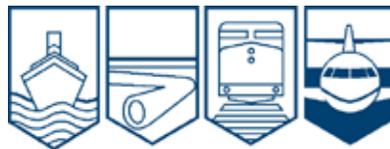




**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A11P0027**



COLLISION EN VOL

ENTRE

**LE CESSNA 150G C-FVXY ET
LE CESSNA 150L C-GZUB**

**DEWDNEY (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 9 FÉVRIER 2011**

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.

Rapport d'enquête aéronautique

Collision en vol

entre

Le Cessna 150G C-FVXY et
le Cessna 150L C-GZUB

Dewdney (Colombie-Britannique)
Le 9 février 2011

Numéro de rapport A11P0027

Synopsis

Vers 16 h, heure normale du Pacifique, à la clarté du jour, un groupe composé de 4 aéronefs légers a décollé depuis l'aéroport régional de Langley (Colombie-Britannique) pour effectuer un vol local en formation à destination de Chilliwack. Vers 16 h 15, pendant que le groupe effectuait un virage, le Cessna 150G (immatriculé C-FVXY, numéro de série 15066711) et le Cessna 150L (immatriculé C-GZUB, numéro de série 15074143) sont entrés en collision. Les 2 aéronefs ont brièvement chuté de façon non maîtrisée alors qu'ils étaient joints, pour se séparer à environ 400 pieds au-dessus du sol. C-FVXY s'est disloqué en vol et a percuté le relief dans un bourbier peu profond; les 2 occupants ont subi des blessures mortelles et l'aéronef a été détruit. Le pilote de C-GZUB a réussi à maîtriser l'aéronef et a pu atterrir dans un champ agricole sans subir de blessures; toutefois, l'aéronef a été lourdement endommagé à la suite de la collision. Il n'y a pas eu d'incendie et la radiobalise de repérage d'urgence à bord de C-FVXY s'est activée à l'impact avec le bourbier.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	2
1.1 Déroulement du vol.....	2
1.2 Victimes.....	4
1.2.1 Cessna 150G C-FVXY	4
1.2.2 Cessna 150L C-GZUB.....	4
1.3 Dommages aux aéronefs.....	4
1.3.1 Cessna 150G C-FVXY	4
1.3.2 Cessna 150L C-GZUB.....	5
1.4 Autres dommages.....	5
1.5 Renseignements sur le personnel	5
1.5.1 Cessna 150G C-FVXY	5
1.5.2 Cessna 150L C-GZUB.....	6
1.6 Renseignements sur les aéronefs	6
1.7 Renseignements météorologiques.....	7
1.8 Aides à la navigation	7
1.9 Communications	7
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	7
1.11 Enregistreurs de vol.....	7
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	8
1.12.1 Cessna 150G (C-FVXY)	8
1.12.2 Cessna 150L (C-GZUB)	9
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	9
1.14 Incendie	10
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	10
1.16 Essais et recherches.....	10
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion.....	10
1.18 Renseignements supplémentaires	10
1.18.1 Champ de vision limité à bord des aéronefs	10
1.18.2 Formation d'aéronefs de types différents	11
1.18.3 Champ de vision du Cessna 150.....	11
1.18.4 Position optimale du siège du pilote.....	12
1.18.5 Vol en formation — Définitions et réglementation.....	12
1.18.6 Notions de base du vol en formation.....	14
1.18.7 Exposé avant vol d'un vol en formation	14
1.18.8 Manœuvrer en formation	15
1.18.9 Formation et normes pour le vol en formation	16
1.18.10 Manifestations aéronautiques spéciales	17
1.18.11 Interpolation de la trajectoire de vol par le laboratoire du BST.....	18
1.18.12 Espace aérien	19
1.18.13 Statistiques sur les collisions en vol	20
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	20
2.0 Analyse.....	21
2.1 Généralités	21
2.2 Circonstances opérationnelles.....	21
2.3 Enjeux touchant la vision dans les aéronefs à aile haute.....	21
2.4 Comment C-GZUB a perdu de vue C-FVXY	21

2.5	Pratique recommandée en cas de perte de contact visuel avec le chef de formation.....	23
2.6	Vol en formation	23
2.6.1	Surveillance et normes.....	23
2.6.2	Exposé avant vol.....	24
2.6.3	Entraînement au vol.....	24
3.0	Conclusions	26
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	26
3.2	Faits établis quant aux risques	26
3.3	Autres conclusions.....	27
4.0	Mesures de sécurité	28
4.1	Mesures de sécurité prises.....	28
4.1.1	Transports Canada	28
Annexes.....		29
	Annexe A – Liste des rapports de laboratoire du BST.....	29
	Annexe B – Feuillet « Un instant! » de TC sur le vol en formation.....	30

Figures

Figure 1.	Formation en losange (le diagramme n'est pas à l'échelle).....	2
Figure 2.	Carte du site illustrant le trajet du vol en formation.....	3
Figure 3.	Diagramme de la collision.....	4
Figure 4.	Visibilité depuis le siège de gauche du Cessna 150 d'après le DERP	12
Figure 5.	Virage en formation à un angle d'inclinaison de 15° (le diagramme n'est pas à l'échelle)	15
Figure 6.	Trajectoire de vol ayant probablement mené à la collision (le diagramme n'est pas à l'échelle)	19
Figure 7.	Perte de contact visuel avec le chef de formation (le diagramme n'est pas à l'échelle).....	22
Figure 8.	Dégagement et collision (le diagramme n'est pas à l'échelle).....	23

Photos

Photo 1.	Vue normale depuis le siège du pilote de gauche	12
-----------------	---	----

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

Plus tôt cet après-midi-là, un groupe de 4 pilotes et de 2 membres d'équipage de la région avaient décidé d'effectuer un court vol pour pratiquer le vol en formation dans la région de Mission-Chilliwack. Le groupe se composait d'un Cessna 150G, d'un Cessna 150L, d'un Cessna 305A (L-19) et d'un Piper PA-28-180. Le groupe s'était réuni en vue d'un exposé avant vol sur le vol en formation à l'aéroport régional de Langley, port d'attache habituel de ces 4 aéronefs. Comme il a été établi durant l'exposé avant vol, le groupe se proposait d'effectuer un vol récréatif de jour aller-retour à destination de l'aéroport municipal de Chilliwack selon les règles de vol à vue (VFR). Au début, le chef de la formation avait prévu se rendre et atterrir à un endroit populaire près de Harrison Mills (Colombie-Britannique), et y faire au sol un compte rendu de vol. Toutefois, après discussion concernant les heures de clarté qui restaient, le chef de formation a choisi Chilliwack comme destination. Les pilotes avaient l'intention de pratiquer le vol en formation simple en cours de route, soit d'exécuter de simples manœuvres de maintien en position de vol comprenant des manœuvres de virage de base, tout en conservant une formation en losange (Figure 1). L'exposé avant vol a été simple et bref, et il n'a pas été question de procédures d'urgence. Cependant, le chef du groupe a fait un exposé des procédures de rassemblement, ainsi que des instructions au cas où un des pilotes serait incapable de trouver la formation, et des procédures de dégagement une fois rendus à l'aéroport municipal de Chilliwack.

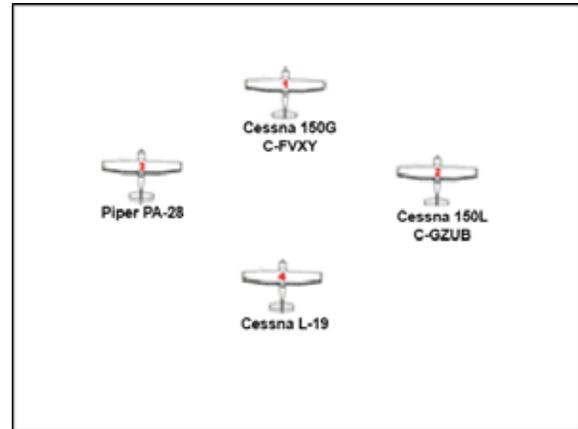


Figure 1. Formation en losange (le diagramme n'est pas à l'échelle)

Trois des pilotes de ce groupe connaissaient bien le vol en formation, ayant souvent effectué ensemble divers passages en vol, et ayant pratiqué cette manœuvre dans les basses-terres continentales de la Colombie-Britannique. En tant que nouveau membre de ce groupe, le pilote du Cessna 150L (C-GZUB), qui avait auparavant accompagné d'autres pilotes durant 2 vols en formation, allait piloter cette fois-là son propre aéronef dans cette formation. Le groupe avait prévu offrir à ce nouveau membre une introduction progressive aux notions de base du vol en formation. Ses membres avaient parlé d'avoir un observateur qui accompagnerait le pilote du Piper PA-28-180 durant le segment de vol vers Chilliwack, et qui changerait ensuite d'aéronef pour accompagner le pilote de C-GZUB durant le segment de retour à Langley. Toutefois, le pilote de C-GZUB ne souhaitait pas avoir de passager à bord, craignant le risque de distraction.

Le Cessna 150G (C-FVXY), le chef du vol en formation, comptait 2 occupants. À sa droite, en position numéro 2, se trouvait le Cessna 150L (C-GZUB) avec son pilote comme seul occupant. Le Piper PA-28-180, également avec 2 occupants, était en position numéro 3 à la gauche du chef de formation. Le Cessna 305A (L-19), avec le pilote seul à bord, occupait la position numéro 4 derrière les 3 autres aéronefs.

Vers 16 h¹, les 4 aéronefs ont décollé l'un après l'autre, mais selon un ordre établi d'avance, depuis l'aéroport régional de Langley et ont franchi la zone de contrôle au nord-est. Au cours des quelques minutes suivantes, les aéronefs se sont rassemblés et ont formé le losange comme il avait été convenu à l'exposé avant vol. Une fois en formation, les aéronefs ont maintenu une position stable pendant plusieurs minutes, en direction est survolant Glen Valley, le long du fleuve Fraser, en route vers le canton de Mission (Colombie-Britannique). Durant ce segment, le groupe a effectué des virages en douceur, et le chef du vol a communiqué avec le groupe sur la radiofréquence appropriée.

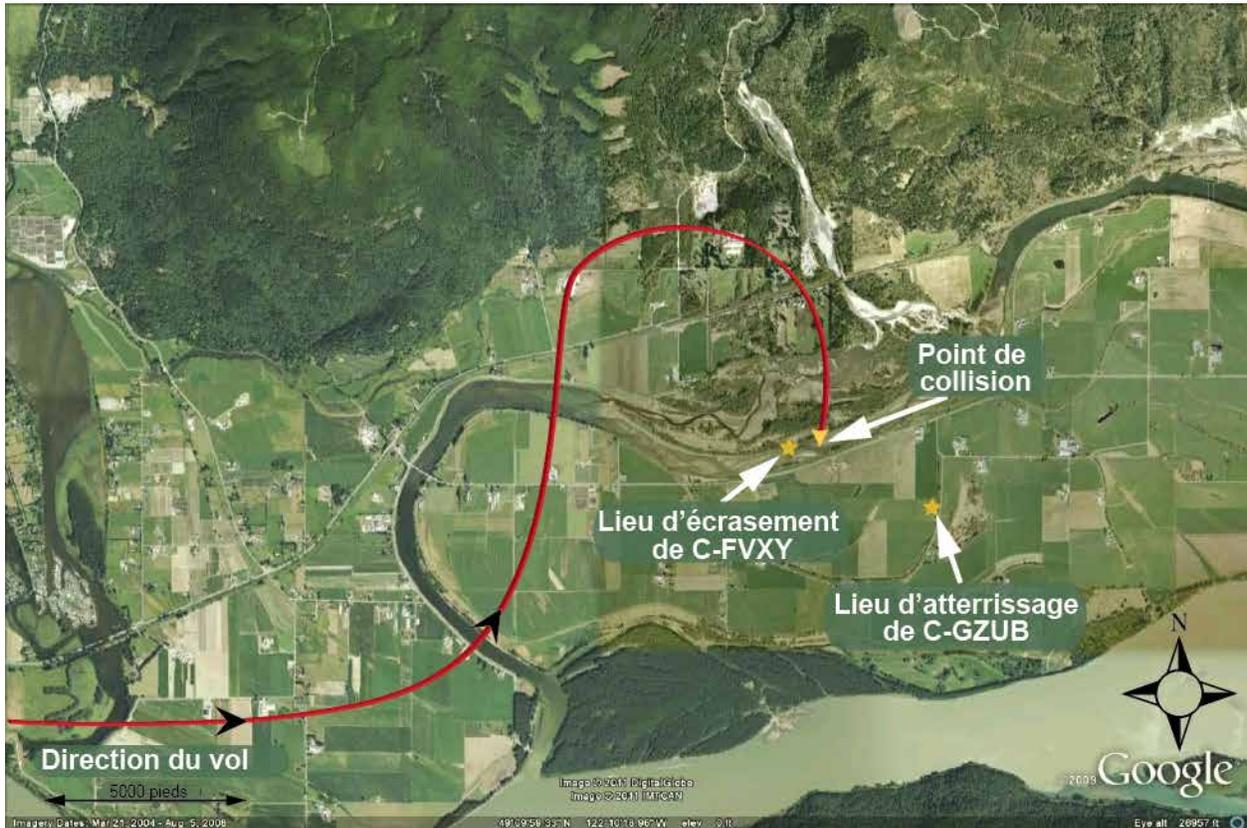


Figure 2. Carte du site illustrant le trajet du vol en formation

À l'approche du canton de Dewdney (Colombie-Britannique), le groupe en formation se trouvant à 1500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), environ 1450 pieds au-dessus du niveau du sol (agl), et volant à une vitesse de 90 mi/h, le chef a amorcé un virage vers la gauche à un angle d'inclinaison de 15° pour changer de cap d'environ 90°, et sortir du virage en direction nord. En prévision de ce virage, le chef de formation a demandé à l'aéronef numéro 2 (C-GZUB, du côté extérieur du virage) d'augmenter sa puissance moteur, étant donné le rayon de virage plus grand. Cette instruction est conforme à la pratique courante de maintien en position de vol durant les vols en formation, et il s'agissait d'une pratique que le chef avait employée souvent avec de nouveaux membres du groupe. Durant cette manœuvre de virage à gauche, la distance latérale entre l'aéronef numéro 2 et le chef a augmenté quelque peu, et l'aéronef numéro 2 s'est trouvé un peu en retrait, mais a retrouvé sa position de départ à la sortie du virage en direction nord (Figure 2).

¹ Les heures sont exprimées en heure normale du Pacifique (temps universel coordonné moins 8 heures).

Peu après, le chef de formation a annoncé un virage vers la droite, et, cette fois-ci, il a demandé à l'aéronef numéro 2 de réduire sa puissance moteur, étant donné qu'il se trouvait du côté intérieur du virage. Les 4 aéronefs ont alors amorcé un virage en palier à droite à un angle d'inclinaison de 15° et à une altitude de 1500 pieds asl pour changer de cap vers le sud.

Durant le virage, le pilote de l'aéronef numéro 2 (C-GZUB) a perdu de vue le chef de formation (C-FVXY) et s'est éloigné en effectuant un virage vers la droite en descendant. Après un bref intervalle, C-GZUB a viré vers la gauche en montant pendant que le pilote cherchait le chef afin de se joindre de nouveau à la formation au-dessus de lui.

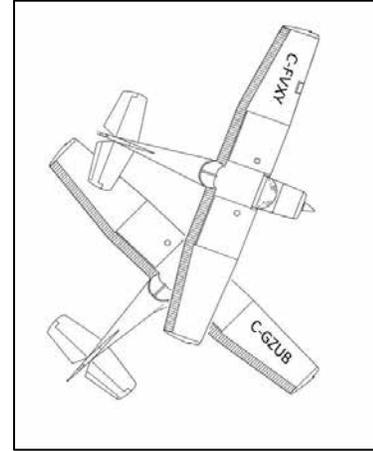


Figure 3. Diagramme de la collision

À 16 h 15, quelques secondes après que le chef de formation a annoncé une sortie de virage, les 2 aéronefs sont entrés en collision à un angle d'environ 70° l'un par rapport à l'autre (Figure 3). Les aéronefs, joints l'un à l'autre, ont alors amorcé une chute en spirale et ont perdu de l'altitude, de façon non maîtrisée, pendant plusieurs secondes.

À environ 400 pieds agl, les 2 aéronefs se sont séparés; C-FVXY s'est disloqué en vol et a percuté un brouillard peu profond, tandis que le pilote de C-GZUB a réussi à maîtriser l'aéronef pour atterrir sans moteur dans un champ agricole.

1.2 Tués et blessés

1.2.1 Cessna 150G C-FVXY

	Équipage	Passagers	Tiers	Total
Tués	2	0	0	2
Blessés graves	0	0	0	0
Blessés légers/indemnes	0	0	0	0
Total	2	0	0	2

1.2.2 Cessna 150L C-GZUB

	Équipage	Passagers	Tiers	Total
Tués	0	0	0	0
Blessés graves	0	0	0	0
Blessés légers/indemnes	1	0	0	1
Total	1	0	0	1

1.3 Dommages aux aéronefs

1.3.1 Cessna 150G C-FVXY

Le Cessna 150G C-FVXY s'est disloqué en vol de façon catastrophique à la suite de la collision et a été détruit au moment de l'impact avec le brouillard.

1.3.2 Cessna 150L C-GZUB

Les ailes, le nez, le moteur et l'hélice ont été endommagés par la collision et l'impact répété avec C-FVXY.

1.4 Autres dommages

Le champ agricole où s'est posé C-GZUB a été légèrement endommagé en surface, et il y a eu légère contamination du borbier à la suite des fuites de fluides provenant de C-FVXY.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Cessna 150G C-FVXY

	Commandant de bord
Licence de pilote	Licence de pilote privé canadienne - avion
Date d'expiration du certificat médical	Février 2013
Nombre total d'heures de vol	970
Heures de vol sur ce type d'aéronef	850 (approximatif)
Heures de vol dans les derniers 90 jours	14
Heures de vol sur ce type d'aéronef dans les derniers 90 jours	14
Heures en service avant l'accident	s. o.
Heures libres avant l'accident	s. o.

Le pilote, âgé de 61 ans, effectuait des vols récréatifs depuis plus de 11 ans, et il avait accumulé des heures de vol avec plusieurs aéronefs légers comme le Cessna 150. Il était propriétaire de C-FVXY, qu'il pilotait depuis 1999, et il occupait le siège du pilote de gauche à bord de l'aéronef, soit le siège normal du commandant de bord. Les dossiers indiquent que ce pilote était titulaire d'une qualification de vol de nuit, et qu'il était certifié et qualifié pour ce vol conformément à la réglementation en vigueur.

Au cours des dernières années, le pilote était devenu le chef d'un petit groupe de pilotes de la région qui pratiquaient fréquemment le vol en formation. Ce pilote, reconnu comme une personne prudente, avait préparé des notes d'information détaillées sur le vol en formation et les avait distribuées au groupe qui devait exécuter le survol du Monument commémoratif de guerre du Canada, à l'occasion des cérémonies annuelles du jour du Souvenir, dans la région de Vancouver.

Durant le vol en question, le pilote était accompagné d'un ami de longue date qui comptait au moins 50 ans d'expérience de vol et qui avait accumulé au fil des ans des centaines d'heures de vol à bord de nombreux petits aéronefs. Il avait déjà détenu une licence de pilote privé canadienne valide et d'une qualification de vol de nuit. Il volait fréquemment en tant que membre d'équipage dans des vols en formation récréatifs et agissait en tant qu'observateur pour plusieurs pilotes de la région à l'aéroport régional de Langley. Cette personne occupait le siège du pilote de droite, soit le siège qu'occuperait normalement un observateur durant un vol en formation ou un vol d'exercice.

1.5.2 Cessna 150L C-GZUB

	Commandant de bord
Licence de pilote	Licence de pilote privé canadienne - avion
Date d'expiration du certificat médical	Juin 2012
Nombre total d'heures de vol	490
Heures de vol sur ce type d'aéronef	250
Heures de vol dans les derniers 90 jours	15
Heures de vol sur ce type d'aéronef dans les derniers 90 jours	15
Heures en service avant l'accident	s. o.
Heures libres avant l'accident	s. o.

Le pilote, âgé de 58 ans, effectuait des vols récréatifs depuis plus de 9 ans, et il avait accumulé des heures de vol sur des aéronefs légers comme le Cessna 150 et le Piper PA-28. Il était propriétaire de C-GZUB, qu'il pilotait depuis 2009. Le jour de l'accident, il était seul à bord de l'aéronef et occupait le siège du pilote de gauche, soit le siège normal du commandant de bord. Les dossiers indiquent que ce pilote était titulaire d'une qualification de vol de nuit, et qu'il était certifié et qualifié pour ce vol conformément à la réglementation en vigueur.

Ce pilote, reconnu comme étant prudent et méticuleux, avait récemment manifesté un intérêt pour le vol en formation avec le groupe de Langley. Avant le vol en question, pendant 2 jours en janvier 2011, il avait accompagné d'autres pilotes à titre d'observateur durant des vols d'exercice en formation.

1.6 Renseignements sur les aéronefs

	C-FVXY	C-GZUB
Constructeur	Cessna Aircraft Company	Cessna Aircraft Company
Modèle	150 G	150 L
Année de fabrication	1967	1973
Numéro de série	15066711	15074143
Date du certificat de navigabilité	26 mai 1969	26 septembre 1995
Nombre total d'heures de vol cellule	7145	4760
Modèle du moteur	Teledyne Continental O-200-A	Teledyne Continental O-200-A
Modèle de l'hélice	McCauley 1A101	McCauley 1A102
Poids maximal de décollage	1650 livres	1600 livres
Carburant recommandé	AVGAS 100 LL	AVGAS 100 LL

Les aéronefs en cause étaient des monomoteurs à 2 places, monoplans à aile haute en porte-à-faux de construction métallique, avec train d'atterrissage tricycle fixe, dotés de doubles commandes en état de fonctionnement. D'après des documents récupérés après l'accident, les 2 aéronefs avaient à bord suffisamment de carburant pour effectuer le vol prévu, et l'on estime

que la masse et le centrage des 2 aéronefs au décollage depuis Langley étaient inférieurs aux limites certifiées. L'examen des dossiers de maintenance des aéronefs et des moteurs ainsi que d'autres documents n'a rien révélé de particulier. Les dossiers ont montré que les aéronefs étaient certifiés et équipés, et que la maintenance avait été effectuée, conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées.

1.7 Conditions météorologiques

Il n'existe pas d'observations météorologiques officielles pour la région où a eu lieu l'accident. L'information recueillie durant l'enquête a révélé que les conditions météorologiques qui prévalaient jusqu'au moment de l'accident étaient propices au vol selon les règles de vol à vue. Aucun rapport de turbulence ou autre phénomène météorologique défavorable n'a été confirmé. Les conditions météorologiques n'ont pas été un facteur contributif à cet accident.

1.8 Aides à la navigation

Les aides à la navigation n'ont joué aucun rôle dans cet accident. Les 2 aéronefs étaient dotés de transpondeurs codeurs d'altitude qui étaient en état de fonctionnement jusqu'au moment de l'accident. La couverture radar de NAV CANADA dans la région de l'accident avait une limite inférieure (plancher) supérieure à l'altitude du vol. Par conséquent, le radar du contrôle de la circulation aérienne (ATC) n'a pas pu suivre la trajectoire des aéronefs sous cette limite, ce qui explique pourquoi il n'existe aucune donnée radar pour ce vol.

1.9 Télécommunications

Les 4 aéronefs de ce vol en formation utilisaient une fréquence de communication commune, soit 123,45 mégahertz (MHz). Le chef de formation (C-FVXY) avait transmis des instructions sur la trajectoire de vol aux autres aéronefs sur cette fréquence, et avait également communiqué avec les unités de contrôle de la circulation aérienne de Langley et d'Abbotsford durant le vol vers Chilliwack.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Tous les aéronefs avaient décollé de l'aéroport régional de Langley, aérodrome certifié situé dans le canton de Langley. Ni l'aérodrome ni ses installations ne sont en cause dans cet accident.

1.11 Enregistreurs de bord

Aucun des aéronefs n'était doté d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de la parole dans le poste de pilotage, et la réglementation n'exigeait pas que ces aéronefs le soient.

Les 2 aéronefs étaient dotés d'un système de positionnement mondial (GPS) portable qui fonctionnait et qui était activé; toutefois, aucune donnée utile n'a été récupérée de l'un ou l'autre de ces appareils, car les pilotes n'avaient pas programmé ces appareils pour enregistrer ni stocker les données de trajectoire de vol.

Ainsi, aucune donnée électronique sur la trajectoire de vol des 2 aéronefs en cause n'a pu être utilisée dans le cadre de l'enquête. Ce manque de données a limité l'exactitude de la reconstitution des trajectoires de vol.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Cessna 150G (C-FVXY)

C-FVXY s'est disloqué en 4 grandes parties : le fuselage et les sections intérieures de la voilure; la section d'empennage, qui a été sectionnée, mais qui est restée attachée par les câbles de commande; et les 2 sections extérieures de la voilure, dont le côté gauche a été entièrement sectionné.

Un examen détaillé de l'épave a révélé des dommages caractéristiques d'une collision et d'une dislocation en vol. Les enquêteurs n'ont trouvé aucun signe de défaillance mécanique ni d'anomalie préexistante.

Le premier contact entre les 2 aéronefs est survenu lorsque l'hélice de C-GZUB a heurté le train d'atterrissage principal droit de C-FVXY, sectionnant les 4 boulons de fixation de l'essieu et déchirant le pneu, avant que la roue ne tombe de l'aéronef. À la suite de ce fort heurt d'hélice, le moteur de C-GZUB s'est immédiatement arrêté; C-FVXY n'a donc subi aucun autre dommage à cause de la rotation de l'hélice.

Le cône d'hélice, l'hélice et le nez de C-GZUB ont heurté la section ventrale de C-FVXY et y sont demeurés coincés tout le temps que les 2 aéronefs sont demeurés joints l'un à l'autre. La modification de l'écoulement d'air autour de l'aéronef a entraîné une importante turbulence et de violents tremblements de la cellule. Au même moment, l'aile gauche de C-GZUB a heurté plusieurs fois la partie inférieure de la section arrière de C-FVXY, ce qui a causé de lourds dommages structuraux au fuselage et à l'empennage de C-FVXY. Ces contacts répétés ont progressivement affaibli l'intégrité structurale de la section arrière de l'aéronef et se sont poursuivis jusqu'à ce que les aéronefs se séparent. L'empennage s'est séparé de la section arrière, mais est demeuré attaché à l'aéronef uniquement par les câbles de commande. Dès lors, avec l'empennage lourdement endommagé, il aurait été impossible de reprendre la maîtrise de C-FVXY, et tout rétablissement aurait été impossible.

La surface supérieure de la section arrière ainsi que la dérive verticale ont également été lourdement endommagées par ces heurts; toutefois, il n'a pas été possible de déterminer la séquence précise des événements qui ont entraîné des dommages. Il est possible que, lorsque l'empennage s'est détaché, une grande partie des dommages aient été causés par l'impact répété provoqué par l'écoulement d'air.

À un moment donné durant la descente en spirale, C-GZUB s'est détaché de C-FVXY et, comme le révèlent les dommages et les traces de peinture, le bout de son aile gauche a violemment heurté la vitre arrière gauche de C-FVXY, alors que celui-ci roulait vers la gauche pour se retrouver à l'envers.

Il est probable qu'à ce stade, la charge aérodynamique sur l'aile de C-FVXY était excessive et, sans l'effet d'équilibrage normal de l'empennage complet, l'aéronef a immédiatement piqué du nez, et la section extérieure des 2 ailes s'est retournée vers le bas de l'aéronef. La section extérieure de l'aile gauche s'est alors détachée, tandis que la section extérieure de l'aile droite

est demeurée attachée par le longeron avant, les câbles de commande et une partie de la voilure de l'aile.

L'enquête a déterminé que les forces aérodynamiques avaient retourné les ailes vers le bas; cependant, elle n'a pu déterminer à quel moment cela s'est produit. Il y a 2 possibilités : durant la descente en spirale pendant que les aéronefs étaient joints l'un à l'autre, ou bien après que C-FVXY fut séparé, son empennage endommagé le faisant piquer du nez. Ce dernier scénario est le plus probable. En résumé, toutes les gouvernes et tous les câbles ou tubes de commande étaient présents, et la continuité des commandes de vol a été confirmée.

1.12.2 Cessna 150L (C-GZUB)

Le Cessna C-GZUB a subi des dommages moins lourds à la suite de cette collision, ce qui a permis au pilote de reprendre la maîtrise complète du vol et de manœuvrer l'aéronef pour atterrir sans dommages additionnels.

Après s'être dégagé du chef de formation, C-GZUB est descendu sans moteur pour se poser dans un champ à proximité. L'examen de l'aéronef a relevé des dommages caractéristiques d'une collision en vol avec C-FVXY et d'une séparation ultérieure de cet aéronef. Les enquêteurs n'ont trouvé aucun signe de défaillance mécanique ni d'anomalie préexistante. Le fait que le pilote a pu manœuvrer l'aéronef sans moteur et le poser sans autre incident après une collision en vol témoigne de la manœuvrabilité de cet aéronef.

En résumé, toutes les gouvernes et tous les câbles de commande étaient présents, et la continuité des commandes de vol a été confirmée. L'examen a révélé que les volets étaient rentrés au moment de la collision en vol. Les dommages caractéristiques de collisions montrent que l'hélice de C-GZUB a heurté le train d'atterrissage principal droit de C-FVXY, que le nez a heurté la section ventrale au milieu du fuselage, et que l'aile gauche a heurté la partie inférieure du fuselage. Le moteur de C-GZUB s'est arrêté lorsque son hélice a heurté la roue et le pneu de C-FVXY.

Les dommages importants au bout de l'aile gauche de C-GZUB témoignent d'un impact lourd avec la vitre arrière gauche et la cellule de C-FVXY, ce qui montre que les 2 aéronefs se sont séparés dans un mouvement de roulis; c'est à ce moment que le bout de l'aile gauche a heurté la vitre arrière gauche et le toit de C-FVXY.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indique que des facteurs physiologiques ou invalidants auraient pu nuire à la performance du pilote qui est décédé. Un examen des activités récentes des 2 pilotes ne donne aucune indication que la fatigue ou tout autre facteur humain aurait pu jouer un rôle dans les circonstances de l'accident.

L'enquête a également déterminé que les 2 occupants de C-FVXY utilisaient un harnais de sécurité approprié. La force associée à la dislocation de l'aéronef après la collision en vol et à l'impact avec le relief qui a suivi était brutale et au-delà des limites normales de la résistance humaine. L'impact avec le sol n'a offert aucune chance de survie.

1.14 *Incendie*

Il n'y a eu aucun incendie.

1.15 *Questions relatives à la survie des occupants*

Une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) était installée à bord de chaque aéronef. L'appareil ELT à bord de C-FVXY s'est activé; toutefois, on n'a pas pu déterminer si c'est la force de la collision en vol ou encore l'impact avec le relief qui l'a activé. Cet appareil particulier était en fait un modèle plus ancien d'ELT qui transmettait sur une fréquence de 121,5 MHz, et le système de recherche et sauvetage assisté par satellite (SARSAT) n'a pas détecté le signal, étant donné qu'il ne surveille plus cette fréquence. Cependant, plusieurs aéronefs survolant la région ont capté le signal ELT et ont promptement informé les autorités de recherche et sauvetage (SAR).

1.16 *Essais et recherches*

Sans objet

1.17 *Renseignements sur les organismes et la gestion*

Sans objet

1.18 *Renseignements supplémentaires*

1.18.1 *Champ de vision limité à bord des aéronefs*

Lorsque le pilote d'un aéronef à aile basse, par exemple un Piper PA-28, effectue un virage à droite, la vue du pilote vers la gauche est partiellement bloquée par l'aile gauche. Sa vue vers la droite, toutefois, n'est pas du tout bloquée, bien que le pilote doive regarder à travers le poste de pilotage et au-delà de tout passager occupant le siège de droite. L'inverse est également vrai dans le cas d'un virage à gauche. Ainsi, durant un vol en formation, la position en palier descendant² d'un aéronef à aile basse fournit au pilote un meilleur contact visuel avec l'aéronef du chef.

Au contraire, lorsque le pilote d'un aéronef à aile haute, comme le Cessna 150, effectue un virage vers la droite, la vue du pilote vers la droite est en grande partie bloquée par l'aile droite. De plus, le pilote a encore plus de difficulté à voir vers la droite à travers le poste de pilotage et au-delà de tout passager occupant le siège de droite. Cependant, la vue du pilote est moins obstruée vers la gauche et vers le bas; peu importe, le champ de vision demeure limité par le bord d'attaque de l'aile au-dessus de la tête du pilote. L'inverse est également vrai dans le cas d'un virage à gauche. Une position en palier descendant pour un aéronef à aile basse, et une position en palier ascendant pour un aéronef à aile haute, fournissent au pilote un meilleur contact visuel avec le chef de formation. Dans le milieu de l'aviation générale, cependant, les experts affirment toujours qu'il est souvent dangereux de pratiquer le vol en formation à bord

² Palier descendant décrit la pratique selon laquelle chaque aéronef maintient une position de plusieurs pieds inférieure à celle de l'aéronef immédiatement devant lui. Pareillement, palier ascendant signifie que chaque aéronef occupe une position relative progressivement supérieure à l'aéronef devant lui.

d'un aéronef à aile haute étant donné le champ de vision limité depuis le poste de pilotage, et cette pratique n'est pas recommandée sans formation particulière³.

1.18.2 Formation d'aéronefs de types différents

Dans une situation où des aéronefs à aile haute et à aile basse volent ensemble, les limites des champs de vision pourraient être différentes et, au cours de certaines manœuvres, ces limites pourraient accroître les risques de perte de contact visuel avec le chef de formation. Il est à noter que l'on effectue souvent avec succès des vols en formation avec une combinaison d'aéronefs à aile haute et à aile basse; le fait important à noter dans ce cas touche l'attention particulière qu'il faut accorder à la formation. Dans l'accident en question, les 2 aéronefs en cause étaient des aéronefs à aile haute, et il n'y a donc pas eu cette combinaison d'aéronefs. Peu importe, les principes de vision obstruée au-dessus et à gauche dans le cas d'un aéronef à aile haute ont été des facteurs importants dans cet accident, étant donné que l'ailier se trouvait dans un virage ascensionnel vers la gauche lorsque les aéronefs sont entrés en collision.

1.18.3 Champ de vision du Cessna 150

Comme c'est le cas pour beaucoup d'aéronefs à aile haute, le champ de vision du pilote depuis le siège du pilote de gauche d'un Cessna 150 est limité à certains endroits en raison de la taille et de l'aménagement du poste de pilotage, du siège du pilote et des dimensions du fuselage. L'aile au-dessus du poste de pilotage crée un important angle mort vers le haut du champ de vision et de chaque côté. En particulier, la section au-dessus et à gauche de la tête du pilote est obstruée à cause de la proximité de l'aile. Pour un pilote de grande taille, la restriction du champ de vision est encore plus importante. Des examens pratiques d'aéronefs Cessna 150 standards permettent de conclure que le champ de vision avant-gauche d'un pilote de taille moyenne est adéquat sous le bout des ailes, mais fortement limité au-dessus de ce niveau (Photo 1). Cette situation pose un défi constant aux pilotes pour repérer et éviter les autres aéronefs.



³ Bill Stein, « The Risks and Rewards of Flying Wing », *PLANE & PILOT*, 23 juin 2009; *T-34 Formation flight Manual* (4^e édition); *The Art of Formation Flying*, vidéo de formation (Darton).

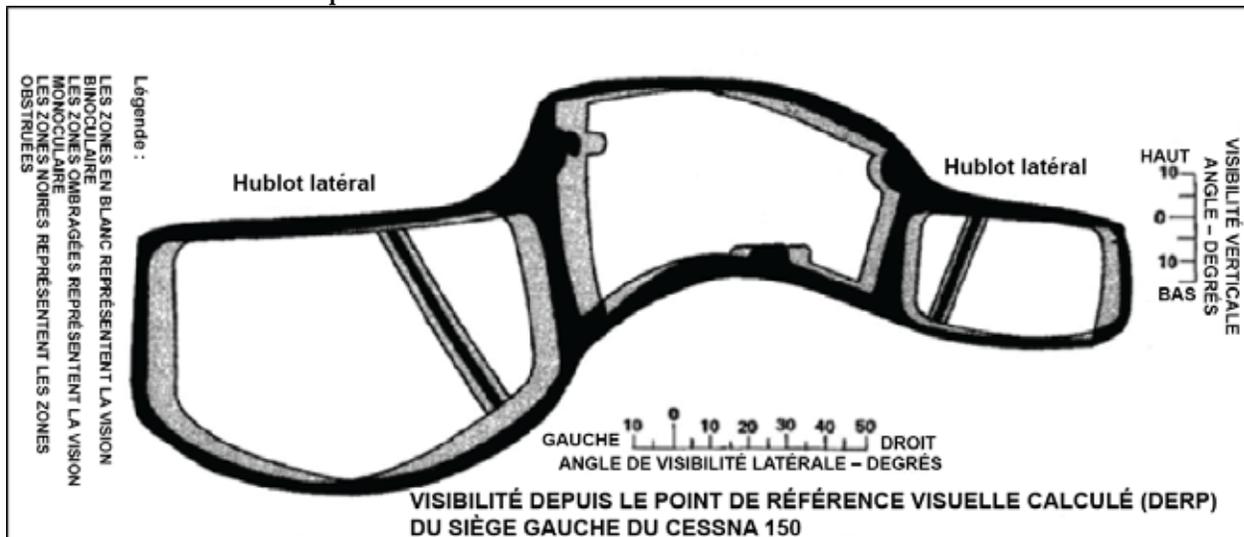
Photo 1. Vue normale depuis le siège du pilote de gauche

1.18.4 Position optimale du siège du pilote

Le vol en formation a pour principe de base que chaque pilote doit avoir une vue libre et constante du chef de la formation. En réglant leur siège en fonction de leur taille individuelle et de toute limite du champ de vision dans le poste de pilotage, les pilotes peuvent s'assurer d'avoir une vue constante et ininterrompue du chef.

Pour chaque pilote, il y a une position optimale du siège qui offre la meilleure vision à l'intérieur et à l'extérieur du poste de pilotage, et un accès aux interrupteurs et commandes. Chez les constructeurs d'aéronefs, cette position est généralement appelée le point de référence visuelle calculé, ou DERP (Figure 4). Dans les petits aéronefs comme le Cessna 150, le pilote doit habituellement régler son siège de manière à optimiser les facteurs suivants :

- plein et libre accès aux commandes de vol;
- accès aux commandes principales;
- vue non obstruée de tous les instruments et des voyants d'alarme;
- visibilité extérieure avant;
- confort du pilote.



1.18.5 Vol en formation — Définitions et réglementation

Il existe plusieurs définitions du vol en formation dans le milieu de l'aviation générale et dans la réglementation. Toutefois, ces définitions sont pour la plupart semblables.

Transports Canada (TC) offre une définition du terme dans la Norme 623.00 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) : « vol en formation - vol effectué par des aéronefs au cours duquel un aéronef vole principalement en se référant à un autre aéronef ».

Il est à noter que 2 autres documents de TC, soit le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC) (TP14371) et le *Glossaire à l'intention des pilotes et du personnel des services de la circulation aérienne* (TP11958F), définissent, de façon uniforme, le vol en formation aux fins de la planification des vols et de la navigation.

L'article 602.21 du RAC énonce : « Il est interdit d'utiliser un aéronef à proximité telle d'un autre aéronef que cela créerait un risque d'abordage. »

L'article 602.24 du RAC énonce :

Il est interdit d'utiliser un aéronef en vol en formation, à moins qu'une entente préalable ne soit intervenue :

- a) entre les commandants de bord des aéronefs en cause;
- b) dans le cas d'un vol effectué à l'intérieur d'une zone de contrôle, entre les commandants de bord des aéronefs en cause et l'unité de contrôle de la circulation aérienne compétente.

Il est à noter que la définition de TC dans la Norme 623 du RAC comprend tout particulièrement une référence aux spectacles aériens, contrairement à l'article 602.24 du RAC. Il n'existe aucune autre réglementation concernant le vol en formation, à l'exception des dispositions de la Partie VI, Sous-partie 3, Section I – Manifestations aéronautiques spéciales, qui touchent tout particulièrement les activités comme les spectacles aériens et qui exigent la délivrance d'un certificat d'opérations aériennes spécialisées – manifestation aéronautique spéciale. Cette réglementation fixe les exigences prescrites dans les sections parallèles de la Norme 623 – Opérations aériennes spécialisées.

Le service de contrôle de la circulation aérienne (ATC) de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis définit⁴ ainsi le vol en formation :

Plusieurs aéronefs qui, comme convenu préalablement entre les pilotes, se déplacent comme un seul aéronef relativement à la navigation et au signalement de sa position. L'espacement entre les aéronefs de la formation est du ressort du chef du vol et des pilotes des autres aéronefs du vol. Cela comprend les périodes de transition lorsque les aéronefs dans la formation manœuvrent pour se séparer les uns des autres afin de circuler individuellement, ainsi que le rassemblement et le dégagement. [Traduction]

La FAA prescrit des exigences concernant le vol en formation dans la section 91.111 intitulée *Circulation à proximité d'autres aéronefs* du *Federal Aviation Regulations (FAR)* (document en anglais seulement) :

- a) Personne ne peut exploiter un aéronef si près d'un autre aéronef qu'il engendre un risque de collision.
- b) Personne ne peut exploiter un aéronef en formation, sauf s'il a convenu d'agir ainsi avec le commandant de bord de chacun des aéronefs dans la formation.
- c) Personne ne peut exploiter un aéronef, avec des passagers payants à bord, en vol en formation. [Traduction]

Ces définitions de la FAA comprennent l'élément abordé à l'article 602.24 du RAC concernant l'exigence d'une entente préalable, mais excluent toute référence aux spectacles aériens.

⁴ Federal Aviation Administration, *Pilot/Controller Glossary*, AIM Order JO 7110.10 (en anglais seulement).

En ce qui a trait aux pilotes qui participent à un vol en formation dans le cadre de manifestations aéronautiques spécialisées, le Canada et les États-Unis ont une exigence importante, soit la nécessité de détenir la certification appropriée à cette pratique.

1.18.6 Notions de base du vol en formation

En général, un vol en formation avec des aéronefs à voilure fixe comprend un groupe d'aéronefs de configuration similaire et de même performance. Les aéronefs à aile basse volent habituellement en formation en observant une position en palier descendant à une hauteur variant de 5 à 10 pieds par rapport au chef.

Lorsqu'au moins 2 aéronefs volent en formation, ils ont un relèvement relatif constant l'un par rapport à l'autre, et chaque aéronef devrait paraître immobile pour l'autre ou les autres pilotes. Cette référence visuelle constitue le concept même de maintien de position par rapport au chef de la formation, et les pilotes modifient continuellement l'attitude et la puissance moteur de leur aéronef afin de demeurer dans leur position désignée. Durant un vol en formation stable, droit et en palier, tous les aéronefs volent à la même vitesse anémométrique; toutefois, durant les manœuvres en vol, la vitesse de chaque aéronef varie en fonction de sa position relative par rapport au chef du vol en formation.

De la perspective de l'ailier, le chef de formation n'affiche aucun mouvement relatif apparent et doit maintenir la même position de référence. Dans une perspective pratique, plus l'ailier s'éloigne du chef, plus il est difficile pour l'ailier de détecter le mouvement relatif du chef. Par conséquent, le décalage pour toute correction de position s'accroît. Un tel décalage exige une intervention accrue du pilote pour modifier l'attitude de son aéronef et sa puissance moteur; une intervention accrue du pilote entraîne plus de mouvement de l'aéronef, ce qui, jumelé au décalage de celui-ci, exige encore plus d'intervention du pilote pour le corriger. Cette situation entraîne une charge de travail accrue et met à l'épreuve les compétences du pilote de formation.

1.18.7 Exposé avant vol d'un vol en formation

L'esprit des règlements canadiens et américains en matière de vol en formation vise à garantir que les pilotes qui prennent part à une telle activité connaissent la position du ou des autres aéronefs ainsi que les manœuvres prévues, et qu'ils planifient la mission en conséquence. Ces règlements ne disent rien quant au contenu de ces exposés. Toutefois, plusieurs exemples d'exposés avant vol de vol en formation sont disponibles, et ils ont plusieurs éléments en commun, soit :

- le but et la trajectoire de la mission, les altitudes et les vitesses anémométriques;
- les conditions météorologiques et l'environnement;
- l'indicatif d'appel du vol, les positions, les réglages de puissance et les fréquences radio;
- la circulation au sol, le point fixe, le décollage, le rassemblement et en route;
- les situations imprévues et les procédures en cas de perte de contact visuel et de dégagement;
- le retour, l'approche et l'atterrissage.

L'exposé avant vol du vol en cause n'a pas fait état de tous ces éléments, en particulier les situations imprévues et les procédures à suivre en cas de perte de contact visuel.

1.18.8 Manœuvrer en formation

Dans une situation où le chef de formation amorce un virage vers l'ailier de droite, celui-ci doit immédiatement suivre le taux de roulis et l'angle d'inclinaison du chef. Simultanément, étant donné que l'ailier doit maintenir des positions relatives verticale et horizontale par rapport au chef, il doit descendre légèrement dans le virage; cette descente aura pour effet d'accroître sa vitesse anémométrique et, si le pilote ne la corrige pas au moyen d'une réduction coordonnée de la puissance, l'ailier devancera sa position correcte pour le maintien du contact visuel avec le chef de formation. De plus, étant donné que le diamètre intérieur d'un virage est plus petit, la distance intérieure est plus courte, ce qui accroît le défi pour l'ailier relativement à la gestion de la vitesse. Ainsi, une importante réduction de la puissance au bon moment est nécessaire afin que l'ailier conserve sa bonne position dans un virage. Une réduction insuffisante de la puissance aura pour conséquence que l'ailier dépassera l'aéronef du chef de formation, montera plus haut que lui ou les 2, auquel cas il le perdra de vue.

Pour ce qui est d'un virage à droite à un angle d'inclinaison de 15° , les 2 aéronefs étant positionnés à une distance de 150 pieds⁵, l'aéronef à l'intérieur du virage devra réduire sa vitesse pour maintenir la bonne position relative par rapport au chef de formation. Dans le cas du vol en cause, où le chef volait à 90 mi/h, l'ailier aurait dû réduire sa vitesse à environ 84 mi/h afin de maintenir sa position. Même si un aéronef vole plus vite qu'un autre, pour autant que le relèvement relatif demeure constant, l'aéronef conservera sa bonne position dans la formation.

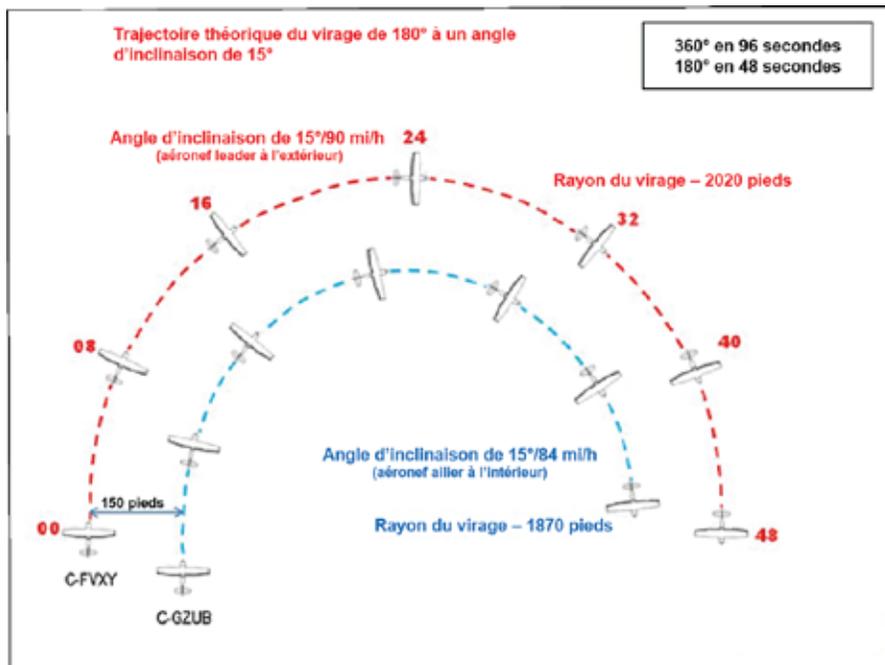


Figure 5. Virage en formation à un angle d'inclinaison de 15° (le diagramme n'est pas à l'échelle)

⁵ Valeur approximative – la distance réelle a varié de 3 à 6 envergures d'ailes (de 100 à 200 pieds).

1.18.9 *Formation et normes pour le vol en formation*

Les élèves-pilotes canadiens n'apprennent pas les notions de base du vol en formation durant leur progression vers l'obtention d'une licence de pilote privé ou professionnel.

Néanmoins, il existe amplement d'information disséminée par de nombreux groupes, associations et écoles de pilotage qui participent activement à l'enseignement et à la pratique du vol en formation. La plupart de ces organismes sont établis aux États-Unis, mais cette information est largement accessible, et les pilotes canadiens peuvent certainement tirer parti de ce réseau de connaissances.

Dans le cadre de l'enquête, des renseignements ont été recueillis auprès du milieu de l'aviation récréative de la région concernant les connaissances générales sur le vol en formation et les dangers qui accompagnent cette pratique. En résumé, beaucoup de pilotes ne savaient pas qu'il existe des groupes officiels (par exemple RedStar et Team RV); la plupart n'étaient pas au courant du processus et de la certification de la Formation and Safety Team (FAST); la plupart n'étaient pas au courant du soutien qu'offrent divers groupes récréatifs et experts de la région; et beaucoup n'étaient au courant que de certains des risques du vol en formation. Ces résultats montrent qu'une formation meilleure et plus uniforme serait souhaitable afin de réduire les risques liés au vol en formation récréatif.

Au début des années 1990 aux États-Unis, en réponse à un certain besoin qui s'était manifesté au sein de la communauté des amateurs d'aéronefs militaires d'époque pour normaliser le vol en formation et accroître la sécurité de cette pratique, le Formation and Safety Training National Standard Program a été mis sur pied. Cette initiative est née de l'exigence de la FAA selon laquelle les pilotes devaient être certifiés pour voler en formation durant les spectacles aériens. Aujourd'hui, il existe au moins 3 groupes spécialisés qui décernent cette certification : la FAST, le Joint Liaison Formation Committee (JLFC), et Formation Flying Inc. (FFI).

Depuis son établissement, la FAST est devenue un organisme à caractère éducatif d'envergure mondiale spécialisé dans le vol en formation d'aéronefs civils et militaires d'époque remis à neuf. Aujourd'hui, la FAST regroupe plus de 16 organismes signataires qui ont pour mission de promouvoir le vol en formation sécuritaire et d'appuyer la formation en matière de remise en état, de maintenance et de pilotage des aéronefs de leurs membres. Plus précisément, la FAST a joué un rôle central dans l'élaboration de la documentation de normalisation du vol en formation en nommant des pilotes vérificateurs, en déterminant les méthodes administratives d'évaluation et de vérification des vols, et en créant des manuels. Voici certaines des associations signataires :

- Canadian Harvard Aircraft Association
- Canadian Warplane Heritage Museum
- EAA Warbirds of America
- Joint Liaison Formation Committee
- Redstar Pilots Association
- Swift Formation Committee
- T-34 Association Inc

Bon nombre des groupes ci-dessus sont représentés au Canada. Dans les basses-terres continentales de la Colombie-Britannique, on trouve des sous-groupes qui comptent leurs propres membres, par exemple :

- Swift Formation Committee
- Team RV
- YAK Group
- The Fraser Blues

Le JLFC a été mis sur pied pour encourager et faire respecter la sécurité, la normalisation et la compétence en matière de vols de liaison et de vols en formation avec aéronefs d'entraînement légers. Le JLFC est membre de la FAST et est habilité à délivrer la certification FAST aux pilotes. Le Formation Standards and Proficiency Program du JLFC adhère au modèle du programme FAST, et il a pour mission de fournir :

- des normes régissant le vol en formation et l'entraînement à cette pratique;
- un système d'évaluation de la compétence;
- une méthode de surveillance du maintien des compétences.

Sur le plan de la normalisation, le manuel *Formation Flight Manual* (qui en est à sa 4^e édition) de la T-34 Association a été adopté de fait par les principaux organismes comme la FAST, le FFI et le JLFC en tant que norme pour le vol en formation, avec des addendas pertinents rédigés par divers groupes d'aéronefs spécialisés, y compris RedStar Pilots Association, Swift Formation Committee et Team RV. Cette information est également offerte en format vidéo sur 2 DVD intitulés *The Art of Formation Flying*, réalisés par Bob Hoover.

1.18.10 Manifestations aéronautiques spéciales

Pour ce qui est du vol en formation, les organismes de réglementation de l'aviation au Canada et aux États-Unis visent principalement à protéger les gens qui se réunissent au sol pour regarder des spectacles aériens où ont lieu des vols en formation et des acrobaties aériennes. Le RAC prescrit les normes et limites en ce qui concerne les manifestations aéronautiques spéciales. Ces événements comprennent les spectacles aériens, les courses aériennes à basse altitude, les compétitions d'acrobaties aériennes, les rassemblements d'aéronefs et les festivals de montgolfières. Les définitions de TC qui suivent proviennent du RAC⁶ :

- « spectacle aérien » – toute présentation ou démonstration aérienne menée par un ou plusieurs aéronefs en présence d'un rassemblement de personnes invitées;
- « défilé aérien » - survol non acrobatique ou une série de survols non acrobatiques effectués par un ou des aéronefs à un spectacle aérien;
- « rassemblement d'aéronefs » - rassemblement planifié, sur un aérodrome spécifié, d'un certain nombre d'aéronefs en présence d'un rassemblement de personnes invitées, ne donnant lieu à aucun des événements suivants :
 - a) un vol de compétition entre aéronefs;
 - b) des démonstrations en vol;
- « passage en vol » - survol non acrobatique effectué par un ou des aéronefs faisant partie intégrante d'une prestation de voltige.

Le RAC prescrit les exigences d'admissibilité des participants à un spectacle aérien pour y effectuer des manœuvres acrobatiques aériennes et d'autres manœuvres. Ce règlement précise les distances et les altitudes sécuritaires minimales que les aéronefs doivent respecter. Ces

⁶ *Règlement de l'aviation canadien (RAC), Partie VI, Règles générales d'utilisation et de vol des aéronefs, Norme 623 - Opérations aériennes spécialisées, Définitions.*

exigences touchent aussi les qualifications des pilotes, la documentation, l'entraînement au vol en formation, la mise à jour des connaissances de vol et la pratique.

Malgré la réglementation et les normes qui régissent la tenue de spectacles aériens, il n'y a pour autant qu'un seul règlement particulier, soit l'article 602.24 du RAC, qui s'applique directement au vol en formation à l'extérieur de l'environnement des spectacles aériens. Autrement, le RAC ne comprend aucun règlement et aucune norme visant le vol en formation, l'entraînement à cette pratique ou l'exécution de vols en formation.

1.18.11 Interpolation de la trajectoire de vol par le laboratoire du BST

Le laboratoire du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a examiné l'information connue sur les trajectoires de vol, et au moyen d'un logiciel de dessin et de conception assistée par ordinateur, a estimé une trajectoire de vol plausible pour les 2 avions en cause. Plusieurs hypothèses ont dû être acceptées pour effectuer les calculs : une vitesse anémométrique de 90 mi/h, une altitude de 1500 pieds asl et un angle d'inclinaison de 15°. Il a été admis que le chef de formation a maintenu cette vitesse et cet angle d'inclinaison durant toute la manœuvre, puisqu'il n'y avait aucun renseignement à l'effet contraire. Il a également été admis que l'ailier numéro 2 (C-GZUB) n'avait pas réduit suffisamment sa vitesse pour maintenir sa position assignée dans la formation sur le côté droit du chef de formation.

Même s'il est possible que les aéronefs dans la formation volaient à des vitesses anémométriques et à des angles d'inclinaison autres que les valeurs hypothétiques ci-dessus, les calculs du laboratoire ont montré que l'utilisation d'autres valeurs ne menait à aucune différence importante. Dans l'unique but de comprendre la situation dynamique de base de cet accident, il est raisonnable d'utiliser les valeurs admises dans l'analyse et de reconnaître qu'il pourrait y avoir de légères inexactitudes.

En résumé, l'analyse du laboratoire a conclu que durant l'amorce du virage à droite (Figure 6), la différence de vitesse anémométrique aurait mené C-GZUB à dépasser le chef de formation et à le perdre de vue. Cette situation aurait également empêché le pilote de C-GZUB d'apercevoir le chef durant le dernier virage à gauche avant la collision. Il a également été conclu que le chef aurait été incapable de voir l'ailier qui s'approchait de la droite avant qu'il ne soit trop tard pour éviter la collision.

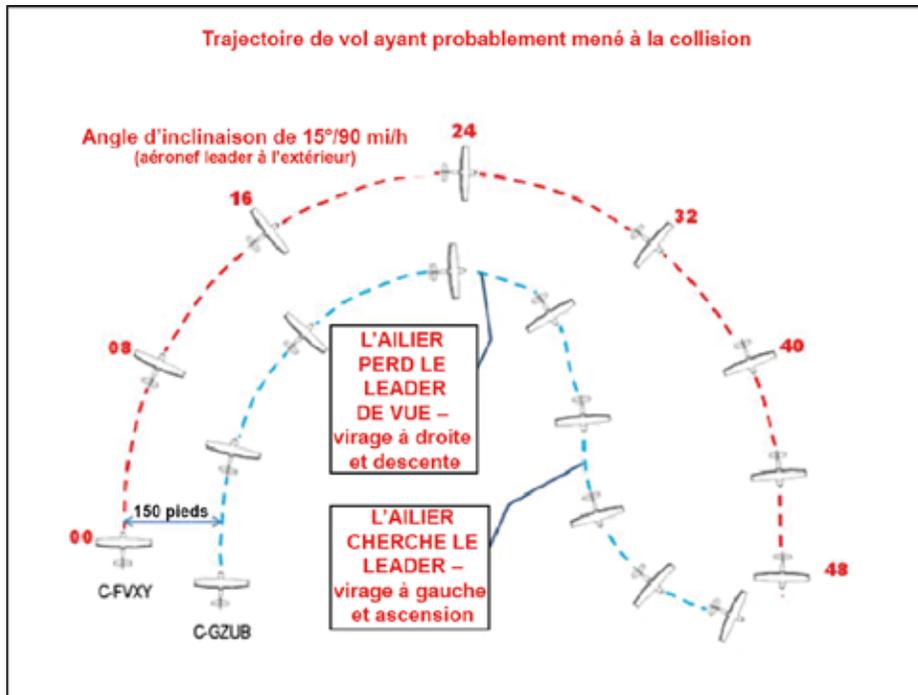


Figure 6. Trajectoire de vol ayant probablement mené à la collision (le diagramme n'est pas à l'échelle)

1.18.12 Espace aérien

La trajectoire de vol du groupe, de Langley à Mission, a traversé une combinaison d'espaces aériens non contrôlés de classe F et de classe G⁷ dans lesquels les services de la circulation aérienne (ATS) n'ont ni l'autorité ni la responsabilité d'exercer un contrôle de la circulation aérienne. Les unités ATS fournissent néanmoins des renseignements de vol ainsi que des services d'alerte qui avertissent automatiquement les autorités de recherche et sauvetage lorsqu'un aéronef est en retard. Surtout, les pilotes qui exploitent des aéronefs dans ces classes d'espaces aériens assument l'entière responsabilité de la détection et de l'évitement des autres aéronefs et du maintien de l'espacement avec ceux-ci. Les facteurs liés à l'espace aérien n'ont joué aucun rôle dans cet accident.

Lorsque le groupe a amorcé le virage à gauche pour changer de cap de 90° vers le nord, il est entré dans un espace aérien de classe F, désigné CYA 178 (A)(T)(H), soit un espace aérien non contrôlé où la réglementation permet l'entraînement au vol, les manœuvres acrobatiques aériennes et l'exploitation de deltaplanes, et où ces activités ont fréquemment lieu. Il s'agit d'une zone reconnue et populaire pour les vols récréatifs et pour l'entraînement au vol VFR parmi les pilotes de plusieurs aéroports avoisinants, y compris ceux de Langley, de Pitt Meadows et de Chilliwack. Les cartes aéronautiques qu'utilisent les pilotes indiquent les dimensions physiques des espaces aériens, notamment la carte de région terminale VFR (VTA) de Vancouver.

⁷ L'espace aérien intérieur canadien se divise en 7 classes, chacune identifiée par une lettre unique, soit A, B, C, D, E, F ou G. Des règles précises régissent le vol d'aéronefs dans chacune de ces classes et se trouvent dans le RAC, Partie VI, Section I - Structure, classification et utilisation de l'espace aérien.

1.18.13 Statistiques sur les collisions en vol

Depuis 1989, il y a eu au total 34 collisions en vol dans l'aviation civile au Canada. Huit de ces accidents sont survenus durant des vols en formation. Les autres sont survenus dans des secteurs d'entraînement au vol ou à proximité d'aéroports.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Étant donné que ni l'un ni l'autre des aéronefs en cause n'était doté d'un enregistreur de données de vol, il n'existe pas de données précises qui permettraient de reconstituer les trajectoires de vol qui ont mené à cette collision.

Ainsi, le laboratoire du BST a examiné l'information connue relative aux trajectoires de vol et a estimé les trajectoires possibles des aéronefs au moyen d'un logiciel de dessin et de conception assistée par ordinateur.

En outre, le laboratoire a analysé la visibilité depuis le poste de pilotage au moyen de la modélisation mathématique et a déterminé plusieurs limites du champ de vision à bord du Cessna 150 qui auraient empêché les pilotes de s'apercevoir l'un et l'autre durant les étapes critiques du vol.

2.0 *Analyse*

2.1 *Généralités*

Cet accident est une collision en vol entre aéronefs dépendants, c'est-à-dire que les pilotes en cause volaient délibérément proches les uns des autres dans le cadre d'un vol en formation prévu. Les profils de vol des 2 aéronefs en cause indiquent que ni l'un ni l'autre des pilotes n'a aperçu l'autre aéronef à temps pour effectuer une manœuvre d'évitement efficace. L'enquête n'a pu déterminer ce qui se passait à l'intérieur du poste de pilotage de C-FVXY au moment de l'accident.

Aucun signe de défaillance mécanique préexistante n'a été trouvé dans l'un ou l'autre des aéronefs. L'analyse va donc porter essentiellement sur les enjeux opérationnels et les dangers propres au vol en formation, ainsi que sur la trajectoire de vol, pour fournir l'explication la plus probable de cet accident.

2.2 *Circonstances opérationnelles*

Même si la réglementation, les normes et les procédures au Canada abordent de façon particulière le vol en formation dans le cadre de spectacles aériens, à l'exception de l'article 602.24 du RAC, il n'existe aucun règlement ni aucune norme qui porte sur la pratique du vol en formation ou sur l'entraînement en vue de cette activité. Les pilotes avaient préalablement convenu ensemble d'effectuer ce vol avant le décollage.

2.3 *Enjeux touchant la vision dans les aéronefs à aile haute*

Le Cessna 150 est un aéronef à aile haute dont les dimensions du fuselage et du poste de pilotage, ainsi que la position du siège du pilote, donnent lieu à des limites connues du champ de vision. Par exemple, dans les virages, les ailes limitent les champs de vision supérieurs des 2 côtés de l'aéronef. Dans le milieu de l'aviation générale, on s'accorde pour dire que le vol en formation avec des aéronefs à aile haute est beaucoup plus difficile et présente de plus grands risques de collision qu'avec des aéronefs à aile basse.

Lorsque des aéronefs à aile haute et à aile basse volent en formation, les risques de perte de contact visuel entre aéronefs ou de collision peuvent augmenter. Même si les aéronefs à aile haute et à aile basse peuvent voler en formation sans accident, les niveaux d'expérience et de compétence des pilotes qui effectuent ce genre de vol sont nécessairement plus élevés.

Le champ de vision limité depuis le siège du pilote de gauche dans le poste de pilotage du Cessna 150 a empêché le pilote de C-GZUB de maintenir le contact visuel avec l'autre aéronef : d'abord, le pilote a été incapable de repérer le chef avant de rejoindre la formation, et ensuite il n'a pas aperçu à temps le chef durant le virage pour prévenir une collision. Il se peut que l'équipage à bord de C-FVXY ait eu la vue obstruée.

2.4 *Comment C-GZUB a perdu de vue C-FVXY*

À partir des données de vol connues, des traces de dommages causés par l'impact et des calculs du laboratoire du BST, l'enquête a déterminé une trajectoire de collision en vol probable des aéronefs en cause. S'il existe plusieurs combinaisons possibles de trajectoires de vol menant au

même point, toutes se soldent par une collision et toutes ont en commun l'élément de perte de contact visuel entre les aéronefs. De plus, ce sont les caractéristiques de configuration des ailes et des vitres qui ont mené à cette perte de contact visuel.

Quand des aéronefs volent en formation, l'ailier doit maintenir une position relative constante par rapport au chef. Pour maintenir cette position, le pilote doit continuellement modifier l'attitude et la puissance moteur de l'aéronef pour corriger toute variation d'altitude et de vitesse relatives. Dans cet accident, lorsque le chef de formation (C-FVXY) a viré à droite, l'ailier (C-GZUB) devait réduire à la fois sa vitesse anémométrique et son altitude afin de maintenir sa position correcte dans la formation. Ces corrections exigent une réduction importante et rapide de la puissance moteur. Étant donné la proximité des aéronefs, une légère différence de vitesse peut avoir un effet important sur la ligne de gisement constante nécessaire pour tenir une position. Si l'ailier (C-GZUB) n'avait pas réduit suffisamment ou assez rapidement sa puissance moteur, l'aéronef aurait devancé sa position, et le chef de formation serait sorti du champ de vision sous l'aile gauche (Figure 7).

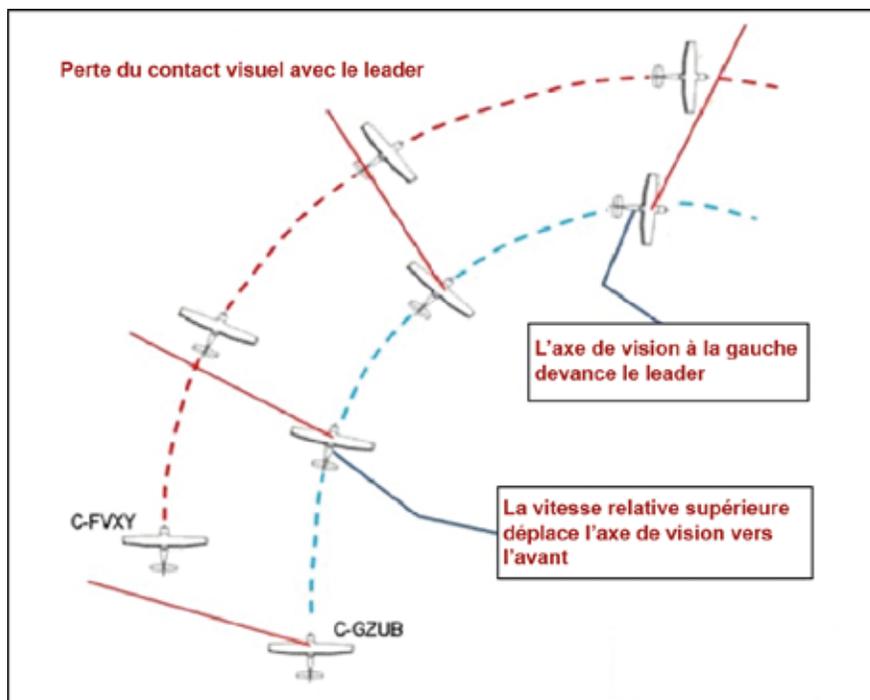


Figure 7. Perte de contact visuel avec le chef de formation (le diagramme n'est pas à l'échelle)

Dans un tel scénario, le pilote de C-GZUB aurait perdu de vue le chef de formation. À ce stade, C-GZUB aurait effectué un virage vers la droite en descendant pour s'écarter du chef et ainsi éliminer le risque de collision. À partir de ce moment, le pilote de C-GZUB aurait été incapable de voir C-FVXY derrière lui et à sa gauche à cause du champ de vision limité depuis le poste de pilotage. Lorsque le pilote de C-GZUB a effectué un virage à gauche pour retrouver le chef, son champ de vision était encore plus réduit, lui donnant encore moins de chance d'apercevoir C-FVXY qui s'approchait sur sa gauche (Figure 8).

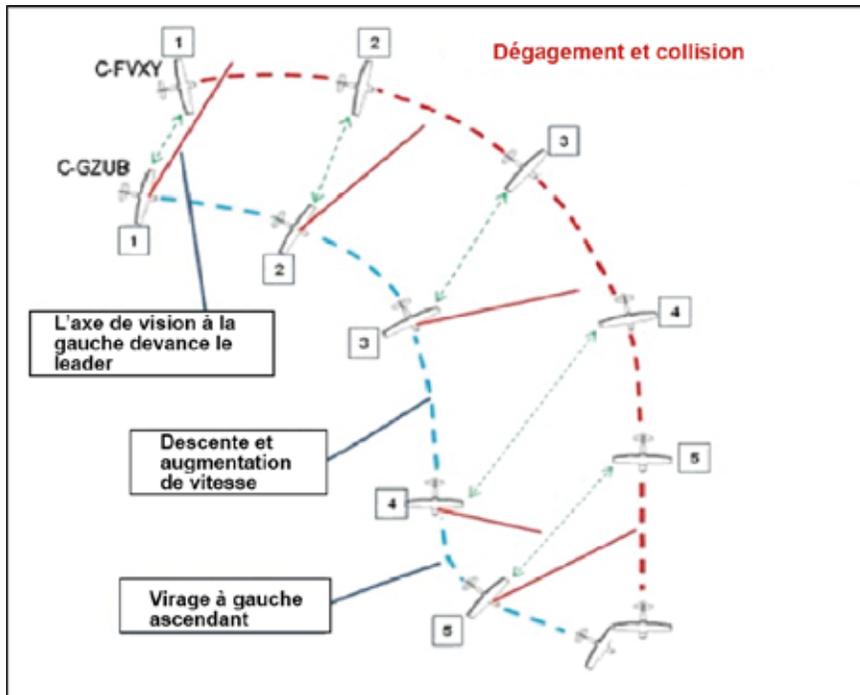


Figure 8. Dégagement et collision (le diagramme n'est pas à l'échelle)

2.5 *Pratique recommandée en cas de perte de contact visuel avec le chef de formation*

La perte de contact visuel avec la formation ou le chef constitue le principal danger menant à une collision en vol. Au sein des groupes de vol en formation, la procédure de reprise exige que l'aéronef en question se dégage immédiatement de la formation et suive une trajectoire de vol divergente pour accroître l'espacement. De plus, il ne faut en aucun cas tenter de se rapprocher du groupe tant que son chef n'a pas donné d'instructions à cet égard. Une fois que le chef peut voir l'ailier, il peut indiquer à l'aéronef de maintenir un espacement sécuritaire et, selon les circonstances, donner des instructions à l'ailier pour que celui-ci rejoigne la formation.

Lorsque C-GZUB a viré vers la gauche et amorcé sa montée, un risque de collision a été créé en raison des trajectoires de vol. L'analyse du laboratoire a déterminé qu'aucun des pilotes ne pouvait apercevoir l'autre en raison du champ de vision limité par la configuration à aile haute et les angles d'inclinaison.

2.6 *Vol en formation*

2.6.1 *Surveillance et normes*

Cette enquête a révélé que les nombreux groupes, associations et écoles de pilotage qui pratiquent le vol en formation considèrent la T-34 Association comme organisme phare dans ce domaine. De plus, l'organisme Formation And Safety Team (FAST) est considéré comme principal surveillant des pratiques et des normes acceptées. À ce titre, ce groupe gère des systèmes qui garantissent la qualification, les compétences et le maintien de celles-ci. Transports Canada (TC) ainsi que la Federal Aviation Administration (FAA) exigent une

mention ou qualification FAST (ou équivalente) de tout pilote souhaitant participer à un vol en formation dans le cadre d'un spectacle aérien.

2.6.2 Exposé avant vol

L'exposé avant vol a pour objectif de s'assurer que les pilotes qui prendront part au vol en formation proposé sont bien informés des manœuvres et des pratiques que le groupe compte effectuer. Les protocoles FAST stipulent que le contenu de l'exposé doit au moins comprendre le but de l'exercice, la route à suivre, l'altitude et la vitesse anémométrique du vol, ainsi que les procédures de formation et d'urgence. On ne saurait trop insister sur la valeur et l'importance d'un exposé avant vol exhaustif.

Le vol en formation en question s'est déroulé en fin d'après-midi, vers la fin des heures de clarté hivernales, ce qui a limité le temps dont disposait l'équipe pour faire un exposé exhaustif. Dans ce cas-ci, l'exposé avant vol a porté sur les procédures de rassemblement en formation et de dégageement de la formation à Chilliwack, mais il n'a pas été question de marche à suivre en cas de perte de contact visuel avec un aéronef ni d'autres pratiques en situation d'urgence.

L'omission de procédures claires dans de telles situations revêt une importance particulière étant donné l'expérience limitée du pilote de C-GZUB, aussi bien par rapport au vol en formation qu'au groupe lui-même. L'enquête a déterminé qu'après s'être délogé vers la droite pour établir un espacement, l'aéronef a viré de nouveau vers la gauche pour rétablir le contact visuel avec le chef et ainsi rejoindre la formation. Par contre, les divers manuels de vol en formation qu'ont adoptés de nombreux groupes de vol en formation, de même que l'information vidéo sur l'entraînement au vol en formation accessible sur DVD, proscrivent toujours de tels virages lorsque la position de la formation est inconnue.

En cours de préparation au vol, le groupe a discuté de la possibilité de placer un observateur à bord de C-GZUB pour le vol de retour vers Langley. La présence d'une autre personne dans le poste de pilotage pour agir en tant que guide aurait pu être un grand avantage pour le pilote de C-GZUB durant son premier vol en formation. Outre l'avantage d'avoir une autre personne à bord agissant comme guetteur, cette personne aurait pu aussi donner directement des conseils et partager des techniques de vol utiles. En effet, l'information sur l'entraînement au vol en formation indique que la présence à bord d'un second pilote ayant de l'expérience de vol en formation est un élément essentiel de l'environnement d'apprentissage. Dans cet accident, le pilote de C-GZUB a préféré ne pas avoir d'observateur à bord en raison du risque de distraction.

2.6.3 Entraînement au vol

Exception faite du vol en formation dans le cadre d'une manifestation aéronautique spéciale, par exemple un spectacle aérien, la réglementation canadienne ne prescrit aucune norme en matière de compétence, d'entraînement ou de validité en ce qui a trait aux pilotes de l'aviation civile effectuant des vols en formation au Canada. Rien n'empêche un pilote de tenter un vol en formation sans entraînement aucun, sous réserve unique qu'il y ait une sorte d'entente préalable entre les pilotes, et avec le contrôle de la circulation aérienne (ATC), si nécessaire. Les risques liés au vol en formation pourraient ne pas être évidents tant que l'on n'a pas tenté un tel vol avec d'autres aéronefs. Il est alors trop tard pour mettre au point des pratiques et des techniques sécuritaires et efficaces.

Il est possible de comparer cette situation au vol aux instruments, où les compétences et les pratiques requises pour effectuer n'importe quel type de vol dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) s'acquièrent par une formation et un entraînement rigoureux et structurés, accompagnés de révisions et de validations récurrentes. Les concepts de formation et d'entraînement sont officiellement reconnus dans le contexte de manifestations aéronautiques spéciales, puisque les pilotes qui souhaitent participer à un tel événement doivent détenir la certification FAST ou une autre certification semblable.

Pour ce qui est du milieu de l'aviation générale, cependant, hormis l'environnement de spectacle aérien, lorsque les pilotes récréatifs veulent prendre part à un vol en formation, il se peut qu'il existe un manque de connaissances des risques que comporte le vol en formation et des pratiques normalisées, ainsi qu'une ignorance de l'existence de groupes de soutien qui offrent de l'entraînement au vol en formation.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Durant le virage à droite du vol en formation, le pilote de C-GZUB a perdu de vue le chef (C-FVXY).
2. Après avoir d'abord opté pour une trajectoire de vol qui éliminait le risque de collision, le pilote de C-GZUB a viré vers la gauche et vers le chef pour rejoindre la formation, plaçant ainsi involontairement son aéronef sur une trajectoire qui a mené à la collision avec le chef.
3. La configuration à aile haute de C-GZUB a réduit de façon importante le champ de vision, et durant le virage à gauche, le pilote ne pouvait pas voir le chef de formation, qui se trouvait sur une trajectoire de collision.
4. Les dommages causés par l'impact de la collision en vol ont rendu C-FVXY impossible à maîtriser, et celui-ci n'a pas pu être maintenu en vol; il a chuté rapidement avant de percuter le relief.
5. Pendant l'exposé avant vol, le groupe n'a pas discuté des procédures de contingence en cas de perte de contact visuel avec un aéronef, et n'a pas passé en revue les pratiques acceptées pour rejoindre la formation.
6. Pour les occupants de C-FVXY, les forces de l'impact en vol et de la collision avec le relief ont dépassé les limites normales de la résistance humaine, et l'accident n'a offert aucune chance de survie.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Le vol en formation en aéronefs à aile haute pose des risques en raison des angles de vision limités depuis le poste de pilotage.
2. Le vol en formation qui regroupe des types d'aéronefs dissemblables est difficile et exige des niveaux de compétence plus élevés, particulièrement s'il y a combinaison d'aéronefs à aile haute et à aile basse. Une telle combinaison d'aéronefs engendre un risque encore plus élevé pour les pilotes qui ne participent qu'occasionnellement à des vols en formation.
3. Le vol en formation exige des niveaux plus élevés de compétence, de discipline et d'entraînement que les vols ordinaires. Sans un entraînement officiel approprié pour atteindre ces niveaux, les risques de collision en vol sont élevés.
4. La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) à bord de C-FVXY ne transmettait qu'à la fréquence 121,5 mégahertz (MHz), et seulement quelques aéronefs volant à haute altitude dans la région ont capté son signal. Lorsque l'on utilise des ELT de ce type, il y a risque qu'une situation d'urgence passe inaperçue.
5. Le fait de n'avoir aucun observateur chevronné à bord durant un tout premier vol en formation accroît le risque de gestes dangereux de la part du pilote en situation de perte de contact visuel.

3.3 *Autres conclusions*

1. Plusieurs organismes civils en Amérique du Nord se spécialisent dans le vol en formation et, ensemble, fournissent de l'information, des conseils et de l'aide aux pilotes qui souhaitent s'adonner à cette activité.
2. Même si les 2 systèmes de positionnement mondial (GPS) à bord des aéronefs en cause fonctionnaient au moment de l'accident, l'enquête n'a pu recueillir aucune donnée quant à la trajectoire de vol de ces aéronefs, car ni l'un ni l'autre des appareils GPS n'était réglé pour enregistrer les trajectoires de vol. L'absence de telles données a empêché l'enquête de déterminer les trajectoires de vol réelles des aéronefs.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures de sécurité prises*

4.1.1 *Transports Canada*

Transports Canada (TC) a émis un bulletin de sécurité concernant les dangers que comporte le vol en formation. La brochure intitulée « Vol en formation » de la série *Un instant!* (TP 2228F-39) de TC fait valoir l'importance de la planification avant vol et des compétences de pilotage pour réduire les risques liés au vol en formation (Annexe B).

Du 24 au 26 juin 2011, TC a assisté au congrès annuel de la Canadian Owners and Pilots Association (COPA) à Langley (Colombie-Britannique), et a profité de l'occasion pour distribuer son plus récent feuillet *Un instant!*, qui traite du vol en formation. TC a aussi offert aux participants de l'information sur toutes sortes de questions de sécurité connexes.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 7 août 2012. Il est paru officiellement le 11 septembre 2012.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également la Liste de surveillance qui décrit les problèmes de sécurité dans les transports présentant les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a établi que les mesures prises jusqu'à présent sont inadéquates, et que tant l'industrie que les organismes de réglementation doivent prendre de nouvelles mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexes

Annexe A – Liste des rapports de laboratoire du BST

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire du BST suivants :

1. LP019/2011 – *GPS Download* (Transfert des données du récepteur GPS)
2. LP020/2011 – *Cockpit Visibility Analysis* (Analyse de la visibilité depuis le poste de pilotage)

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Annexe B – Feuillet « Un instant! » de TC sur le vol en formation



UN INSTANT!
pour votre sécurité
cinq minutes de lecture pourraient
sauver une vie.

VOL EN FORMATION

Le risque :
En tant que pilotes, nous avons l'habitude de gérer et d'atténuer les risques. Le vol en formation comporte de nouveaux dangers, car les décisions sont prises uniquement par le pilote de l'aéronef qui est à la tête du groupe, et non par chaque pilote individuellement. Celui-ci doit naviguer, communiquer et penser en fonction de tout le groupe tout en manœuvrant son appareil et en tenant compte des autres aéronefs de la formation. Une formation spécialisée, des années d'expérience et de strictes procédures d'utilisation normalisées (SOP) permettent aux pilotes des Forces armées et aux équipes de voltige aérienne de précision d'atténuer les risques à cet égard.

Comment réduirez-vous les risques liés au vol en formation?

Le Règlement :
Deux articles du *Règlement de l'aviation canadien (RAC)* s'appliquent au vol en formation dans des circonstances autres qu'un spectacle aérien :

602.21 Il est interdit d'utiliser un aéronef à proximité telle d'un autre aéronef que cela créerait un risque d'abordage.

602.24 Il est interdit d'utiliser un aéronef en vol en formation, à moins qu'une entente préalable ne soit intervenue :

- a) entre les commandants de bord des aéronefs en cause;
- b) dans le cas d'un vol effectué à l'intérieur d'une zone de contrôle, entre les commandants de bord des aéronefs en cause et l'unité de contrôle de la circulation aérienne compétente.

L'exposé avant vol devrait être considéré comme un élément essentiel de l'organisation à l'avance des vols en formation, laquelle est obligatoire.

Avant le vol, posez-vous quelques questions...

- L'exposé avant vol traite-t-il de la façon dont le vol devrait être effectué tant dans des conditions normales qu'en situation d'urgence?
- Quel sera votre rôle en situation d'urgence?
- Vos compétences en matière de vol en formation sont-elles suffisantes pour qu'il n'y ait pas de risque de collision? Comment le savez-vous?
- Le pilote de l'aéronef qui vole à proximité du vôtre est-il assez qualifié? Comment le savez-vous?

Si vous n'arrivez pas à répondre facilement à ces questions, envisagez de reporter le vol jusqu'à ce que vous puissiez le faire.

Autres facteurs et renseignements :

- Ce ne sont pas toutes les compagnies d'assurance qui couvrent le vol en formation; vérifiez auprès de votre assureur si la vôtre le fait.
- L'article 12.13 de la section RAC du *Manuel d'information aéronautique (AIM)* décrit les procédures de vol en formation en ce qui concerne le contrôle de la circulation aérienne et la planification du vol.