSE, causant la rupture de cette dernière, puis la cabine, l'empennage et l'aile droite. Pendant la collision, le prolongement de l'aile gauche abritant un réservoir de carburant en bout d'aile et le flotteur gauche du FAXO se sont détachés; on les a retrouvés dans la zone de débris du GJSE. On n'a constaté aucun autre signe de collision sur le fuselage, l'empennage ou les ailes du FAXO.

Figure 3. Angle de collision entre le C-FAXO et le C-GJSE (Remarque : Le dessin des aéronefs reflète de près leur aspect réel.)



Aéronef

L'examen des dossiers indique que les 2 aéronefs étaient homologués, équipés et entretenus conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Le GJSE, blanc à motifs verts, et le FAXO, blanc à motifs bleus, étaient tous deux à voilure haute et équipés d'un transpondeur fonctionnel en mode C².

² [Traduction] « Un transpondeur est un récepteur-transmetteur automatique qui peut recevoir un signal provenant d'une station radar (autrement dit, être interrogé par cette dernière), puis lui répondre. » T. Eismín, J.L. McKinley et R.D. Bent, *Aircraft Electricity and Electronics*, Aviation technology series, New York: McGraw-Hill, 1989.

Rien n'indique qu'il y ait eu une défaillance de la cellule ou un mauvais fonctionnement d'un système avant ou pendant le vol. Toutes les gouvernes étaient en place, et tous les dommages constatés sur les 2 aéronefs sont imputables à la puissance de l'impact.

L'enquête a permis d'établir qu'aucun des 2 pilotes n'utilisait de dispositifs limitant le champ visuel ou simulant des conditions météorologiques de vol aux instruments.

Le GJSE ayant été extrêmement endommagé, les enquêteurs n'ont pas été en mesure de déterminer si des phares d'atterrissage ont été utilisés pour améliorer la visibilité. Le GJSE n'était pas muni de feux à éclats et la réglementation ne l'exigeait pas. Le GJSE était doté de feux anticollision et de navigation. Selon la liste de vérification du Cessna 172 de McMurray Aviation, il était obligatoire d'allumer le feu anticollision.

Le FAXO était pourvu de feux anticollision et de navigation ainsi que de feux à éclats en bout d'aile. Le pilote avait l'habitude de voler tous feux allumés.

Conditions météorologiques

À 20 h, le bulletin météorologique pour CYMM faisait état des conditions suivantes : vents du 260° vrais (V) à 8 nœuds; visibilité de 9 milles terrestres, couches de nuages fragmentés à 7500 pieds au-dessus du sol (agl), à 9000 pieds agl, et une troisième couche à 12 000 pieds agl; température de 20 °C; point de rosée de 8 °C et calage altimétrique de 29,80 pouces de mercure.

La collision s'est produite environ 3 heures avant le coucher du soleil par ciel couvert et bonne visibilité. Les conditions météorologiques et la position du soleil n'ont donc pas été des facteurs retenus pour cet accident.

Qualifications de l'équipage de conduite

Commandant de bord-instructeur : C-GJSE

L'instructeur était titulaire d'une licence de pilote professionnel valide pour les avions terrestres monomoteurs, délivrée par Transports Canada (TC), et d'une qualification d'instructeur élevée à la classe 3 le 19 février 2015. Sans compter le vol ayant mené à l'accident, il avait à son actif un total de 856,4 heures de vol, dont 626,4 heures comme employé de McMurray Aviation. Son certificat médical était valide au moment de l'accident. L'instructeur devait porter des lunettes ou des lentilles de contact, mais l'enquête n'a pas permis d'établir si c'était le cas au moment de l'accident.

On ne sait pas exactement quand l'instructeur est arrivé au hangar; toutefois, les instructeurs de la compagnie arrivaient, en règle générale, 45 à 60 minutes avant leur premier vol prévu. Au moment du départ prévu à 18 h pour un vol de formation, l'instructeur avait donc environ 11 heures de service à son actif. Au cours des 7 jours précédents, il avait effectué 7,8 heures de formation au pilotage. L'enquête n'a pas permis d'établir la qualité et la quantité de sommeil dont il a pu bénéficier. En fonction de l'horaire de travail, la fatigue n'a pas été un facteur pris en compte.

Élève : C-GJSE

Il s'agissait d'un nouvel élève de McMurray Aviation, qui n'avait reçu que 3 heures de formation au pilotage avant l'accident. Au moment de l'accident, aucune licence d'élève-pilote n'avait été délivrée par TC, et la réglementation ne l'exigeait pas.

Commandant de bord : C-FAXO

Le pilote du FAXO était titulaire d'une licence de pilote privé valide pour les avions terrestres et hydravions monomoteurs. Ayant commencé à piloter en 1998, le pilote totalisait 1700 heures de vol au moment de l'accident. Le 14 juillet 2008, le pilote a obtenu une annotation de qualification pour le pilotage d'hydravions. Au moment de l'accident, le pilote avait à son actif quelque 330 heures de vol à bord du FAXO. Avant le vol ayant mené à l'accident, le pilote avait été aux commandes du FAXO pour la dernière fois le 31 mai 2015. Le pilote respectait les exigences de mise à jour des connaissances de TC³.

Le certificat médical du pilote était valide au moment de l'accident. Il devait porter des lunettes ou des lentilles de contact, et portait effectivement des lunettes au moment de l'accident.

Le pilote du FAXO venait juste de passer 5 jours de congé à domicile. Après avoir décollé de Parkland Airport (CPL6) à 12 h, à bord de son propre Piper PA-28 Arrow, et fait route pendant 1 heure et 15 minutes jusqu'à CYMM, le pilote a pris place à bord du FAXO pour un vol de 55 minutes à destination du lac Lloyd afin de rendre visite à des amis. Comme personne ne se trouvait à la propriété, le pilote a pris la route du retour vers CYMM. Il n'y a pas eu lieu de retenir la fatigue du pilote comme facteur de cet accident.

Espace aérien

La collision s'est produite à 2800 pieds asl, en un espace aérien non contrôlé de classe G qui se trouve sous un prolongement de la région de contrôle de classe E établie à 3500 pieds asl. Une région de contrôle terminal de classe E (espace aérien contrôlé) entoure CYMM à partir de 700 pieds agl jusqu'à 12 500 pieds asl (figure 4). Le *Manuel d'information aéronautique* (AIM) stipule ce qui suit :

Espace aérien désigné lorsqu'il est nécessaire pour des raisons d'exploitation d'établir un espace aérien contrôlé, mais qui ne satisfait pas aux exigences de l'espace aérien de classe A, B, C ou D.

Les vols peuvent s'effectuer en IFR ou VFR. L'ATC [contrôle de la circulation aérienne] n'assure l'espacement que des aéronefs en IFR seulement. Le vol VFR n'est assujéti à aucune disposition particulière.

Les aéronefs doivent être munis d'un transpondeur et de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression pour pouvoir utiliser l'espace aérien de classe E qui est désigné espace aérien d'utilisation de transpondeur. [voir RAC 1.9.2]

³ Transports Canada, *Règlement de l'aviation canadien*, DORS/96-433, article 401.05.

Les voies aériennes inférieures, les prolongements de région de contrôle, les régions de transition ou les zones de contrôle établis aux endroits où il n'existe pas de tour de contrôle en service peuvent être désignés espace aérien de classe E⁴.

L'AIM stipule également ce qui suit :

Cet espace aérien [espace aérien de classe G] correspond à l'espace aérien qui n'a pas été désigné de classe A, B, C, D, E ou F et à l'intérieur duquel l'ATC n'a pas l'autorité ni la responsabilité de contrôler la circulation aérienne.

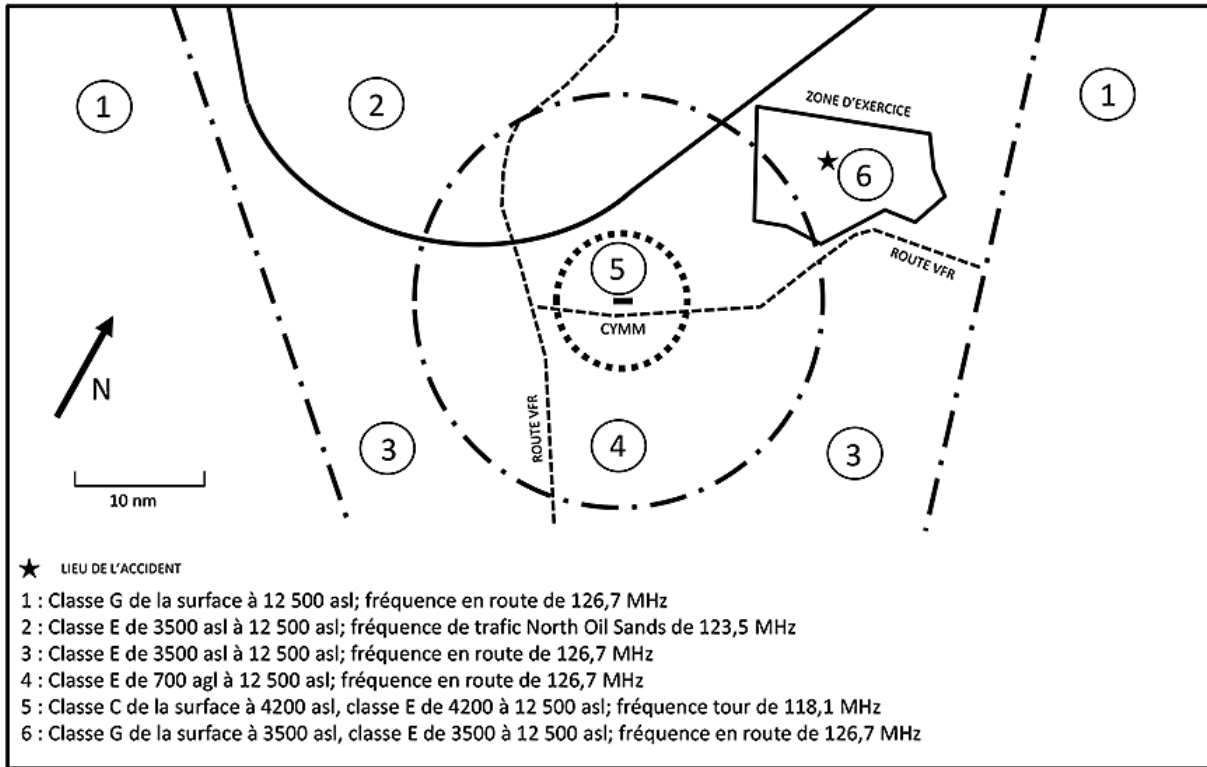
Les unités ATC y fournissent toutefois des services d'information de vol et d'alerte. Le service d'alerte informe automatiquement les autorités SAR dès qu'un aéronef est en retard en se fondant généralement sur les renseignements qui figurent dans le plan ou l'itinéraire de vol.

En réalité, l'ensemble de l'espace aérien intérieur non contrôlé forme l'espace aérien de classe G⁵.

⁴ Transports Canada, TP 14371F, *Manuel d'information aéronautique*, RAC 2.8.5.

⁵ *Ibid.*, RAC 2.8.7.

Figure 4. Carte illustrant la classification de l'espace aérien, les gammes d'altitudes et les fréquences radio autour de CYMM (Remarque : L'étoile marque le lieu approximatif de la collision en vol.)



Zone d'exercice

La zone d'exercice située au nord-est de CYMM n'est pas une zone de service consultatif désignée. Avant 2006, l'unité de formation au pilotage (UFP) de McMurray Aviation entraînait ses élèves et instructeurs à l'ouest de CYMM. Or, cette zone d'exercice se trouvait au milieu d'un corridor très fréquenté situé entre Edmonton et les aéroports installés dans les divers sites d'exploitation de sables bitumineux. Des discussions entre l'UFP et la station d'information de vol de NAV CANADA fin 2009 ont débouché sur le déplacement de la zone d'exercice de l'UFP à sa position actuelle, au nord-est de CYMM. Cette zone était bien connue des pilotes qui travaillaient régulièrement au départ de CYMM, y compris du pilote du FAXO, qui y a fait sa formation au pilotage.

Le *Manuel des Espaces Aériens Désignés (MEA)* qualifie une zone de service consultatif comme suit : « Espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel d'importantes activités de formation au pilotage ou des activités aériennes inhabituelles peuvent se dérouler⁶ ».

Si d'importantes activités de formation au pilotage ou des activités aériennes inhabituelles sont prévues dans une zone, cette dernière peut être établie comme zone de service consultatif, soit de manière permanente, soit par NOTAM (Avis aux navigants). Un espace aérien de classe F qui est désigné comme espace aérien à service consultatif (CYA) dévolu à

⁶ NAV CANADA, *Manuel des Espaces Aériens Désignés*, numéro 252, en vigueur 15 octobre 2015.

un usage spécifique se caractérise par des dimensions définies et peut faire l'objet de restrictions d'horaires, d'altitudes, de fréquences et d'accès. Les espaces CYA sont affichés sur toutes les cartes publiées, sont connus de l'ATC et peuvent apparaître sur les affichages radar des contrôleurs.

La zone d'exercice de formation au pilotage n'était pas représentée sur la carte aéronautique de navigation VFR ou sur la carte de procédures terminales VFR (VTPC) dans la partie B du *Supplément de vol – Canada*, mais l'était sur la VTPC de Fort Mackay, bien que non désignée comme zone de service consultatif.

La VTPC indique aussi les routes VFR. Bien qu'elles ne soient pas requises par le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), ces routes assurent la sécurité, l'ordre et la rapidité du flux de la circulation à destination et en provenance de l'aéroport.

Exploitation de la tour de contrôle de l'aéroport de Fort McMurray

La tour de contrôle de CYMM est en service de 6 h 15 à 22 h 45. La zone de contrôle de classe C, centrée sur l'aéroport CYMM, a un rayon de 5 nm, conformément aux normes de l'Organisation de l'aviation civile internationale, et on y assure un service radar. À l'intérieur de la zone de contrôle, des alertes à la sécurité peuvent être émises à l'intention des aéronefs pilotés en mode VFR, et ce, en fonction de la charge de travail et du temps disponible.

L'accident s'est produit dans l'espace aérien non contrôlé de classe G. Bien que le radar de NAV CANADA ait eu la capacité de détecter au-delà de la zone d'exercice de formation au pilotage et que l'aéronef ait ainsi été repérable par le contrôleur, ce dernier n'avait pour seule obligation/responsabilité que d'assurer le service radar dans la zone de contrôle de 5 nm de l'aéroport CYMM. Les services fournis par le contrôleur à la tour aux aéronefs VFR circulant hors de la zone de contrôle sont de nature informative uniquement et tributaires de sa charge de travail. Au moment de l'événement, le contrôleur de service cumulait les postes de contrôle sol et tour. Au cours des 13 minutes antérieures à la collision, il a répondu à 7 appels sur la fréquence sol et à 12 appels sur la fréquence tour. Par conséquent, le contrôleur visait principalement la maîtrise des aéronefs dans la zone de contrôle. Il y avait un deuxième contrôleur de service, qui n'était pas dans la cabine de la tour au moment de l'événement. Le Manuel d'exploitation de l'unité de Fort McMurray autorise le cumul des postes de contrôle air et sol pendant les périodes de repas et de relève. Après la collision, le second contrôleur a été appelé à la cabine de la tour pour porter assistance.

Le contrôleur de service était titulaire d'une licence et détenait un certificat médical valide. Au cours des 7 jours précédents, le contrôleur a été en congé pendant 1 journée, et ce, 5 jours avant l'accident. Au cours des 4 jours ayant précédé l'accident, tous les quarts ont commencé en début d'après-midi. La fatigue du contrôleur n'a pas été un facteur retenu pour l'accident à l'étude.

McMurray Aviation

McMurray Aviation, dont le début d'activité remonte à 1984, détient un certificat d'exploitation d'unité de formation au pilotage (UFP) conforme à la sous-partie 406 du RAC,

délivré par TC, ainsi que des certificats d'exploitant aérien commercial relevant des sous-parties 702 et 703 du RAC. McMurray Aviation exploite une flotte de 12 aéronefs assurant des services d'affrètement aérien, de transport de fret et de formation au pilotage. Le Cessna 172 est le principal aéronef de formation.

Limites du principe voir et éviter

Le principe voir et éviter est fondé sur la surveillance visuelle active, la capacité de repérer des aéronefs en conflit et la prise de mesures appropriées pour les éviter. Les rapports d'enquête aéronautique A12H0001 et A12C0053 du Bureau de la sécurité des transports (BST) ont traité des limites du principe voir et éviter pour la prévention des collisions en vol d'aéronefs en mode VFR, limites antérieurement relevées par l'étude datant de 1991 publiée par l'Australian Transport Safety Bureau (ATSB)⁷.

L'étude de l'ATSB présentait le résumé ci-après, qui est conforme aux limites physiologiques connues de la vision humaine [traduction] :

La charge de travail dans le poste de pilotage et d'autres facteurs réduisent le temps que les pilotes passent à surveiller la circulation aérienne. Toutefois, même quand les pilotes surveillent la circulation aérienne, rien ne garantit qu'ils apercevront les autres aéronefs. Le pare-brise de la plupart des postes de pilotage limite de façon importante le champ visuel du pilote. Le champ visuel est souvent réduit par des obstructions, telles que les montants des fenêtres, qui bloquent complètement certaines parties du champ visuel ou ne permettent d'en voir certaines parties que d'un seul œil. Les montants des fenêtres, de même que les rayures et la saleté sur le pare-brise, peuvent créer des « pièges focaux » et amener les pilotes à réduire involontairement la distance de leur champ visuel lorsqu'ils surveillent la circulation aérienne. L'éblouissement direct du soleil et le reflet voilant du pare-brise peuvent effectivement obstruer certaines parties du champ visuel.

Pour assurer la surveillance visuelle, il faut déplacer le regard afin d'amener successivement des parties du champ visuel dans la zone réduite du centre de l'œil où la vision est nette. Cet exercice n'est souvent pas effectué systématiquement, et de grandes parties du champ visuel sont ignorées. Une surveillance visuelle complète et systématique n'est toutefois pas la solution, car dans la plupart des cas, il faudrait y consacrer trop de temps.

En raison des limites physiologiques de l'œil humain, même une surveillance visuelle des plus consciencieuses ne permettra pas toujours de repérer d'autres aéronefs. Une partie importante du champ visuel peut être obstruée par la tache aveugle de l'œil; les yeux peuvent focaliser à une distance inappropriée en raison des facteurs d'obstruction décrits précédemment ou de la myopie de l'espace vide, phénomène selon lequel les yeux, en l'absence d'indices visuels, focalisent à une distance fixe d'environ 0,5 mètre. Il est peu

⁷ Australian Transport Safety Bureau, *Limitations of the See-and-Avoid Principle* (1991), disponible à https://www.atsb.gov.au/publications/1991/limit_see_avoid.aspx (dernière consultation le 8 septembre 2016).

probable qu'un objet dont la taille est sous le seuil d'acuité visuelle soit repéré, et encore moins probable qu'il soit reconnu comme un aéronef qui s'approche.

Le champ visuel fonctionnel du pilote se rétrécit dans des situations de stress ou de charge de travail accrue. La vision tubulaire qui en résulte réduit la probabilité de repérer un aéronef qui s'approche dans le champ visuel périphérique. L'œil humain détecte mieux les cibles mobiles que les cibles stationnaires; toutefois, dans la plupart des cas, un aéronef sur une trajectoire de collision se présente comme une cible stationnaire dans le champ visuel du pilote. Le contraste entre un aéronef et l'arrière-plan peut être réduit de façon importante par des facteurs atmosphériques, même dans des conditions de bonne visibilité.

Souvent, un aéronef qui approche occupera un très petit angle visuel jusqu'à ce qu'il soit tout près d'entrer en collision. De plus, les arrière-plans complexes, tels que le paysage terrestre ou les nuages, créent une « interaction de contour », effet visuel qui réduit la capacité de reconnaître facilement un aéronef. Cela se produit lorsque les contours de l'arrière-plan se confondent avec la forme de l'aéronef pour produire une image moins nette.

Même lorsqu'un aéronef qui approche est repéré, rien ne garantit qu'une manœuvre d'évitement réussira. Reconnaître une menace de collision et réagir prennent beaucoup de temps, et une manœuvre d'évitement inappropriée peut accroître les risques de collision au lieu de les réduire⁸.

Pendant les vols de formation, des distractions supplémentaires contribuent aux limites du principe voir et éviter. Selon le *Guide de l'instructeur de vol*⁹ de TC, les instructeurs doivent être conscients du fait que les fonctions d'enseignement peuvent nuire à l'efficacité de la surveillance de la circulation.

Systèmes anticollision embarqués

Ni l'un ni l'autre des aéronefs n'était équipé d'un quelconque système anticollision embarqué, et la réglementation n'exigeait pas qu'ils le soient. Le BST a publié une préoccupation liée à la sécurité dans son rapport d'enquête aéronautique A12H0001, traitant de la nécessité de faire évoluer le principe voir et éviter au moyen de technologies anticollision. On peut y lire notamment ce qui suit :

Cet accident a démontré encore une fois que de se fier uniquement à sa capacité de voir et d'éviter ne suffit pas pour prévenir les collisions entre aéronefs volant en mode VFR dans un espace aérien à forte densité de circulation.

Plusieurs études internationales ont traité en détail de l'efficacité du principe voir et éviter et du risque inhérent de collision. Toutes ces études reconnaissent les limites physiologiques en jeu et concluent que lorsque des collisions en vol surviennent, l'incapacité de voir et d'éviter est presque

⁸ *Ibid.*

⁹ Transports Canada, TP 975F, *Guide de l'instructeur de vol* (2004).

toujours attribuable au fait de ne pas avoir été en mesure de voir¹⁰. Selon une étude, les données suggèrent que le taux relativement bas (mais inacceptable) des collisions en vol des aéronefs de l'aviation générale non équipés d'un système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS) est attribuable autant à l'immensité de l'espace aérien qu'à l'efficacité de la surveillance visuelle¹¹. Une étude de la British Royal Air Force sur les collisions en vol, jugées aléatoires, a révélé que la probabilité d'un conflit est proportionnelle au carré de la densité de la circulation et recommande d'éviter les restrictions d'altitude qui ont comme effet de concentrer la circulation¹². Des mesures comme l'amélioration de la visibilité des aéronefs, des techniques de surveillance visuelle pour les pilotes et de l'information sur la circulation destinée aux pilotes peuvent réduire les risques, mais elles ne compensent pas les limites physiologiques sous-jacentes à l'origine du risque résiduel découlant du principe voir et éviter non appuyé d'alertes.

Avec l'augmentation de la circulation de vols en mode VFR, d'autres mesures de protection doivent être envisagées afin de réduire le risque de collision en vol. Elles pourraient comprendre ce qui suit : changements apportés à la classification des espaces aériens, intervention accrue des services de contrôle de la circulation aérienne (ATC), et dotation de technologies au sol et à bord des aéronefs.

Des changements à la classification des espaces aériens peuvent être apportés afin d'accroître la dotation en services dédiés de l'ATC, y compris l'émission d'avis d'espacement et de circulation aux avions volant en mode VFR dans les espaces aériens très fréquentés. Dans ces cas, la sectorisation des services de l'ATC et la charge de travail des contrôleurs doivent être examinées afin de veiller à ce que les contrôleurs disposent des ressources appropriées pour gérer la circulation aérienne dont ils ont la responsabilité. [...]

Pour améliorer significativement la capacité de voir et d'éviter les autres aéronefs volant en mode VFR, il faudrait peut-être doter les appareils de systèmes capables d'alerter directement les pilotes de la proximité de trafic en conflit. Comme le souligne le présent rapport, plusieurs systèmes d'alerte de bord viables et économiques sont disponibles ou sont en cours d'élaboration.

-
- ¹⁰ W. Graham, « See and Avoid/Cockpit Visibility », FAA Report, DOT/FAA/CT-TN89/18 (octobre 1989), cité dans Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A12H0001 : Collision en vol, entre un Beechcraft V35B, N6658R et un Piper PA-28-140, N23SC à 6 nm au sud de Warrenton (Virginie) (28 mai 2012).
- ¹¹ K.W. Colvin, R.M. Dodhia et R.K. Dismukes, « Is Pilots' Visual Scanning Adequate to Avoid Mid-air Collisions? », Proceedings of the 13th International Symposium on Aviation Psychology, Oklahoma City, p. 104-109 (2005), cité dans Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A12H0001 : Collision en vol, entre un Beechcraft V35B, N6658R et un Piper PA-28-140, N23SC à 6 nm au sud de Warrenton (Virginie)(28 mai 2012).
- ¹² J.W. Chappelow et A.J. Belyavin, « Random Mid-Air Collisions in the Low Flying System », Royal Air Force Institute of Aviation Medicine Report 702 (avril 1991), cité dans Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A12H0001 : Collision en vol, entre un Beechcraft V35B, N6658R et un Piper PA-28-140, N23SC à 6 nm au sud de Warrenton (Virginie) (28 mai 2012).

Ces technologies pourraient également réduire les risques de collision en vol¹³.

¹³ Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A12H0001 : Collision en vol, entre un Beechcraft V35B, N6658R et un Piper PA-28-140, N23SC à 6 nm au sud de Warrenton (Virginie) (28 mai 2012).

Analyse

Les nuages, la visibilité, la position du soleil et l'état de fonctionnement des aéronefs n'ont pas contribué à l'événement. L'analyse portera donc sur les limites de la vision humaine, la conscience du risque présenté par la zone d'exercice, les communications et les systèmes anticollision.

Limites du principe voir et éviter

Le rapport publié par l'Australian Transport Safety Bureau (ATSB) sur les limites du principe voir et éviter détaille les diverses limites de la vision humaine. Les paragraphes suivants traitent de la manière dont ces limites ont probablement contribué à cet accident.

Pendant le vol lié à l'événement, l'instructeur, qui occupait le siège de droite, aurait pu apercevoir l'autre aéronef en 3 occasions. La première à 19 h 16 min 44 s, lorsque le C-GJSE (GJSE) faisait route vers le nord-est à cap inverse de celui du C-FAXO (FAXO), décalé de 0,5 mille marin (nm) vers la droite. À ce moment, le FAXO se trouvait à plus de 1,8 nm de distance, sous un couvert nuageux. Comme le GJSE se trouvait à une altitude inférieure, il aurait fallu que l'instructeur lève les yeux pour voir le FAXO. Le FAXO, à dominante blanche contre un ciel couvert blanc et gris aurait été difficile à distinguer en raison de l'interaction de contour. De plus, à cet angle de rapprochement, le FAXO serait apparu comme un objet relativement stationnaire et extrêmement petit à travers le pare-brise du GJSE. La détection du FAXO n'en aurait été que plus difficile pour l'instructeur, à moins d'exercer une surveillance visuelle active de la circulation.

La deuxième à 19 h 17 min 5 s, lorsque le GJSE a exécuté un virage vers la gauche en croisant la trajectoire du FAXO. Comme l'instructeur n'avait probablement aucune idée de la présence d'un autre aéronef dans les environs, son attention était sans doute orientée dans la direction du virage et non à 90 degrés vers la droite.

La troisième à 19 h 17 min 34 s, alors que le GJSE faisait cap au sud-ouest sur une trajectoire parallèle à celle du FAXO, décalé de 0,37 nm vers la droite et 200 pieds plus bas. Le FAXO dépassait le GJSE par l'arrière en raison de la différence de vitesse de 60 nœuds. Étant donné que le GJSE est un aéronef à voilure haute, son aile gauche a sans doute empêché l'instructeur de voir l'aéronef qui approchait. Cette obstruction visuelle s'est probablement maintenue pendant le virage en montée vers la gauche croisant la trajectoire du FAXO jusqu'à la collision à 19 h 17 min 53 s.

Le rapport de l'ATSB intitulé *Limitations of the See-and-Avoid Principle* a relevé que [traduction] :

Le champ visuel fonctionnel du pilote se rétrécit dans des situations de stress ou de charge de travail accrue. La vision tubulaire qui en résulte réduit la probabilité de repérer un aéronef qui s'approche dans le champ visuel périphérique.

Bien que les 2 aéronefs aient été très proches pendant quelques secondes, il était peu probable que l'instructeur soit en mesure de repérer la circulation en vision périphérique, et ce, parce que sa charge de travail était augmentée par ses fonctions d'enseignement.

Les difficultés ont été similaires pour le pilote du FAXO. Avant que le contrôleur à la tour ne l'en avertisse, il n'avait pas conscience d'avoir à surveiller un aéronef particulier. Lorsque le FAXO se trouvait à 1,8 nm à cap inverse du GJSE et à une altitude plus élevée, le GJSE serait apparu comme un objet extrêmement petit à travers le pare-brise. De plus, dans les minutes qui ont précédé l'accident, le pilote du FAXO entrait dans une période de charge de travail accrue à l'approche de l'aéroport de Fort McMurray (CYMM) (Alberta). Il avait obtenu l'information ATIS (service automatique d'information de région terminale), commencé à communiquer avec le contrôleur de la tour de CYMM et réglé le code du transpondeur. Tout cela a pu nuire à l'efficacité de sa vision périphérique.

Pour résumer, ni l'un ni l'autre des pilotes n'a vu l'autre aéronef à temps pour éviter une collision en vol, et ce, en raison des limites inhérentes au principe voir et éviter.

Conscience du risque présenté par la zone d'exercice

Bien que la zone d'exercice de formation au pilotage n'ait pas été représentée sur la carte de procédures terminales règles de vol à vue (VFR) (VTPC) pour CYMM dans le *Supplément de vol – Canada* (CFS) ou sur la carte aéronautique de navigation VFR, les 2 pilotes connaissaient parfaitement son emplacement. L'instructeur à bord du GJSE avait passé plus de 600 heures dans cette zone à former des élèves au cours des 12 mois précédents. Le pilote du FAXO s'était entraîné à CYMM et effectuait régulièrement des vols dans la région. Le choix de suivre une route GPS directe jusqu'à CYMM au lieu de la route VFR indiquée par la VTPC a mené le FAXO à traverser la zone d'exercice de formation au pilotage. Si les pilotes ne suivent pas les routes VFR privilégiées indiquées par le CFS ou la VTPC, ils peuvent entrer dans des espaces aériens présentant un risque accru de collision.

Communications et compte rendu de position

Comme la zone d'exercice de formation au pilotage se trouve dans un espace aérien de classe G, la fréquence appropriée pour rendre compte d'une position VFR est 126,7 MHz.

La radio principale à bord du GJSE a été gravement endommagée, et l'enquête n'a pas permis d'établir sur quelle fréquence elle était réglée au moment de la collision. L'enquête a permis d'établir que la radio secondaire à bord du GJSE était réglée sur 123,5 MHz, qui est la fréquence de North Oil Sands. La procédure de McMurray Aviation était de surveiller la fréquence 126,7 MHz dans la zone d'exercice. Aussi, bien que la radio principale du GJSE ait été détruite, elle était probablement réglée sur 126,7 MHz.

Avant de prendre contact avec la tour de CYMM, le pilote du FAXO surveillait la fréquence 126,7 MHz. Toutefois, aucune communication n'a été établie entre le FAXO et le GJSE. Si les pilotes ne s'emploient pas activement à fournir des avis de circulation ou à rester à l'écoute de ceux qui sont transmis, il y a un risque accru de collision dans un espace aérien non contrôlé.

Systèmes anticollision embarqués

Ni l'un ni l'autre des aéronefs n'était équipé d'un quelconque système anticollision embarqué (ACAS) et la réglementation ne l'exigeait pas. Comme constaté plus haut, plusieurs systèmes d'alerte de bord viables et économiques sont disponibles ou sont en cours d'élaboration. Mises en œuvre, ces technologies pourraient considérablement réduire les risques de collision en vol. Si les aéronefs pilotés en mode VFR ne sont pas équipés d'un système ACAS, il est fort probable que des accidents continueront de se produire en raison des limites inhérentes à la technique anticollision fondée sur le principe voir et éviter.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Ni l'un ni l'autre des pilotes n'a vu l'autre aéronef à temps pour éviter une collision en vol, et ce, en raison des limites inhérentes au principe voir et éviter.

Faits établis quant aux risques

1. Si les pilotes ne suivent pas les routes privilégiées pour les règles de vol à vue (VFR) indiquées par le *Supplément de vol – Canada* ou la carte de procédures terminales VFR, ils peuvent entrer dans des espaces aériens présentant un risque accru de collision.
2. Si les pilotes ne s'emploient pas activement à fournir des avis de circulation ou à rester à l'écoute de ceux qui sont transmis, il y a un risque accru de collision dans un espace aérien non contrôlé.
3. Si les aéronefs pilotés selon les règles de vol à vue ne sont pas équipés d'un système anticollision embarqué, il est fort probable que des accidents continueront de se produire en raison des limites inhérentes à la technique anticollision fondée sur le principe voir et éviter.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

NAV CANADA

Dans le *Supplément de vol – Canada* modifié du 15 octobre 2015, la zone d'exercice de formation au pilotage est représentée sur la carte de procédures terminales selon les règles de vol à vue de Fort McMurray.

En mars 2016, la 17^e édition de la carte de navigation selon les règles de vol à vue Lake Athabasca comprend un symbole de formation au pilotage désignant la zone située au nord-est de Fort McMurray.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 13 octobre 2016. Le rapport a été officiellement publié le 20 octobre 2016.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.