



## **RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A12C0053**



### **COLLISION EN VOL**

**ENTRE UN PIPER PA-28R-200 ARROW, C-GLAJ  
ET  
UN LAKE LA-4-200 BUCCANEER, C-GFCH  
À ST. BRIEUX (SASKATCHEWAN) 8 NM W  
LE 12 MAI 2012**

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

### Collision en vol

entre un Piper PA-28R-200 Arrow, C-GLAJ  
et  
un Lake LA-4-200 Buccaneer, C-GFCH  
à St. Brieux (Saskatchewan) 8 nm W  
Le 12 mai 2012

Rapport numéro A12C0053

### *Résumé*

Le Piper PA-28R-200 Arrow sous immatriculation privée (immatriculé C-GLAJ et portant le numéro de série 28R-7435312) approche St. Brieux (Saskatchewan), en route depuis Nanton (Alberta), avec le pilote et 2 passagers à bord. Un avion amphibie Lake LA-4-200 Buccaneer sous immatriculation privée (immatriculé C-GFCH et portant le numéro de série 786) fait route de Regina vers La Ronge (Saskatchewan), avec le pilote et 1 passager à bord. Vers 8 h 41, heure normale du Centre, les 2 aéronefs entrent en collision à environ 8 milles marins (nm) à l'ouest de St. Brieux et chutent au sol à 2 principaux sites, à environ 0,5 nm l'un de l'autre. Les 2 aéronefs, qui sont exploités conformément aux règles de vol à vue, sont détruits, et il n'y a aucun survivant. Il n'y a pas d'incendie après impact, et les radiobalises de repérage d'urgence ne sont pas activées.

*This report is also available in English.*

## *Renseignements de base*

### *Déroulement des vols*

L'aéronef C- GLAJ a décollé de Nanton (Alberta), vers 6 h 30<sup>1</sup>. Le pilote avait déposé un plan de vol selon les règles de vol à vue, et sa trajectoire devait le mener directement de Nanton à St. Brieux (CKK2) (Saskatchewan), qui se trouve à une élévation de 1780 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl).

L'aéronef C-GLAJ naviguait à une altitude de 9500 pieds asl, soit l'altitude appropriée pour la direction du vol. L'aéronef était visible à l'écran radar du contrôle de la circulation aérienne (ATC) durant la majeure partie du vol. Le pilote n'était pas en communication avec l'ATC, mais ces communications ne sont pas requises dans l'espace aérien où se déroulait le vol. Peu après avoir passé Saskatoon (Saskatchewan), l'aéronef C-GLAJ a amorcé une lente descente. La dernière observation à l'écran radar de l'ATC a eu lieu à 8 h 40 par 52°37'13" N, 105°05'30" W<sup>2</sup>, à environ 8 milles marins (nm) à l'ouest de St. Brieux, à une altitude d'environ 4400 pieds asl sur une trajectoire de 064° vrai (V).

L'aéronef C-GFCH a décollé de l'aéroport international de Regina à 7 h 18. Le pilote de l'aéronef C-GFCH avait déposé un itinéraire de vol auprès d'un membre de sa famille. D'après cet itinéraire, le vol devait quitter Regina (Saskatchewan) et faire route directement vers La Ronge (Saskatchewan), où il devait arriver peu avant 10 h 30. L'information disponible indiquait que l'aéronef naviguait à une altitude de 4500 pieds asl, soit l'altitude appropriée pour la direction du vol. Vers 8 h 02, l'aéronef C-GFCH était visible à l'écran radar de l'ATC, à environ 80 nm au nord de Regina, sur une trajectoire directe de 352 °V vers La Ronge. Le pilote n'était pas tenu par règlement de communiquer avec le contrôle de la circulation aérienne dans l'espace aérien dans les environs des lieux de l'accident. Peu après 8 h 40, des témoins ont vu l'aéronef C-GFCH plonger vers le sol en piqué avant de disparaître derrière les arbres.

---

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale du Centre (temps universel coordonné moins 6 heures).

<sup>2</sup> Cette position correspond très étroitement à l'emplacement des 2 épaves.



Figure 1. Trajectoires de vol

## *Pilotes*

Le pilote de l'aéronef C-GLAJ était titulaire d'une licence de pilote privé et d'un certificat médical de catégorie 3 valide, ce qui signifie que le pilote devait porter des lunettes pour piloter un avion. Il avait accumulé environ 1000 heures de vol au total aux commandes d'aéronefs de type PA-28R-200. Les dossiers indiquent que le pilote de l'aéronef C-GLAJ avait les qualifications requises pour ce vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Le pilote de l'aéronef C-GFCH était titulaire d'une licence de pilote privé et d'un certificat médical de catégorie 3 valide, ce qui signifie que le pilote devait porter des lunettes pour piloter un avion. Il avait récemment obtenu sa licence et comptait tout juste 100 heures de vol au total, dont environ 24 heures de vol aux commandes d'aéronefs de type Lake LA-4-200. Les dossiers indiquent que le pilote de l'aéronef C-GFCH avait les qualifications requises pour ce vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Il n'a pas été possible de déterminer si l'un ou l'autre des pilotes portait ses lunettes au moment de l'accident.

## *Conditions météorologiques*

Il n'y a aucun rapport météorologique disponible pour St. Brieux. Les conditions à proximité des emplacements de l'accident étaient dégagées et venteuses au moment de l'événement. Les conditions enregistrées par la station météorologique la plus proche sont celles de Saskatoon (Saskatchewan), à 69 nm au sud-ouest de St. Brieux. Au moment de l'événement, les conditions enregistrées à Saskatoon indiquaient des vents du 240° magnétique (M) soufflant à une vitesse de 10 nœuds, une visibilité de 15 milles terrestres, quelques nuages à une altitude de 30 000 pieds asl, une température de 13 °C, un point de rosée à 0 °C, et un calage altimétrique de

30,14 pouces de mercure (po Hg). Les conditions météorologiques n'ont pas été considérées comme une cause de cet événement.

## *Aéronef*

L'aéronef C-GLAJ, fabriqué en 1974, avait accumulé environ 2726 heures de vol au total depuis sa mise en service initiale. Il était propulsé par un moteur Textron Lycoming IO-360. Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées<sup>3</sup>. En 2006, il avait fait l'objet de plusieurs modifications. Le feu anticollision sur la dérive avait été remplacé par un feu anticollision à éclats, conformément au certificat de type supplémentaire (STC) SA1571GL. Les bouts d'ailes avaient été remplacés par des ailettes ascendantes en fibre de verre qui comprenaient les feux de reconnaissance à même le bord d'attaque, conformément au STC SA1401NW. Tous les hublots de l'aéronef avaient été remplacés par des composants teints en vert. L'aéronef était doté d'un transpondeur Narco AT-50A jumelé à un codeur-transpondeur Narco AR-850. Le poste de pilotage était équipé d'un système de positionnement global (GPS) Garmin MAP 696 portable jumelé à une antenne distante. L'aéronef était aussi muni d'un système anticollision portable (PCAS) Zoon. Le pilote était connu pour avoir utilisé régulièrement ce système PCAS.

Fabriqué en 1976, l'aéronef C-GFCH avait accumulé environ 1823 heures de vol depuis sa mise en service initiale. Il était motorisé par un moteur Textron Lycoming IO-360. Ce moteur est monté sur un mât situé au-dessus de l'aile et orienté vers l'arrière avec une hélice propulsive. Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. L'ensemble avionique Garmin comprend un module de navigation/communication/GPS GNS-530, un transpondeur GTX-327 et un panneau de sélection-écoute GMA-340. L'équipement avionique comprenait en outre un dispositif de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAD) Ryan 9900B (70-2400) ainsi qu'un alticodeur Trans-Cal SSD120-30A. L'aéronef C-GFCH n'était pas doté de feux anticollision à éclats, ceux-ci n'étant pas exigés selon la réglementation en vigueur.

Aucun des 2 aéronefs n'était muni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage ni d'un enregistreur de données de vol, ces équipements n'étant pas eux non plus exigés par la réglementation. Les 2 aéronefs étaient munis de ceintures-baudriers à 3 points. On n'a pu déterminer si les phares d'atterrissage de l'un ou l'autre aéronef étaient allumés au moment de l'événement. Toutefois, on a conclu qu'il est peu probable qu'ils l'aient été, étant donné que l'accident s'est produit à la lumière du jour et loin de tout aéroport.

## *Évitement des collisions en vol selon les règles de vol à vue*

Durant les vols selon les règles de vol à vue, les pilotes doivent constamment demeurer aux aguets pour repérer 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<sup>4</sup> et les règles relatives à la priorité de passage<sup>5</sup>. Dans ce cas-ci, l'aéronef qui naviguait vers le nord avait priorité.

---

<sup>3</sup> Transports Canada, *Règlement de l'aviation canadien*, Norme 625, Appendices B et C.

<sup>4</sup> Federal Aviation Administration, *Federal Aviation Regulations*, paragraphe 90-48C 4(a).

Outre le principe de base voir et éviter, le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) stipule également que les aéronefs naviguant selon les règles de vol à vue doivent transmettre des avis de circulation lorsqu'ils effectuent des vols à proximité d'aéroports 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. L'enquête a permis d'établir que les 2 aéronefs en cause dans cet événement émettaient des avis de circulation et surveillaient les avis d'autres aéronefs. L'ATC n'est pas tenu de maintenir l'espacement de la circulation entre les aéronefs naviguant selon les règles de vol à vue. Toutefois, si un aéronef muni d'un transpondeur demande de l'information sur la circulation et le contrôle en vol, l'ATC peut fournir ces services, selon la densité de la circulation et la charge de travail.

### *Limites du principe voir et éviter*

Plusieurs études traitant des lacunes du principe voir et éviter utilisé comme unique moyen d'évitement des collisions (annexe B) ont été publiées. Le BST l'a déjà résumé ainsi : « la défaillance du principe voir et éviter est, dans la plupart des cas, due au fait que le pilote n'a pas pu voir l'autre appareil<sup>6</sup> ».

Des études ont montré qu'il faut environ 12,5 secondes à un pilote pour effectuer une manœuvre d'évitement à partir du moment où il constate qu'une collision est imminente<sup>7</sup>. Outre ce temps de réaction, la distance est un autre facteur crucial qui influe sur la capacité d'un pilote de percevoir l'imminence d'une collision et d'éviter une telle situation (figure 2). C'est tout particulièrement le cas pour les aéronefs qui se trouvent à plus de 2 nm, qui sont extrêmement difficiles à apercevoir. Il existe de nombreux facteurs physiologiques qui tendent à accroître cette difficulté, soit :

- La position relative de l'aéronef;
- La myopie de l'espace vide — état où le cristallin dans l'œil humain est porté à focaliser sur un point situé de 3 à 5 pieds devant lui;
- Un champ de vision limité — 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;
- La tache aveugle<sup>8</sup> — caractéristique de l'œil humain, la tache aveugle est l'endroit où le nerf optique joint la rétine de l'œil. Lorsque la vue de l'un des yeux est obstruée (par exemple, par la structure de la cabine d'un aéronef), un objet peut se transposer dans la tache aveugle de l'autre œil, ce qui fait qu'il disparaît.

---

<sup>5</sup> Transports Canada, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 602.19(2).

<sup>6</sup> Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A06O0206.

<sup>7</sup> United States Federal Aviation Administration Circular AC 90-48C.

<sup>8</sup> Publication de Transports Canada, *Les Facteurs humains en aviation*, TP 12863F.

Distance approximative	Vue	Délai approximatif de l'impact
1 nm		19 s
1/2 nm		9 s
1/4 nm		5 s
1/8 nm		2,3 s
1/16 nm		1,2 s

Figure 2. Valeurs du temps avant impact (TAI) calculées en fonction d'une vitesse de rapprochement de 194 nœuds (source : Transports Canada, *Les facteurs humains en aviation – Manuel de base*, TP 12863F)

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. La figure 3 illustre comment le gisement relatif entre 2 aéronefs convergents demeure constant à mesure qu'ils convergent. Ainsi, les aéronefs paraissent stationnaires l'un par rapport à l'autre, ce qui les rend moins perceptibles. On a calculé à 194 nœuds la vitesse de rapprochement entre les 2 aéronefs.

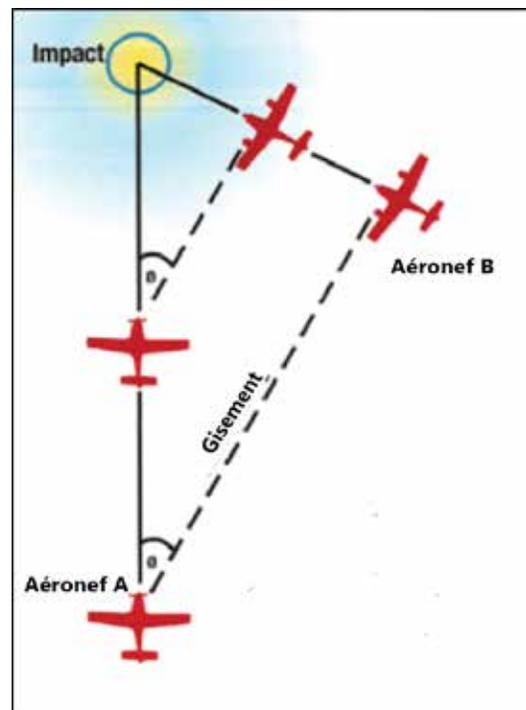


Figure 3. Gisement des aéronefs

## *Surveillance radar du contrôle de la circulation aérienne*

Les 2 aéronefs étaient munis d'un transpondeur. L'aéronef C-GLAJ avait reçu un code de transpondeur, qui transmettait la position et l'altitude de l'aéronef au radar de l'ATC. L'aéronef C-GFCH n'avait pas reçu de code de transpondeur, mais il transmettait néanmoins le code 1200, qui est spécifié pour les aéronefs volant selon les règles de vol à vue à une altitude inférieure à 10 000 pieds lorsqu'aucun autre code ne leur est assigné par l'ATC. Un examen de l'information radar juste avant l'événement indique que les 2 aéronefs suivaient des routes sécantes et que l'aéronef C-GLAJ descendait de manière à se trouver à la même altitude que l'aéronef C-GFCH. La descente de l'aéronef C-GLAJ concorde avec une descente en vue d'un atterrissage à St.Brieux. L'ATC ne surveillait pas cette information au moment de l'événement, et il n'était pas tenu de le faire aux termes de la réglementation en vigueur, étant donné que ces vols se déroulaient selon les règles de vol à vue dans un espace aérien non contrôlé.

## *Systèmes d'évitement des collisions*

Il existe essentiellement 2 types de systèmes d'évitement des collisions que l'on peut installer à bord d'aéronefs : les systèmes actifs, que l'on appelle systèmes de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS), et les systèmes passifs, qui sont mis en marché sous diverses descriptions selon leur fonction. Les 2 systèmes passifs sont : le dispositif de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAD) et le système anticollision portable (PCAS). Le fonctionnement de ces 2 systèmes est fondé sur l'hypothèse que 2 aéronefs volant à des altitudes différentes ne peuvent entrer en collision. Voir ci-après une comparaison des systèmes actifs et passifs d'évitement des collisions :

Les TCAS, des systèmes actifs :

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

Le TCAD et le PCAS, des systèmes passifs :

- dépendent des réponses aux signaux d'interrogation des transpondeurs d'autres aéronefs;
- ont une portée de détection limitée (jusqu'à 7 nm);
- fournissent 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 ATC et reçoivent 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 ne détectera pas cet aéronef. Le système PCAS à bord de l'aéronef C-GLAJ ainsi que le système TCAD à bord de l'aéronef C-GFCH étaient des systèmes passifs.

Le système PCAS à bord de l'aéronef C-GLAJ fournit de l'information visuelle au pilote par l'intermédiaire d'un écran d'affichage à cristaux liquides. Cet appareil peut afficher simultanément un maximum de 3 aéronefs qui présentent un conflit potentiel. L'appareil détermine le degré de priorité de chacun des aéronefs en conflit, et celui d'entre eux qui est le plus près s'affiche en gros chiffres dans la partie gauche de l'écran (figure 4). Des flèches indiquent la position de la cible relativement à celle de l'aéronef muni du système PCAS. La position relative de la circulation s'affiche en tant que distance gauche/droite en milles marins (nm), et en altitude (pieds) au-dessus ou en dessous.

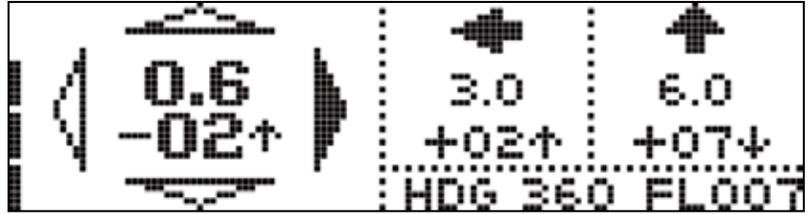


Figure 4. Écran d'affichage de la circulation du système PCAS ZAON

Le système PCAS permet différents réglages de portée qui modifient la distance de détection horizontale, de 1,5 à 6 nm. Le système n'affichera pas le trafic au-delà de la portée sélectionnée. Le système peut également émettre une alarme sonore pour alerter les pilotes. On dénombre 2 types d'alarme sonore. Le premier est un avis de trafic, soit une série de bips auxquels s'ajoute une instruction vocale qui indique au pilote qu'il doit surveiller la vitesse de rapprochement :

« traffic advisory — monitor closure rate ». Le second est une alarme, car non seulement l'appareil émet-il une série de bips, mais en plus, il ajoute l'instruction vocale « traffic alert — obtain visual contact », qui alerte le pilote de la présence rapprochée d'autres aéronefs et lui indique qu'il doit établir un contact visuel avec ceux-ci. Ces alarmes sonores sont émises en fonction de la portée sélectionnée. Par exemple, si l'appareil est réglé à sa portée de détection maximale, il émettra un avis lorsque la circulation convergente se trouvera à moins de 2 nm et que l'altitude d'espacement sera inférieure à 1000 pieds, et émettra une alarme lorsque la circulation se trouvera à 0,7 nm et que l'espacement sera inférieur à 700 pieds. Si l'appareil est réglé à sa portée de détection minimale, l'avis sonnera lorsque la circulation convergente se trouvera à 0,6 nm et que l'altitude d'espacement sera inférieure à 500 pieds; l'alarme sonnera lorsque la circulation convergente se trouvera à moins de 0,3 nm et que l'altitude d'espacement sera inférieure à 500 pieds.



Photo 1. Affichage de l'appareil TCAD Ryan

Le système TCAD Ryan, qui était installé à bord de l'aéronef C-GFCH, offre un affichage semblable avec une portée réglable. Le fabricant Ryan parle en fait de réglage du diamètre de la protection contre la circulation aérienne (photo 1). On sélectionne la portée ou le rayon de protection pour déterminer la superficie de l'aire contrôlée, en fonction du segment de vol.

Il n'a pas été possible de déterminer si l'un ou l'autre des systèmes à bord des aéronefs en cause a généré un avis ou une alarme.

Pour l'instant, il n'y a aucune exigence visant les aéronefs immatriculés au Canada selon laquelle ils doivent être munis d'un système actif ou passif d'évitement des collisions. C'est pourquoi il n'existe aucune directive réglementaire concernant leur utilisation. Il est important de noter que les systèmes passifs ne doivent servir que de supplément pour aider les pilotes à faire l'acquisition visuelle des autres aéronefs.

### *Renseignements sur l'épave*

L'aéronef C-GLAJ a percuté la surface d'un petit étang situé dans un pré boisé par 52°37,5' N, 105°05,4' W. Il n'y avait aucune marque d'impact ni aucun bris parmi les arbres avoisinants, ce qui indique que l'aéronef C-GLAJ aurait percuté le plan d'eau à un angle quasi vertical. On a retrouvé l'aéronef presque au complet au site de l'écrasement; seuls des morceaux de l'aile gauche manquaient. L'équipement avionique a subi d'importants dommages, et il a donc été impossible de déterminer quels appareils étaient en fonction au moment de l'accident; toutefois, l'un des émetteurs radio syntonisait la fréquence 126,7 mégahertz (MHz)<sup>9</sup>. L'analyse des instruments de vol de l'aéronef a indiqué que la vitesse de celui-ci au moment de l'impact était d'environ 180 nœuds. Les forces de choc ont causé d'importants dommages à la cabine et au poste de pilotage.

L'aéronef C-GFCH a percuté la surface d'un autre petit étang adjacent à un boisé situé à environ 0,5 nm, à un azimut de 252 °M par rapport au site de l'épave de l'aéronef C-GLAJ. Comme pour l'aéronef C-GLAJ, il n'y avait ni marque d'impact, ni bris d'arbres avoisinants, ce qui indique que l'aéronef C-GFCH aurait percuté le plan d'eau à un angle quasi vertical. Intact dans l'ensemble, l'aéronef C-GFCH a néanmoins subi d'importants dommages. Toutes les parties de l'aéronef, sauf une section de 4 pieds de l'aile gauche, ont été retrouvées à cet endroit. Comme dans le cas de l'aéronef C-GLAJ, l'équipement avionique a subi d'importants dommages et aucune information utile n'a pu en être récupérée. Durant l'impact avec le plan d'eau, la cabine de l'aéronef a été écrasée, mais elle est demeurée intacte.

Des parties des sections de l'aile gauche des 2 aéronefs se trouvaient à proximité les unes des autres, environ à mi-chemin entre les sites des 2 épaves et un peu au sud de celles-ci. La moitié extérieure des ailerons gauches des 2 aéronefs a été arrachée et fortement endommagée.

Les ceintures de sécurité ont failli à bord des 2 aéronefs, ce qui indique que les forces de choc de la collision étaient supérieures aux tolérances de fabrication de ces systèmes de retenue.

Les systèmes d'évitement des collisions à bord des 2 aéronefs ont eux aussi subi d'importants dommages, et il n'a pas été possible de déterminer si l'un ou l'autre de ces systèmes était en fonction au moment de l'accident.

---

<sup>9</sup> Les pilotes qui effectuent un vol VFR en route dans l'espace aérien non contrôlé et qui ne communiquent ni sur la fréquence obligatoire, ni sur la fréquence de trafic d'aérodrome, ou qui effectuent un vol VFR dans une voie aérienne, doivent continuellement syntoniser la fréquence 126,7 mégahertz (MHz). Dans la mesure du possible, ces pilotes devraient aussi diffuser leurs identification, position, altitude et intentions sur cette même fréquence pour avertir les autres aéronefs en vol VFR ou IFR qui pourraient se trouver dans les parages. (Source : Transports Canada, *Manuel d'information aéronautique*, TP 14371, 2012.)

## *Rapports du Laboratoire du BST*

Le rapport du Laboratoire du BST suivant a été rédigé :

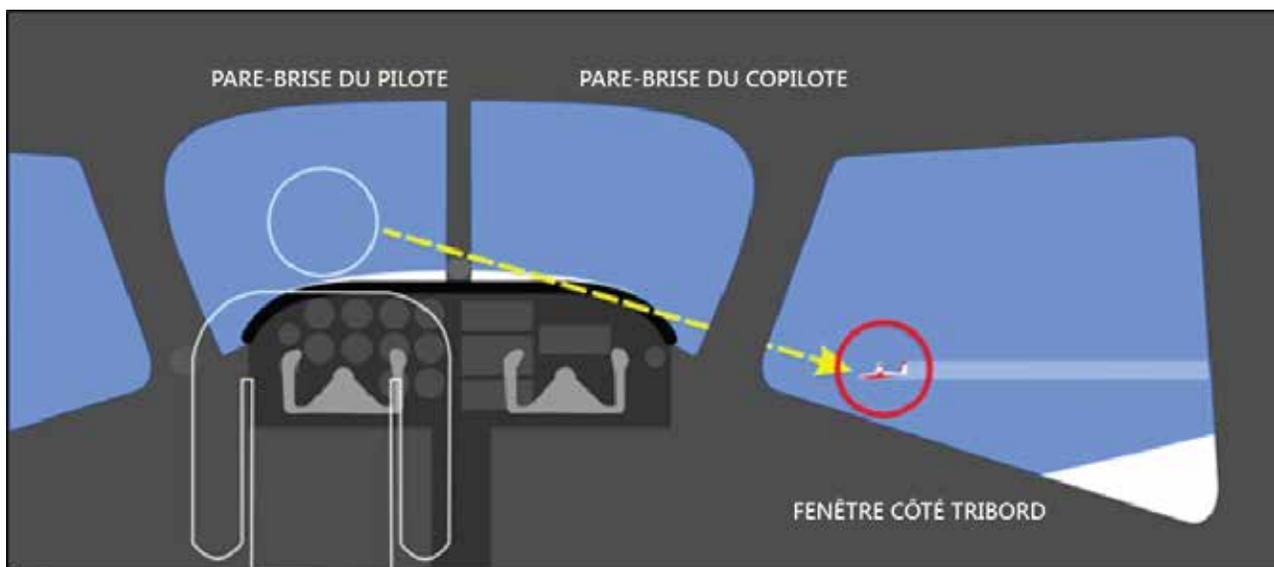
LP 130/2012 – Radar Data Analysis

Ce rapport peut être obtenu du BST sur demande.

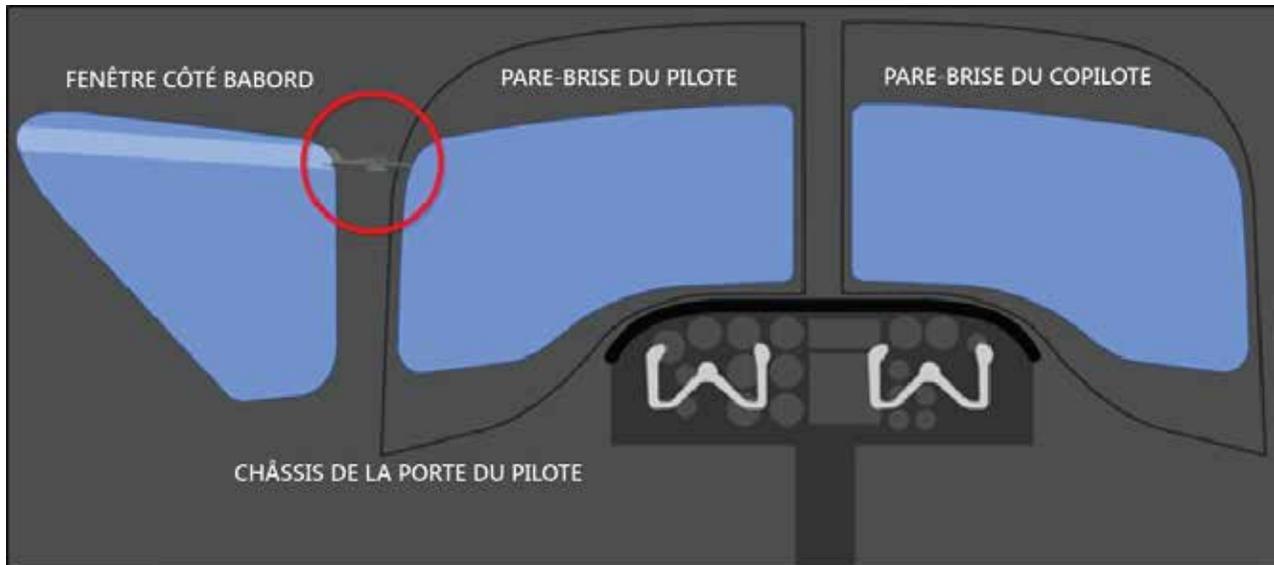
## Analyse

Rien ne porte à croire qu'une anomalie liée à un aéronef ou les conditions météorologiques sont en cause dans cet événement. Dans cet événement, les 2 aéronefs suivaient des trajectoires sécantes. Ainsi, il y avait toujours un risque qu'ils atteignent le même point dans le ciel au même moment. L'aéronef C-GLAJ a amorcé sa descente près de Saskatoon. Pour arriver à l'élévation de St. Brieux, soit 1780 pieds asl, le pilote a dû descendre à 4500 pieds asl (l'altitude de l'aéronef C-GFCH). Les 2 aéronefs sont arrivés au même point et à la même altitude au même moment, ce qui a entraîné la collision en vol. Le reste de la présente section vise à expliquer comment 2 aéronefs peuvent entrer en collision lorsqu'ils volent selon les règles de vol à vue.

La position relative de chacun des aéronefs en cause juste avant la collision aurait rendu tout contact visuel difficile. L'aéronef C-GLAJ descendait depuis une altitude plus élevée que celle de l'aéronef C-GFCH. Ainsi, l'aile gauche de l'aéronef C-GFCH aurait pu empêcher son pilote d'apercevoir l'aéronef C-GLAJ. Dans un même ordre d'idées, le nez de l'aéronef C-GLAJ a peut-être obstrué la vue de son pilote et l'a peut-être empêché d'apercevoir l'aéronef C-GFCH. Les diagrammes ci-après indiquent la position des aéronefs l'un par rapport à l'autre ainsi que la structure des postes de pilotage (figures 5 et 6).



**Figure 5.** Vue depuis le poste de pilotage de l'aéronef C-GLAJ montrant que la vision du pilote était partiellement obstruée par le nez de l'aéronef (Remarque : L'image n'est pas à l'échelle.)



**Figure 6.** Vue depuis le poste de pilotage de l'aéronef C-GFCH montrant que la vision du pilote était partiellement obstruée par la structure de l'aéronef (Remarque : L'image n'est pas à l'échelle)

Les 2 aéronefs étaient munis d'un transpondeur et d'un système d'évitement des collisions. Les 2 aéronefs se trouvaient à la limite de la couverture radar nécessaire au fonctionnement de ces systèmes d'évitement des collisions, ou tout juste hors de portée de celle-ci. Il se peut que l'un des systèmes, sinon les 2, aient sonné l'alarme lorsque les 2 aéronefs se sont trouvés à proximité l'un de l'autre pour avertir l'un des pilotes ou les 2 qu'une collision était imminente. Selon le réglage de portée de détection du système PCAS à bord de l'aéronef C-GLAJ, le délai disponible pour exécuter une manœuvre d'évitement aurait varié de 2 minutes à aussi peu que 4 secondes. Étant donné le peu d'expérience du pilote de l'aéronef C-GFCH et la complexité de l'affichage du système TCAD qui se trouvait à bord, il est peu probable que le pilote ait maîtrisé l'utilisation de celui-ci et les procédures d'évitement même si le système s'était activé. En outre, il se peut que les facteurs 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.

Il ressort de l'inspection des dommages aux ailes et aux ailerons gauches des 2 aéronefs que le pilote de l'aéronef C-GLAJ a peut-être incliné l'appareil vers la gauche, amorçant un virage vers le nord pour s'éloigner de l'aéronef C-GFCH. Une telle manœuvre d'évitement aurait fait en sorte que l'aile gauche de C-GLAJ pointe vers le bas, de manière à ce qu'elle n'ait pu que percuter l'aile gauche de l'aéronef C-GFCH. Voir ci-après une reconstitution de la position probable des aéronefs au moment de l'impact (figure 7). Les sections extrêmes des ailes gauches sont tombées au sol très près l'une de l'autre, mais à une certaine distance des 2 principaux sites des épaves. Ce fait indique que :

- ces sections ont été arrachées dans les airs au moment de la collision;
- une quelconque manœuvre d'évitement a été amorcée par l'un des aéronefs ou par les 2;
- les 2 aéronefs auraient été impossibles à maîtriser après la collision en raison des dommages structuraux qu'ils ont subis.



**Figure 7.** Position relative des aéronefs au moment de l'impact

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.

Les forces de choc ont écrasé les cabines des 2 aéronefs lorsque ceux-ci ont percuté leur plan d'eau respectif, ce qui indique que l'accident n'offrait aucune chance de survie aux occupants des 2 aéronefs.

## *Faits établis*

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

1. Les 2 aéronefs sont arrivés au même point et à la même altitude au même moment, ce qui a entraîné la collision en vol.
2. La position convergente relative des 2 aéronefs, à laquelle s'ajoutent les limites physiologiques de la vision, a vraisemblablement rendu extrêmement difficile toute détection visuelle. Ainsi, le temps de réaction a été réduit à tel point qu'il était impossible d'éviter une collision.
3. Les ailerons gauches ainsi qu'une partie des ailes des 2 aéronefs ont été arrachés durant la collision en vol. Ces dommages auraient rendu les 2 aéronefs impossibles à maîtriser et auraient empêché l'un et l'autre de se rétablir après la collision.

### *Faits établis quant aux risques*

1. Les vols effectués selon les règles de vol à vue posent des risques continus de collision lorsque les pilotes emploient le principe voir et éviter comme unique moyen d'évitement des collisions.

### *Autres faits établis*

1. La conception et les caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'évitement des collisions à bord des aéronefs en cause dans cet événement sont telles qu'il est possible de régler par inadvertance les paramètres de détection de manière à ce qu'ils offrent un délai d'avertissement insuffisant aux pilotes.

*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 11 juin 2013. Il est paru officiellement le 15 août 2013.*

*Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web ([www.bst-tsb.gc.ca](http://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 – Temps de reconnaissance et de réaction

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

<b>Durée</b>	<b>Action</b>	<b>Secondes</b>
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	<b>TEMPS TOTAL</b>	<b>12,5</b>

**Tableau 2.** Temps (secondes) avant l'impact (extrapolé depuis les données de la FAA)

<b>Distance</b>	<b>600 mi/h</b>	<b>360 mi/h</b>	<b>194 nœuds</b>
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 – Bibliographie et documents de référence*

Australian Transport Safety Bureau, rapport d'étude, *Limitations of the See-and-Avoid Principle*, avril 1991.

Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A06O0262.

Federal Aviation Administration, *Pilots' Role in Collision Avoidance*, circulaire d'information 90-48C, 18 mars 1983.

Graham, W., *See and Avoid / Cockpit Visibility*, rapport de la Federal Aviation Administration DOT/FAA/CT-TN89/18, octobre 1989.