



RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A13P0127



COLLISION EN VOL

CESSNA 150F, C-FSQQ

ET

STEMME S10-VT, C-FHAB

PEMBERTON (COLOMBIE-BRITANNIQUE), 3 NM OUEST

LE 29 JUIN 2013

Canada

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 A13P0127

Collision en vol

Cessna 150F, C-FSQQ

et

Stemme S10-VT, C-FHAB

Pemberton (Colombie-Britannique), 3 nm ouest

Le 29 juin 2013

Résumé

L'aéronef Cessna 150F sous immatriculation privée (immatriculé C-FSQQ, numéro de série 15061702) décolle de Lillooet (Colombie-Britannique) à destination de Nanaimo (Colombie-Britannique), avec le pilote, 1 passager et 1 chien à son bord. Un motoplaneur Stemme S10-VT sous immatriculation privée (immatriculé C-FHAB, numéro de série 11-016), avec le pilote et 1 passager à son bord, est en rapprochement de Pemberton (Colombie-Britannique) après une excursion aérienne dans la région. Les 2 aéronefs sont exploités conformément aux règles de vol à vue. Vers 12 h 18, heure avancée du Pacifique, les 2 aéronefs entrent en collision à environ 3 milles marins (nm) à l'ouest de Pemberton et heurtent le sol dans le terrain de camping du parc provincial Nairn Falls. Il y a 2 principaux lieux d'accident à environ 0,3 nm l'un de l'autre. Les 2 aéronefs sont détruits et il n'y a aucun survivant. Un violent incendie se déclare après impact, et cet incendie détruit le poste de pilotage et le compartiment moteur du planeur. Dans le compartiment moteur de Cessna, un petit incendie se déclare après impact, mais celui-ci s'éteint de lui-même. Aucun signal de radiobalise de repérage d'urgence n'est détecté au moment de l'accident.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement des vols

Après un ravitaillement en carburant à 11 h 17¹, le Cessna 150F sous immatriculation privée (immatriculé C-FSQQ, numéro de série 15061702) a décollé de Lillooet (Colombie-Britannique) à destination de Nanaimo (Colombie-Britannique). Un plan de vol selon les règles de vol à vue (VFR) a été déposé, et l'aéronef devait suivre l'itinéraire VFR privilégié le long de la route 99 dans les montagnes jusqu'à Nanaimo. Aucune altitude de croisière n'était prévue dans le plan de vol. Il n'y a pas eu de communications avec les services de la circulation aérienne (ATS). De telles communications ne sont par requises dans l'espace aérien non contrôlé de classe G dans lequel les vols étaient exploités. Le Cessna a été observé à partir du sol suivant un cap d'environ 200° magnétique (M) juste avant la collision.

Le motoplaneur Stemme S10-VT sous immatriculation privée (immatriculé C-FHAB, numéro de série 11-016) effectuait une excursion aérienne VFR dans la région. Il n'y a eu aucun contact avec les ATS. L'hélice du motoplaneur a été trouvée en position rentrée, indiquant que l'aéronef était exploité comme un planeur au moment de l'accident. L'appareil a été observé suivant un cap d'environ 040 °M juste avant la collision.

Ni l'un ni l'autre des aéronefs n'était visible à l'écran radar des ATS; il est estimé que les aéronefs étaient à 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), soit une altitude inférieure à la cime des montagnes dans la région.

Des dispositifs GPS (système de positionnement mondial) portatifs ont été récupérés des 2 aéronefs. Ni l'un ni l'autre n'était sous tension le jour de l'accident, et ils ne contenaient pas de données sur la trajectoire ou l'altitude.

Pilotes

Le pilote du Cessna était titulaire d'une licence de pilote privé (avion), valide pour les aéronefs terrestres monomoteurs, et d'un certificat médical valide de catégorie 3, qui exigeait que le pilote porte des verres correcteurs pour piloter un avion. Le pilote avait cumulé 127 heures de vol au total aux commandes d'aéronefs de type Cessna 150 et 172. La licence a été émise 9 mois avant l'accident. Les dossiers indiquent que ce pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Le pilote du planeur était titulaire d'une licence de pilote privé (avion), valide pour les aéronefs terrestres monomoteurs, d'une licence de pilote de planeur et d'un certificat médical valide de catégorie 3, qui exigeait que le pilote porte des verres correcteurs pour piloter. Le pilote avait cumulé plus de 2500 heures de vol au total aux commandes de planeurs, et plus de 780 heures de vol au total aux commandes d'aéronefs monomoteurs. Les dossiers indiquent que le pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

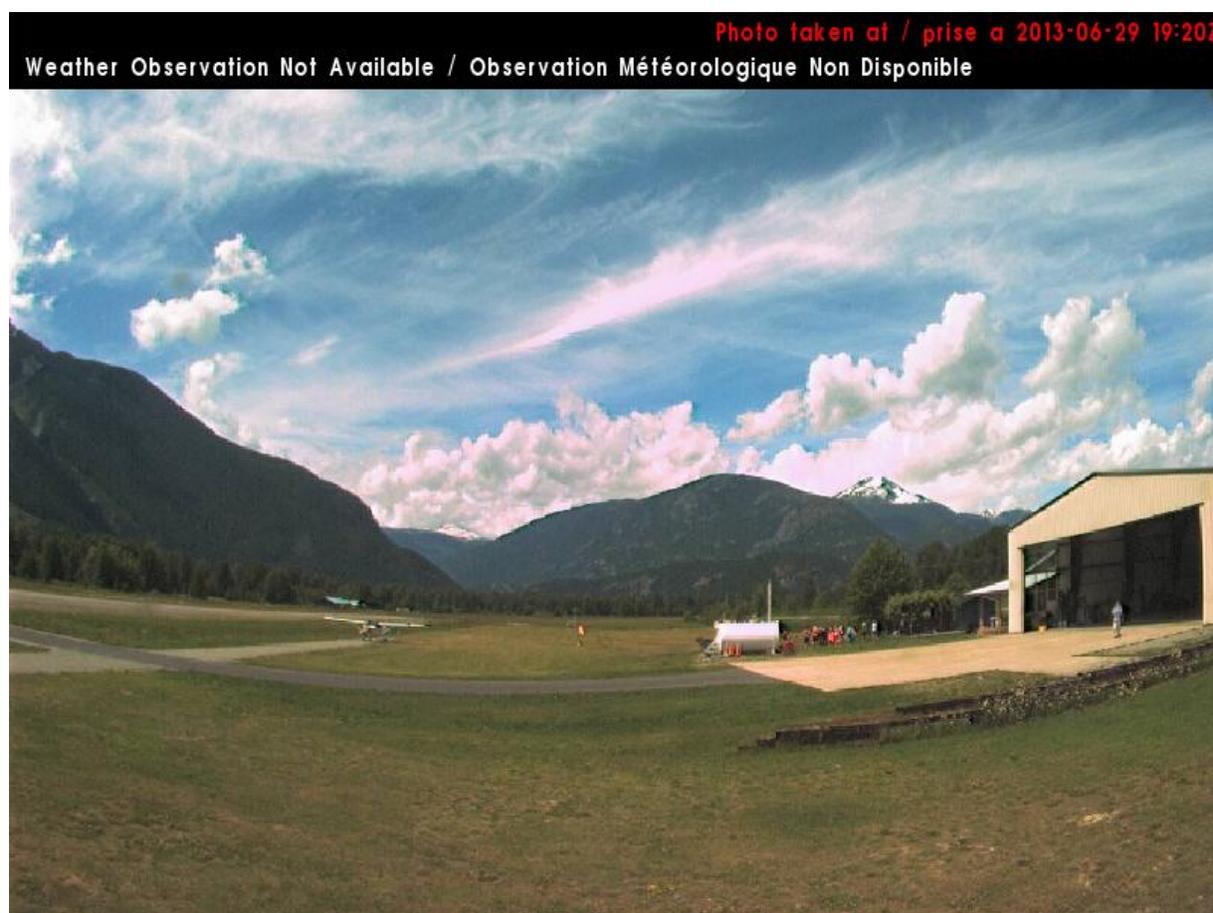
¹ Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

Il a été impossible de déterminer si l'un ou l'autre des pilotes portait des verres correcteurs au moment de l'accident. Le pilote du Cessna avait l'habitude de porter une casquette de baseball lorsqu'il pilotait.

Conditions météorologiques

Le ciel à l'aéroport de Pemberton était dégagé, et les vents étaient calmes au moment de l'événement. La température ambiante était de 24 °C. À l'aéroport, une caméra météo faisant face à l'ouest capture des images toutes les 10 minutes. On pouvait voir des cumulus blancs au sud du terrain de camping du parc provincial Nairn Falls (photo 1).

Photo 1. Vue vers l'ouest à l'aéroport de Pemberton, prise vers l'heure de l'accident



Aéronefs

Le Cessna (photo 2), construit en 1965, avait cumulé 6319 heures de vol depuis sa mise en service initiale. L'aéronef était propulsé par un moteur Continental O-200-A. Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. Des feux à éclats avaient été installés sur le Cessna. Il y avait un disjoncteur étiqueté STROBE LIGHTS PUSH ON sur le tableau de bord. Le disjoncteur a été détruit dans l'accident, et il a été impossible de déterminer si les feux à éclats

fonctionnaient pendant le vol. Il a été également impossible de déterminer si le phare d'atterrissage du Cessna était allumé au moment de l'événement.

La radio installée était une Bendix/King KY97A; cette radio ne syntonise qu'une fréquence à la fois. Le transpondeur installé était un King KT76A, et son interrupteur d'alimentation était à ON, mais il a été impossible de déterminer le code qui avait été sélectionné ou si le dispositif fonctionnait pendant le vol.

Photo 2. Cessna 150F, C-FSQQ



Dans l'épave du Cessna, on a trouvé une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) de 406 mégahertz (MHz) avec le câble de l'antenne cisailé.

Le planeur (photo 3), construit en 1998, avait cumulé un peu plus de 600 heures de vol depuis sa mise en service initiale. Il était propulsé par un moteur Rotax 914 F2 pour le décollage autonome. Après le décollage, le train d'atterrissage est rentré. En altitude, le moteur est coupé, et l'hélice se rétracte dans le cône avant mobile. Le pilote et le passager sont assis côte à côte en position semi-allongée derrière l'écran antiéblouissement du tableau de bord.

Photo 3. Stemme S10-VT, C-FHAB



Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées.

Le planeur n'était pas équipé de feux à éclats, de feux de position ou de feux d'atterrissage, et ceux-ci n'étaient pas exigés par la réglementation en vigueur. Le planeur était muni d'une radio Terra TX 760 D, qui ne syntonise qu'une fréquence à la fois. Le transpondeur installé était un Terra TRT 250 D. Il a été impossible de déterminer s'il fonctionnait pendant le vol. Une note récente avait été inscrite dans le carnet de route du planeur et indiquait une exemption d'ELT en vertu du paragraphe 605.38(3)a du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) [« ELT EXEMPT CARs 605.38(3)a »]. On a trouvé un dispositif endommagé par le feu, qui semblait être une ELT. Cependant, il a été impossible de déterminer la position des commutateurs et l'état de fonctionnement de l'ELT.

La fiche de données A-181 du certificat de type canadien du Stemme S10-VT stipule : [traduction] « Toutes les parties externes du planeur motorisé exposées au rayonnement solaire doivent être peintes en blanc [...] »². En outre, de par leur conception, les ailes du planeur sont très minces vues de l'avant ou de l'arrière.

Ni l'un ni l'autre des aéronefs n'était doté d'un enregistreur de données de vol (FDR) ou d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR), et n'était pas tenu d'en avoir selon la réglementation en vigueur. Les 2 aéronefs étaient munis de bretelles et de ceintures de sécurité.

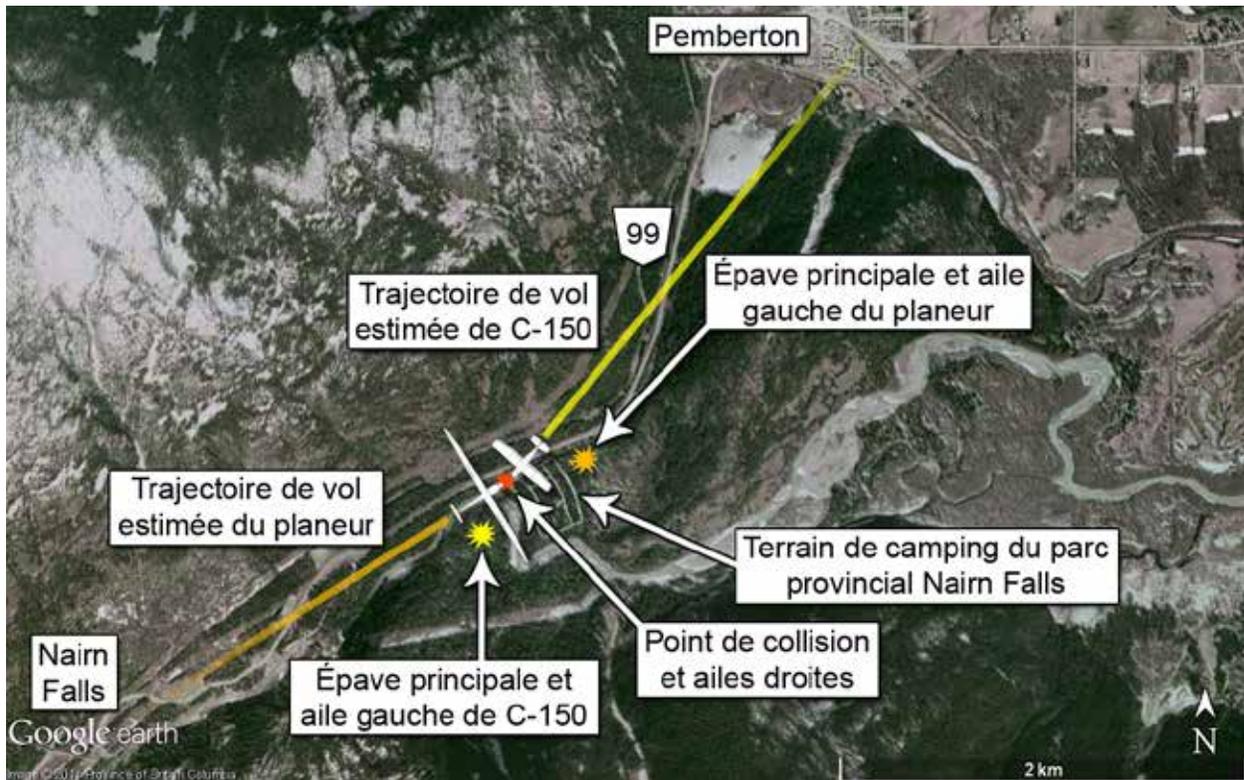
Le BST a calculé la masse et le centrage des 2 aéronefs à partir des données disponibles, et cela n'a pas été considéré comme un facteur dans l'accident.

Renseignements sur la collision et sur l'épave

La collision est survenue à un rétrécissement de la vallée. L'aile droite du Cessna s'est inclinée abruptement juste avant la collision. Les ailes droites des 2 aéronefs sont entrées en contact. Au moment de la collision, les ailes du planeur étaient à l'horizontale et les ailes du Cessna étaient inclinées vers la droite. Les 2 ailes droites se sont détachées des fuselages pendant la collision (figure 1).

² Transports Canada, Type Certificate Data Sheet no. A-181, numéro 2, approuvée le 15 septembre 1998, publiée le 30 novembre 1998, V. Supplements and Restrictions, 2.

Figure 1. Trajectoires de vol et point de collision présumés avec emplacement de l'épave principale



L'aile droite du planeur a été trouvée en 2 sections. L'aile droite du Cessna et la section extérieure de l'aile droite du planeur ont terminé leur course à 150 pieds l'une de l'autre. La section intérieure de l'aile droite du planeur a été trouvée à 170 pieds de la section extérieure.

Le terrain de camping, qui est à une élévation de 800 pieds asl, était jonché de débris des 2 aéronefs. Le planeur est tombé en spirale et a été trouvé à 1100 pieds des 2 ailes droites. En raison des dommages causés par l'incendie, il n'a pas été possible de déterminer si les dispositifs de retenue du pilote et du passager étaient intacts.

Le Cessna est descendu rapidement suivant un cap d'environ 210 °M, alors que le bruit du régime du moteur (tours par minute) augmentait. Le tableau de bord, le compartiment moteur et la roue avant ont été trouvés ensemble au même endroit. La partie inférieure du fuselage, les sièges et le train d'atterrissage principal ont été trouvés ensemble à un autre endroit à proximité. Ces deux groupes de morceaux d'épave étaient à l'envers et sur le sol de la forêt. On a trouvé la section arrière du fuselage et la queue, toutes deux lourdement endommagées, dans un bosquet 20 pieds plus loin, avec l'aile gauche, qui était détachée. Le système de retenue du siège du pilote a été sectionné durant la collision, et le pilote a été éjecté de l'aéronef avant l'impact. Le système de retenue du siège du passager était intact.

Aucune personne se trouvant au sol n'a été blessée.

Communications

Dans la section Règles de l'air et services de la circulation aérienne du *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), on stipule notamment :

Une fréquence de trafic d'aérodrome (ATF) sera normalement attribuée aux aérodromes non contrôlés qui ne répondent pas aux critères de RAC 4.5.4 pour l'attribution d'une [fréquence obligatoire] (MF). L'ATF a été instituée afin de s'assurer que tous les aéronefs équipés de postes de communication et évoluant tant au sol qu'à l'intérieur de la zone, soient à l'écoute sur une fréquence commune et suivent les mêmes procédures pour signaler leur position. L'ATF sera normalement sur la fréquence de l'UNICOM lorsqu'il y en a une, ou sur 123.2 MHz lorsqu'il n'y en a pas³.

De plus, la section 4.5.7 du RAC stipule entre autres, ce qui suit :

a) *Aéronefs munis d'équipement de radiocommunications* : Les procédures de compte rendu suivantes doivent être suivies par les commandants de bord d'aéronefs munis d'équipement de radiocommunications aux aérodromes non contrôlés situés à l'intérieur d'une zone MF. Ces procédures devraient également être suivies par les commandants de bord aux aérodromes ayant une fréquence ATF.

(i) *Écoute permanente et vol local* (article 602.97 du RAC)

Le commandant de bord doit maintenir l'écoute permanente sur la MF précisée pour la zone MF. Ceci devrait également s'appliquer à une zone ATF.

[...]

(vi) *Traverser la zone MF* (article 602.103 du RAC)

Le commandant de bord doit :

(A) signaler avant l'entrée dans la zone MF ou ATF et, si les circonstances le permettent, au moins cinq minutes avant l'entrée dans cette zone, la position de l'aéronef, l'altitude et ses intentions;

(B) signaler la sortie de la zone MF ou ATF.

NOTE : Afin de réduire les conflits avec le trafic local et l'encombrement des fréquences MF ou ATF, les pilotes de vol VFR en route devraient éviter de traverser les zones MF ou ATF⁴.

Évitement des collisions lors de vols selon les règles de vol à vue

Durant les vols VFR, les pilotes doivent constamment demeurer aux aguets d'autres aéronefs, et il leur incombe d'éviter les collisions. L'évitement des collisions dans des conditions météorologiques de vol à vue est fondé sur le principe voir et éviter, qui est décrit notamment comme suit :

[traduction]

³ Transports Canada, TP 14371, *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC), RAC – Règles de l'air et services de la circulation aérienne, section 4.5.5 – Fréquence de trafic d'aérodrome, le 4 avril 2014.

⁴ *Ibid.*, section 4.5.7. – Procédures de communications VFR aux aérodromes non contrôlés ayant une zone MF ou une zone ATF

Ce concept exige que toute personne pilotant un aéronef demeure vigilante en tout temps, peu importe si le vol est effectué selon les règles de vol aux instruments (IFR) ou les règles de vol à vue (VFR)⁵.

En outre, le RAC précise les exigences relatives à la priorité de passage dans des conditions VFR⁶. Outre le principe de base voir et éviter, le RAC stipule également que les aéronefs VFR doivent transmettre des avis de circulation lorsqu'ils effectuent des vols à proximité d'aérodromes dans l'espace aérien non contrôlé. Ces avis de circulation alertent les pilotes de la présence d'autres aéronefs et favorisent l'évitement des collisions durant les vols à vue. Le RAC contient des dispositions selon lesquelles les aéronefs sans radio (NORDO) doivent utiliser l'espace aérien non contrôlé et les aérodromes avec une fréquence de trafic assignée, comme Pemberton. Le *Supplément de vol – Canada* précise que la fréquence de trafic d'aérodrome (ATF) de Pemberton est de 123,2 MHz, et que cette fréquence s'applique à un rayon de 2 milles marins (nm) et une altitude de 3000 pieds asl.

Le pilote du planeur transmettait sur la fréquence 123,2 MHz au-dessus de Nairn Falls en rapprochement de Pemberton pour atterrir. Cette transmission a été entendue par un autre pilote volant dans la région, mais ce pilote ne pouvait pas se rappeler l'altitude mentionnée dans la transmission. Les renseignements recueillis durant l'enquête ont permis de déterminer que le pilote du planeur était toujours à l'écoute de 123,2 MHz lorsqu'il volait dans la région de la vallée, peu importe l'altitude ou la distance de l'aéroport de Pemberton. D'autres exploitants locaux avaient des aéronefs équipés pour surveiller 2 fréquences et syntonisaient les fréquences 123,2 MHz et 126,7 MHz, la fréquence en route normale pour la région. Il a été déterminé que, même si le Cessna était à l'extérieur de la zone de l'ATF, il syntonisait aussi la fréquence 123,2 MHz et aurait dû être en mesure d'entendre la transmission du planeur.

Limites du principe voir et éviter

Plusieurs études ont été publiées traitant des lacunes du principe voir et éviter⁷ lorsqu'il est utilisé comme unique moyen d'évitement des collisions. Des rapports antérieurs résument cette situation ainsi : [traduction] « la défaillance du principe voir et éviter est, dans la plupart des cas, dû au fait que le pilote n'a pas pu voir l'autre appareil »⁸.

Des études ont montré qu'il faut environ 12,5 secondes (annexe A) à un pilote pour effectuer une manœuvre d'évitement à partir du moment où il constate qu'une collision est imminente⁹. Outre ce temps de réaction, la distance est un autre facteur qui détermine la capacité d'un pilote de percevoir l'imminence d'une collision et d'éviter une telle situation (figure 2). Cela est

⁵ Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, Advisory Circular 90-48C, *Pilots' Role in Collision Avoidance*, le 18 mars 1983, 4.a.(1).

⁶ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien (RAC)*, paragraphe 602.19(2).

⁷ Australian Transport Safety Bureau (ATSB), Research Report, *Limitations of the see-and-avoid principle*, avril 1991.

⁸ W. Graham, rapport no. DOT/FAA/CT-TN/89/18 de la Federal Aviation Administration (FAA), *See and Avoid/Cockpit Visibility*, octobre 1989, cité dans le rapport d'enquête aéronautique A06O0206 du BST.

⁹ Department of Transportation des États-Unis, Federal Aviation Administration (FAA), Advisory Circular AC 90-48C, *Pilots' Role in Collision Avoidance*, 18 mars 1983, annexe 1.

particulièrement vrai dans le cas d'aéronefs qui se trouvent à une distance de plus de 2 nm et qui sont donc extrêmement difficiles à apercevoir. Il existe plusieurs facteurs physiologiques qui tendent à accroître cette difficulté, soit :

- la position relative de l'aéronef;
- la myopie de l'espace vide, soit un état où le cristallin de l'œil humain est porté à focaliser sur un point situé de 3 à 5 pieds devant l'œil;
- un champ de vision limité, soit un phénomène courant qui se produit lorsqu'un montant du pare-brise de l'aéronef et la structure de la cabine bloquent ou limitent le champ de vision;
- l'angle mort¹⁰, caractéristique de l'œil humain, est l'endroit où le nerf optique joint la rétine de l'œil. Lorsqu'un objet bloque la vue de l'un des yeux (par exemple la structure de l'aéronef), cet objet peut se trouver dans l'angle mort de l'autre œil, ce qui fait qu'il disparaît.

Figure 2. Valeurs de temps avant impact de 2 aéronefs, calculées en fonction d'une vitesse de rapprochement de 250 nœuds (source : Transports Canada, TP 12863, *Facteurs humains en aviation – Manuel de base*, 2003) (en anglais seulement)

Approximate distance	View	Approximate time to impact
1 nm		14 sec.
1/2 nm		7 sec.
1/4 nm		4 sec.
1/8 nm		2 sec.
1/16 nm		1 sec.

Il peut être difficile d'apercevoir des aéronefs dont les trajectoires convergent, comme les 2 aéronefs en cause dans cet événement, étant donné que l'observateur détecte très peu de mouvement relatif. Le relèvement relatif entre 2 aéronefs convergents demeure constant à mesure qu'ils se rapprochent. Ainsi, les aéronefs paraissent stationnaires l'un par rapport à l'autre, et chacun semble moins visible à l'autre.

¹⁰ Transports Canada, TP 12863, *Facteurs humains en aviation – Manuel de base*, 2003.

Il est également normal qu'un pilote volant en mode VFR regarde l'horizon et au-dessous de celui-ci pour maintenir le vol en palier et surveiller la progression du vol. L'aéronef qui suit une trajectoire de collision par le haut peut demeurer à l'extérieur du champ de vision du pilote de l'aéronef volant plus bas, et ce, jusqu'à ce qu'il soit trop tard pour éviter une collision.

La vitesse de rapprochement des aéronefs en cause aurait été entre 150 et 200 nœuds en raison de la vitesse de croisière variable du planeur.

Manœuvres d'évitement des collisions

Bien qu'il soit normal d'effectuer un virage pour éviter une collision, lorsque 2 aéronefs sont sur une trajectoire de collision, les mesures d'évitement que le pilote doit prendre pour obtenir les meilleurs résultats dépendent du temps dont il dispose. Une fois que les aéronefs sont à moins de 10 secondes environ de l'impact, le pilote devrait modifier l'altitude seulement. Cette conclusion est basée sur l'argument selon lequel lorsque 2 aéronefs sont très rapprochés, il est essentiel de réduire au minimum les surfaces transversales relatives de chaque aéronef. On a découvert que dans ces circonstances, en général, toute inclinaison latérale augmente la surface transversale relative et, par conséquent, la probabilité d'impact. Par exemple, un aéronef avec une section transversale verticale d'environ 13 pieds en vol en palier aura une section transversale verticale de 28 à 34 pieds à des angles d'inclinaison latérale compris entre 45 et 60°. La valeur finale de la section transversale verticale dépendra de l'envergure des ailes de l'aéronef et de l'angle d'inclinaison latérale sollicité.

Systèmes d'évitement des collisions

Il existe essentiellement 2 types de système d'évitement des collisions que l'on peut installer à bord des aéronefs : le système actif, que l'on appelle système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS), et le système passif, qui change de description selon la fonction qu'il remplit.

Un système passif, comme le système anticollision portable (PCAS), est construit selon le principe que les aéronefs volant à des altitudes différentes ne peuvent entrer en collision. Ce qui suit est une comparaison des systèmes actif et passif d'évitement des collisions.

Le système actif TCAS :

- exige un transpondeur spécial en mode S;
- a une plus grande portée de détection de la circulation (jusqu'à 40 nm);
- transmet des données détaillées et complexes que peuvent recevoir et décoder d'autres systèmes TCAS;
- fournit au pilote des instructions détaillées pour éviter une collision.

Le système passif :

- dépend des réponses aux signaux d'interrogation des transpondeurs d'autres aéronefs;
- a une portée de détection limitée, allant jusqu'à 7 nm;
- fournit des instructions limitées pour éviter une collision.

Tandis que les systèmes actifs TCAS transmettent des messages d'interrogation semblables à ceux que transmettent les systèmes de surveillance radar des ATS, engendrant ensuite un signal de réponse des transpondeurs à bord d'aéronefs, les systèmes passifs dépendent des signaux de réponse qui sont générés par d'autres signaux d'interrogation (radar ou TCAS). Si un aéronef cible se trouve à l'extérieur de la zone de couverture radar, son transpondeur ne transmettra pas de signal de réponse, et un système passif d'évitement de collision ne détectera pas cet aéronef.

Pour l'instant, il n'y a aucune exigence pour les aéronefs sous immatriculation privée au Canada d'être munis d'un système actif ou passif d'évitement des collisions. C'est pourquoi il n'existe aucune ligne directrice en matière de réglementation quant à leur utilisation. Il est important de noter que les systèmes passifs ne doivent servir que de supplément pour aider les pilotes à établir le contact visuel avec la circulation.

Ni l'un ni l'autre des aéronefs en cause n'était doté de ce type d'équipement, et n'était pas tenu de l'être selon la réglementation en vigueur.

Une liste de certains systèmes, accompagnés de leurs avantages, désavantages et coût approximatif, figure à l'annexe B (publiée à l'origine dans le Rapport d'enquête aéronautique A12H0001 du BST).

Rapports du laboratoire du BST

Les rapports du laboratoire du BST suivants ont été finalisés et sont disponibles sur demande auprès du BST :

- LP 131/2013 – *2 GPS Units* (2 systèmes GPS)
- LP 143/2013 – *Data Extraction* (Extraction de données)

Analyse

Rien ne porte à croire que le mauvais fonctionnement d'un aéronef ou que les conditions météorologiques dans les environs sont en cause dans cet événement.

Dans le présent cas, la possibilité que l'un ou l'autre des pilotes puisse voir l'autre aéronef aurait été restreinte par un certain nombre de facteurs. Les 2 aéronefs suivaient des trajectoires sécantes qui étaient à 10° d'un face-à-face. Le planeur était vraisemblablement en descente, et devait par conséquent arriver d'au-dessus. Le pilote et le passager d'un planeur sont en position semi-allongée derrière le tableau de bord et le cône avant. La visibilité devant et sous le nez est limitée. L'axe de balayage normal du pilote du Cessna durant le vol-voyage devait être principalement vers le bas, et le pilote du Cessna portait probablement une casquette de baseball avec une visière à l'avant. La visibilité vers le haut devait être limitée. En outre, le planeur, d'un blanc parfait avec ses ailes à profil très mince, devait être difficile à voir avec les cumulus blancs en arrière-plan. En outre, il se peut que les enjeux physiologiques concernant la vision aient réduit encore davantage le temps de réaction des pilotes, ce qui les aurait empêchés de s'éviter l'un l'autre.

La position relative de chacun des aéronefs en cause juste avant la collision aurait rendu tout contact visuel difficile. La dynamique de la collision et les observations à partir du sol indiquent qu'il est possible que le pilote du Cessna ait vu le planeur juste avant la collision. Puisqu'il semble que le vol du planeur soit demeuré stable jusqu'au moment de la collision, selon toute probabilité, le pilote du planeur n'a pas vu le Cessna ou ne l'a pas vu à temps pour tenter une manœuvre d'évitement. Les trajectoires tridimensionnelles convergentes des 2 aéronefs ont créé des angles morts pour les pilotes. Ce facteur, combiné aux limites physiologiques de la vision, a réduit les possibilités de détection de collision. Par conséquent, le temps de réaction disponible a été réduit à un point tel qu'il était impossible d'éviter une collision en vol.

Les ailes droites et d'autres pièces des 2 aéronefs ont été arrachées durant l'abordage, rendant les 2 aéronefs impossibles à maîtriser, et la collision subséquente avec le relief n'offrait aucune chance de survie.

L'échec du principe voir et éviter dans le cas de cet événement illustre le risque résiduel que comporte ce principe lorsqu'il constitue le seul moyen d'évitement des collisions en vol. Si les pilotes emploient le principe voir et éviter comme seul moyen d'évitement des collisions dans le cadre d'un vol effectué selon les règles de vol à vue, il existe un risque continu de collision.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les trajectoires tridimensionnelles convergentes des 2 aéronefs ont créé des angles morts pour les pilotes. Ce facteur, combiné aux limites physiologiques de la vision, a réduit les possibilités de détection de collision. Par conséquent, le temps de réaction disponible a été réduit à un point tel qu'il était impossible d'éviter une collision en vol.
2. Les ailes droites et d'autres pièces des 2 aéronefs ont été arrachées durant l'abordage, rendant les 2 aéronefs impossibles à maîtriser, et la collision subséquente avec le relief n'offrait aucune chance de survie.

Faits établis quant aux risques

1. Si les pilotes emploient le principe voir et éviter comme seul moyen d'évitement des collisions dans le cadre d'un vol effectué selon les règles de vol à vue, il existe un risque continu de collision.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet incident. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 31 juillet 2014. Il est paru officiellement le 18 septembre 2014.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst-tsb.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.

Annexes

Annexe A – Temps de reconnaissance et de réaction

Tableau 1. Délai avant le point de rapprochement maximal, calculé à partir des vitesses de rapprochement

Durée	Action	Secondes
00:00	Voir l'objet	0,1
00:00	Reconnaître un aéronef	1,0
00:01	Prendre conscience de la trajectoire de collision	5,0
00:06	Décision de virer à gauche ou à droite	4,0
00:10	Réaction musculaire	0,4
00:10	Temps de réponse de l'aéronef	2,0
00:12	TEMPS TOTAL	12,5

Tableau 2. Temps avant impact (en secondes, extrapolé depuis les données de la Federal Aviation Administration), en fonction de la distance entre les aéronefs et des vitesses de rapprochement

Distance	600 mi/h	360 mi/h	194 nœuds
10 milles	60 s	100 s	160 s
6 milles	36 s	60 s	97 s
5 milles	30 s	50 s	80 s
4 milles	24 s	40 s	64 s
3 milles	18 s	30 s	48 s
2 milles	12 s	20 s	32 s
1 mille	6 s	10 s	16 s
0,5 mille	3 s	5 s	8 s
0,25 mille	1,5 s	2,5 s	4 s

Annexe B – Systèmes d'évitement des collisions aériennes

Système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions I (TCAS I)

- Conçu pour l'aviation générale et les lignes aériennes régionales.
- Émet des avis de circulation qui aident les pilotes à repérer visuellement les aéronefs ciblés.
- Système actif constitué d'un émetteur, d'un récepteur, d'antennes directionnelles, d'un ordinateur et d'écrans dans le poste de pilotage.
- Transmet un signal (interrogation) qui sera capté par un aéronef équipé d'un transpondeur en mode C. Cet aéronef réagira à l'interrogation et répondra. Le système interprète ensuite la réponse et calcule la distance et la direction de l'aéronef qui répond.
- Peut déterminer l'altitude relative de l'aéronef qui répond, et si celui-ci monte ou descend.
- Émet un avis de circulation (visuel et sonore) lorsqu'il relève un risque de conflit.
- La Federal Aviation Administration (FAA) exige qu'il soit installé dans les aéronefs pourvus de 10 à 30 sièges.

Avantages

- Assure un niveau de surveillance élémentaire aux équipages de conduite.

Désavantages

- Nécessite que les aéronefs en conflit soient équipés d'un transpondeur.
- Transmet uniquement sur des fréquences limitées à 1030 et 1090 MHz – le nombre d'interrogations sur les transpondeurs augmentera en proportion de l'augmentation du nombre d'aéronefs équipés de TCAS.
- N'émet que des avis de circulation, et non des avis de résolution : l'équipage doit toujours évaluer la situation et déterminer si une mesure doit être prise.

Coût en 2012 : 22 000 \$ US (coût approximatif – le prix d'autres modèles varie de 28 000 \$ à 74 000 \$)

Système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions II (TCAS II)

- Recourt à des transpondeurs fonctionnant en mode S[1].
- Émet des avis de circulation qui aident les pilotes à repérer visuellement les aéronefs ciblés.
- Analyse la trajectoire de vol projetée de l'aéronef qui s'approche et transmet des avis de résolution à l'équipage afin qu'il résolve le conflit potentiel. L'avis de résolution indiquera au pilote s'il faut monter ou descendre afin de résoudre le conflit. Certains modèles peuvent également aviser le pilote de ne pas effectuer de manœuvre.
- Requis, à l'échelle internationale, pour les aéronefs pourvus de plus de 30 sièges ou dont le poids est supérieur à 15 000 kg.

Avantages

- Dans les aéronefs qui en sont équipés, le TCAS II coordonne les avis de résolution d'un conflit avec les autres TCAS II afin d'éviter que les aéronefs n'effectuent les mêmes manœuvres d'évitement.

Désavantages

- Nécessite que les aéronefs en conflit soient équipés d'un transpondeur.
- Ne peut pas transmettre de commandes de virage, mais seulement des commandes de manœuvre verticale.
- Si l'avis de résolution n'est pas transmis à temps au système de contrôle de la circulation aérienne, la manœuvre de résolution peut amener le contrôleur à émettre des instructions d'évitement qui peuvent être en conflit avec l'avis de résolution.

Coût en 2012 : de 150 000 \$ à 230 000 \$ US

Système d'avis de circulation

- Interroge les autres transpondeurs fonctionnant en modes A, C et S et attend une réponse à l'égard d'une cible, puis calcule, dans la mesure du possible, la distance, le gisement, l'altitude et la trajectoire verticale projetée.
- Émet une alerte de trafic lorsqu'il établit l'existence d'une trajectoire de collision.

Avantages

- Fonctionne au sol et avec n'importe quel aéronef équipé d'un transpondeur fonctionnel.
- Système TCAS à faible coût.

Désavantages

- Nécessite l'installation de processeurs distants lourds et volumineux et d'éléments d'antennes complexes.

Coût en 2012 : de 10 000 \$ à 20 000 \$ US

Système anticollision portable (PCAS)

- Système passif qui capte les transmissions des transpondeurs sur fréquence de 1090 MHz.
- Peut être installé de façon temporaire sur le tableau de bord, ou de façon permanente.
- Certains modèles peuvent fournir des renseignements sur le cap et l'altitude depuis un aéronef équipé d'un transpondeur (les renseignements sur l'altitude ne peuvent être fournis que par des aéronefs équipés d'un transpondeur pouvant coder l'altitude).
- Portée maximale d'environ 6 nm.
- Le système parent interprète les données codées de la cible et fournit la position et l'altitude relatives.

Avantages

- Relativement peu dispendieux; faible coût d'installation.
- Peut être mis en fonction rapidement.
- Apparié à un système GPS de cartographie, peut déterminer la position relative d'une cible avec plus de précision.

Désavantages

- Exige que l'aéronef ciblé soit équipé d'un transpondeur et soit interrogé par un système de contrôle de la circulation aérienne au sol (ou par un aéronef en vol équipé d'un TCAS) afin qu'un transpondeur puisse répondre à l'interrogation.
- Selon l'emplacement du système, il est possible que la structure de l'aéronef parent masque les signaux.
- On a rapporté que le système a déjà signalé des cibles fictives. On a émis l'hypothèse que cela était peut-être attribuable au système captant le signal du transpondeur de l'aéronef parent.

Coût en 2012 : de 550 \$ à 1500 \$ US

Système d'information sur le trafic (TIS)

- Service au sol qui recourt à un réseau de transmission en mode S pour communiquer aux aéronefs de l'information sur l'évitement des collisions.
- Permet d'indiquer la position, la direction, l'altitude et la montée ou la descente projetée d'autres aéronefs équipés d'un transpondeur se trouvant dans un rayon de 5 nm et jusqu'à 1200 pieds de l'appareil.
- L'information sur le trafic en conflit peut être affichée sur un transpondeur fonctionnant en mode S ou à divers postes de pilotage pourvus d'un écran multifonction courant.

Avantages

- Aucun avantage particulier.

Désavantages

- Exige que les aéronefs soient équipés d'un transpondeur fonctionnant en mode S.
- Peut n'être pas disponible dans toutes les régions.
- Il s'agit d'un service au sol; un aéronef peut être hors de portée.
- Il faut disposer d'un écran multifonction dans le poste de pilotage.

Coût en 2012 : 5000 \$ US (ne comprend pas l'installation)

Système de surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B)

- En voie d'être implanté par la FAA; sera implanté d'ici 2020.
- Donne à chaque aéronef la responsabilité d'assurer lui-même sa navigation et son espacement.
- Les aéronefs pourvus d'un système ADS-B s'identifient eux-mêmes auprès d'un système de géolocalisation et de navigation par un système de satellites (GNSS) et lui transmettent leur vitesse et leurs positions verticale et horizontale. Cette information est retransmise du système GNSS à d'autres aéronefs équipés d'un système ADS-B et à des stations au sol (pourvues d'un service de contrôle de la circulation aérienne). Cette information est transmise sur fréquences de 1090 ou de 978 MHz.

Avantages

- Comme ce système n'a pas besoin de radar, la distance d'un site de radar et le terrain ne sont pas des facteurs qui peuvent interdire la transmission ou la réception d'information sur la position. Il fournit aux pilotes et aux contrôleurs aériens de l'information précise en temps réel sur la position des aéronefs.

Désavantages

- Comme peu d'aéronefs possèdent cet équipement, il faudra compter sur l'équipement radar classique jusqu'à ce que ce système soit implanté.

Coût en 2012 : 8000 \$ US (ne comprend pas l'installation)

Système FLARM

- Obtient sa position au moyen d'un dispositif GPS interne et d'un capteur barométrique, puis transmet cette information avec des données prévisionnelles sur la trajectoire de vol tridimensionnelle projetée. Son récepteur capte les signaux des autres systèmes FLARM généralement dans un rayon de 3 à 5 kilomètres, puis traite cette information. Des algorithmes de prévision de mouvement prévoient des conflits possibles en analysant jusqu'à 50 signaux, et des alertes sonores et visuelles sont transmises au pilote, le cas échéant.
- Peut stocker dans une base de données de l'information sur des obstacles aériens fixes, tels que des câbles.
- Fonctionne selon le protocole de transmission de données série public, mais le moteur de prévision du protocole de transmission radio du système est un produit commercial exigeant une licence d'utilisation; le moteur de prévision est breveté par Onera (France).

Avantages

- Petite taille.
- Facile à installer.
- Consomme peu d'énergie.
- Fournit des alertes visuelles et sonores lorsque des aéronefs ou des obstacles sont à proximité.

Désavantages

- Optimisé pour les besoins précis des petits aéronefs, tels que les planeurs, mais non conçu pour les communications longue portée ni pour interagir avec un système de contrôle de la circulation aérienne.
- Exige que les autres aéronefs soient également équipés du système FLARM.

Coût en 2012 : 9000 \$ US (ne comprend pas l'installation)