

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A15O0031



DÉSINTÉGRATION EN VOL
PIPER PA-32RT-300T, C-GDWA
PARC PROVINCIAL RIVIÈRE DES FRANÇAIS (ONTARIO)
17 MARS 2015

Canada

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

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

Rapport d'enquête aéronautique A15O0031

No de cat. TU3-5/15-0031F-PDF
ISBN 978-0-660-06360-7

Le présent rapport se trouve sur le site Web
du Bureau de la sécurité des transports du Canada
à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.

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

Rapport d'enquête aéronautique A15O0031

Désintégration en vol

Piper PA-32RT-300T, C-GDWA

Parc provincial Rivière des Français (Ontario)

17 mars 2015

Résumé

Le 17 mars 2015, à 15 h 9, heure avancée de l'Est, un Piper PA-32RT-300T privé (immatriculé C-GDWA, numéro de série 32R-7987047) avec 3 personnes à son bord a quitté Sudbury (Ontario) pour effectuer un vol selon les règles de vol aux instruments à destination de Winston Salem (Caroline du Nord). À une trentaine de milles marins au sud de l'aéroport de Sudbury et à une altitude de 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), le pilote a informé le centre de contrôle de la circulation aérienne qu'il y avait un problème et que l'aéronef retournait à Sudbury. Le centre de contrôle de la circulation aérienne a autorisé l'aéronef à voler à une altitude plus basse et a remarqué sur le radar qu'il tournait en descendant. Au cours de la descente, l'aéronef a disparu des écrans radar à 8900 pieds asl. Il est momentanément réapparu à 6300 pieds asl, puis à 3800 pieds asl, après quoi il n'y a plus eu d'autres contacts radar. Quelques instants plus tard, la radiobalise de repérage d'urgence de l'aéronef a émis un bref signal qui a été détecté par le système de satellites pour les recherches et le sauvetage Cospas-Sarsat. On a alors lancé des recherches afin de retrouver l'aéronef, et l'épave a été localisée le lendemain matin. L'aéronef s'était désintégré en vol et on a trouvé des débris jusqu'à 6500 pieds du lieu principal de l'écrasement. Un incendie après impact avait détruit la majeure partie de l'épave principale. Les 3 personnes à bord ont subi des blessures mortelles. L'accident est survenu durant les heures de clarté vers 15 h 34, heure avancée de l'Est.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Le pilote voulait conduire son épouse, qui souffrait d'une incapacité médicale, en Floride, pour rendre visite à sa famille. Il s'était renseigné sur les vols commerciaux, mais les compagnies aériennes ne voulaient pas accepter son épouse à bord à cause de son état de santé. Le pilote, déterminé à entreprendre ce voyage, a décidé d'utiliser son propre aéronef, un Piper PA-32RT-300T privé (immatriculé C-GDWA, numéro de série 32R-7987047) pour effectuer le trajet, avec, pour passagers, son épouse et une personne soignante.

Le 17 mars 2015 (jour du vol de l'événement), un des copropriétaires de l'aéronef a déposé un plan de vol établi suivant les règles de vol aux instruments (IFR) pour le pilote à l'aide d'une application d'organiseur électronique de poste de pilotage¹, avec un trajet direct de l'aéroport de Sudbury [CYSB] (Ontario) à Winston Salem (Caroline du Nord) (à 630 milles marins au sud), à 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), et a pris des dispositions pour que les services douaniers se rendent jusqu'à l'aéronef. L'aéronef devait être ravitaillé en carburant à Winston Salem, puis continuer jusqu'en Floride.

Le pilote avait d'abord prévu de quitter CYSB à 9 h², mais à cause de nombreux retards, le départ a été reporté à l'après-midi.

Le pilote a communiqué avec le centre d'information de vol (FIC) de London (Ontario) à 12 h 38 et a demandé un exposé météorologique pour un départ à 13 h 30. Pendant cette communication, le pilote a indiqué qu'il était inquiet de la présence de nuages en cours de route et qu'il voulait être certain de pouvoir les survoler.

L'heure du départ a de nouveau été repoussée alors que le pilote accomplissait des tâches de dernière minute. Vers 14 h, il a sorti l'aéronef du hangar en vue de son ravitaillement. Les 2 passagers ont pris place à l'arrière, sur les sièges orientés vers l'avant, et les bagages ont été empilés jusqu'au plafond, derrière eux.

À 14 h 39, alors que le moteur de l'aéronef tournait, le pilote a communiqué avec la station d'information de vol (FSS) de Sudbury pour obtenir une autorisation de départ IFR. Il a eu de la difficulté à copier l'autorisation et a dû la faire répéter plusieurs fois.

À 14 h 41, après avoir relu correctement l'autorisation, le pilote a informé la FSS de Sudbury qu'il avait besoin de 10 minutes pour communiquer avec le service des douanes en Virginie. Le pilote a coupé le moteur et a communiqué par téléphone avec le copropriétaire de

¹ Dispositif ou système d'affichage électronique qui permet d'afficher une grande variété de données aéronautiques ou d'exécuter des calculs. (Transports Canada, Aviation commerciale et d'affaires, Circulaire d'information n° 700-20, édition 02, Organiseurs électroniques de poste de pilotage, entrée en vigueur le 19 décembre 2012)

² Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

l'aéronef. Au cours des 26 minutes qui ont suivi, le pilote a mentionné au copropriétaire qu'il modifierait l'heure d'arrivée aux États-Unis pour que le service des douanes puisse rencontrer l'aéronef. Le copropriétaire a également passé en revue le fonctionnement du matériel de navigation ainsi que l'application d'organiseur électronique de poste de pilotage, car il s'agissait d'un nouvel équipement et le pilote semblait ne pas bien connaître certaines de ses caractéristiques ainsi que les fonctions à sélectionner.

À 15 h 7, le pilote a informé la FSS de Sudbury qu'il était prêt à circuler. Il s'est ensuite dirigé vers la piste 04.

À 15 h 9, l'aéronef a quitté CYSB, puis est monté à une altitude de croisière de 10 000 pieds asl. L'aéronef a maintenu un cap et une vitesse relativement constants, avec une vitesse anémométrique moyenne calculée (KIAS) de 110 nœuds³.

À 15 h 25, le pilote a communiqué avec le Centre de contrôle régional de Toronto (Centre de Toronto), a indiqué que l'aéronef se trouvait à une altitude de 10 000 pieds asl, et a demandé un calage altimétrique. L'aéronef a atteint une vitesse moyenne de 130 KIAS, et le cap a légèrement dévié vers la gauche et la droite.

À 15 h 27, l'aéronef a lentement atteint une altitude de 10 400 pieds asl puis a commencé à redescendre à une altitude de 10 000 pieds asl.

À 15 h 28, le Centre de Toronto a demandé au pilote de changer de fréquence; ce dernier a accusé réception de la transmission, mais a dû demander de répéter la fréquence. Au même moment, sans autorisation du centre de contrôle de la circulation aérienne (ATC), l'aéronef a commencé à descendre au-dessous de 10 000 pieds asl, et sa vitesse s'est mise à augmenter.

À 15 h 29 min, l'aéronef a amorcé un virage progressif vers l'ouest en descendant. Sa vitesse indiquée était alors de 150 KIAS, ce qui correspond à la vitesse maximale d'utilisation normale (V_{NO})⁴ à ne dépasser que si l'air est calme et, dans ce cas, avec prudence.

À 15 h 29 min 21 s, le pilote a communiqué avec le Centre de Toronto sur la nouvelle fréquence et a obtenu le calage altimétrique de Wiarton. Le pilote a informé le Centre de Toronto que l'aéronef était en descente et qu'il y avait un problème. La vitesse de l'aéronef avait alors atteint 186 KIAS; la vitesse à ne pas dépasser (V_{NE})⁵ de l'aéronef est de 191 KIAS.

À 15 h 29 min 38 s, le Centre de Toronto a demandé au pilote s'il avait besoin d'aide. Il n'y a eu aucune réponse, et le pilote n'a pas répondu aux appels radio subséquents. La vitesse de l'aéronef a diminué légèrement pour atteindre 170 KIAS.

³ La vitesse anémométrique est établie d'après les calculs du Laboratoire du BST dans le rapport LP067-2015 – Radar Data Analysis [Analyse des données radar].

⁴ Piper Aircraft Corporation, *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Piper Turbo Lance II* (1^{er} mai 1978), section 1.19.

⁵ *Ibid.* La V_{NE} [traduction] « est la vitesse à ne jamais dépasser ».

À 15 h 31 min 26 s, le pilote a indiqué par radio que l'aéronef retournait à CYSB. Le Centre de Toronto a accusé réception de la transmission, a autorisé l'aéronef à voler à une altitude plus basse, et a demandé s'il pouvait apporter son aide. Le pilote n'a pas répondu.

À 15 h 31 min 32 s, l'aéronef a disparu des écrans radar primaire et secondaire; sa vitesse était estimée à 170 KIAS, et son altitude à environ 8900 pieds asl.

À 15 h 31 min 42 s, il y a eu une brève transmission radio fragmentée, mais celle-ci n'était pas intelligible.

À 15 h 31 min 52 s, l'aéronef est réapparu sur les écrans radar primaire et secondaire à une altitude d'environ 6300 pieds asl. Après l'intervalle de 20 secondes, l'écho radar secondaire a montré que l'aéronef était descendu de 2600 pieds pendant ce temps, ce qui est un taux de descente moyen important, puisqu'il est de presque 8000 pieds par minute. Le taux de descente a continué d'augmenter rapidement. Au dernier écho radar secondaire, à 15 h 32 min 5 s, l'altitude indiquée était passée en dessous de 3800 pieds. La vitesse indiquée était estimée à 220 KIAS et augmentait, ce qui est 29 KIAS de plus que la V_{NE} . L'aéronef était alors à environ 3000 pieds au-dessus du sol.

À 15 h 33 min 56 s, un signal de courte durée de la radiobalise de repérage d'urgence de l'aéronef en cause a été détecté par le système de satellites pour les recherches et le sauvetage Cospas-Sarsat.

On a alors lancé des recherches afin de retrouver l'aéronef, et l'épave a été localisée le lendemain matin. L'aéronef s'était désintégré en vol et on a trouvé des débris jusqu'à 6500 pieds du lieu principal de l'écrasement. Un incendie après impact avait détruit la majeure partie de l'épave principale. Le pilote et les 2 passagers ont subi des blessures mortelles.

Conditions météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) de 15 h pour CYSB était le suivant : vents du 320° vrai à 17 nœuds, en rafales à 23 nœuds, variables entre 300° et 010°, visibilité de 20 milles terrestres, nuages fragmentés à partir de 6300 pieds au-dessus du sol, température de -3 °C, point de rosée de -16 °C, et calage altimétrique de 29,94 pouces de mercure; dans la section des remarques, le METAR indiquait la présence d'une couverture nuageuse (cumulus) de 6 octas⁶.

Près du lieu de l'écrasement, d'autres pilotes ont signalé la présence de couches de nuages épars ou fragmentés entre 7500 et 10 000 pieds asl. Au moment de l'événement, aucune turbulence n'était prévue ou n'a été signalée dans le secteur.

⁶ Un octa est une unité de mesure qui sert à décrire la couverture nuageuse dans un lieu donné. On détermine l'état du ciel en évaluant combien de huitièmes de ciel sont couverts par les nuages, allant de 0 octa (ciel complètement dégagé) à 8 octas (ciel complètement couvert).

Pilote

Le pilote détenait une licence de pilote privé délivrée en juillet 1991, laquelle était valide pour les avions terrestres monomoteurs. Il possédait également une qualification de vol de nuit. Sa qualification de vol aux instruments du groupe 3, délivrée en février 1992, avait expiré à la fin du mois de novembre 2009, et son certificat médical de catégorie 3 avait expiré à la fin du mois de novembre 2010. Le pilote avait renouvelé ces 2 documents en novembre 2011, alors qu'il avait demandé un nouveau carnet de documents d'aviation. Toutefois, ces 2 documents avaient expiré de nouveau à la fin du mois de novembre 2013. Rien n'indique que le pilote ait essayé de renouveler sa qualification de vol aux instruments ou qu'il ait subi les examens médicaux nécessaires pour renouveler son certificat médical.

Les dossiers indiquent qu'en novembre 2011 le pilote avait au total 3650 heures de vol, dont 65 avaient été effectuées au cours des 12 mois précédents.

L'enquête n'a pas permis d'établir le nombre exact d'heures de vol du pilote depuis novembre 2011, car son carnet de vol et son carnet de route d'aéronef les plus récents ont été détruits lors de l'incendie après impact. Les dossiers d'aéronef montrent toutefois que le pilote avait effectué 33 heures de vol entre mai 2012 et septembre 2013, 18 minutes de vol entre septembre 2013 et septembre 2014, et 1 heure de vol entre octobre 2014 et le moment de l'écrasement.

Passagers

L'épouse du pilote était atteinte d'une maladie évolutive et dégénérative fatale affectant le système nerveux autonome, qui contrôle ou régule de manière automatique les fonctions corporelles, notamment les systèmes coronaire et pulmonaire. Son état de santé se dégradait et, pour cette raison, elle avait récemment été hospitalisée. Elle avait quitté l'hôpital 6 semaines avant l'événement. Sa santé s'était tant détériorée qu'elle ne pouvait plus bouger, communiquer verbalement, manger, ou rester autonome. Elle avait donc besoin de soins 24 heures sur 24.

En outre, elle avait subi une trachéostomie pour faciliter la fonction respiratoire, et avait quelquefois besoin d'un complément d'oxygène et d'une aspiration de ses voies respiratoires. Des bouteilles d'oxygène portatives vides ont été retrouvées dans le hangar où se trouvait l'aéronef, mais aucune bouteille d'oxygène n'a été retrouvée sur les lieux de l'écrasement. Un concentrateur d'oxygène a été retrouvé dans les débris, mais il s'agissait d'un appareil d'usage domestique qui nécessitait une source d'alimentation électrique résidentielle pour fonctionner. Il ne pouvait donc pas être utilisé à bord de l'aéronef.

Aéronef

Le Piper PA-32RT-300T est un avion monomoteur non pressurisé. Il comporte 2 espaces réservés aux bagages : un situé derrière le moteur, et l'autre situé derrière les sièges arrière. Ces 2 espaces portaient une plaque indiquant que la capacité de charge maximale était de 100 livres.

L'aéronef en cause dans l'événement avait été construit en 1979 et comprenait 6 sièges : 2 sièges de pilotage, 2 sièges orientés vers l'arrière placés directement derrière les sièges de pilotage, et 2 sièges orientés vers l'avant situés à l'arrière. Chaque siège de pilotage était doté d'une ceinture abdominale réglable et d'une ceinture diagonale, et les sièges passagers comprenaient une ceinture abdominale réglable.

L'aéronef avait une vitesse de manœuvre de calcul (V_A)⁷ de 132 KIAS, et le constructeur avait mis en garde contre les mouvements complets ou brusques et avait indiqué qu'il ne fallait pas dépasser cette vitesse en cas de turbulence. Les antennes du transpondeur de l'aéronef, nécessaires pour l'obtention des données du radar secondaire, se trouvaient sur la face inférieure du fuselage de l'aéronef.

Le pilote avait acheté l'aéronef en mai 2012. Les carnets de route de l'aéronef n'ont pas été retrouvés, mais d'après les livrets techniques, le dernier entretien consigné avait eu lieu le 6 mars 2015. Au cours de cet entretien, on avait réparé plusieurs défauts mineurs, réglé le calage des magnétos du moteur et remplacé l'huile.

Selon les dossiers disponibles, l'aéronef était entretenu conformément à la réglementation en vigueur.

L'aéronef avait récemment été piloté jusqu'aux Caraïbes et était revenu sans problème majeur.

Renseignements sur l'épave

L'aéronef s'est désintégré en vol, et la partie principale du fuselage a percuté le sol, près du sommet d'une paroi rocheuse escarpée, à une vingtaine de pieds au-dessus de la surface gelée de la rivière des Français. Il a alors dévalé la paroi rocheuse, puis s'est immobilisé sur la glace. L'épave a été consumée en grande partie par un violent incendie après impact. Sur le moteur et l'hélice endommagés par les flammes, rien n'indiquait qu'une condition antérieure à l'accident aurait pu empêcher l'aéronef de fonctionner normalement. L'incendie avait aussi provoqué la fonte d'une partie de la glace, créant un plan d'eau; quelques petites pièces de l'épave ont donc coulé.

Le tableau 1 dresse la liste des pièces de l'aéronef et des bagages qui ont été retrouvés, avec leur distance et leur relèvement respectifs par rapport à l'épave principale. La figure 1 montre leur répartition.

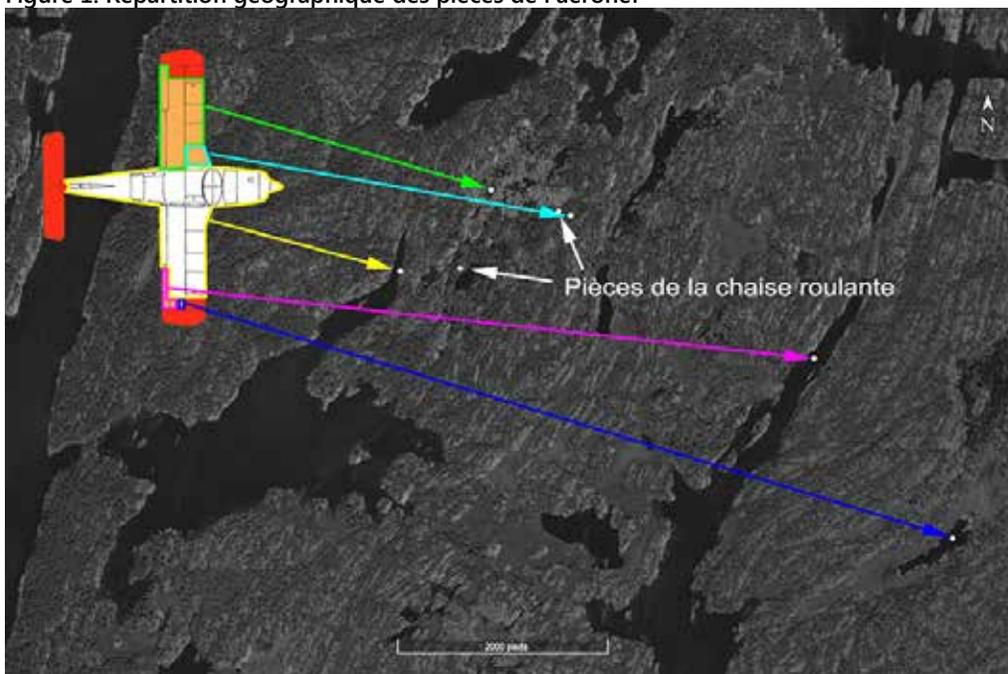
⁷ V_A : [traduction] « vitesse maximale à laquelle la déflexion complète de toutes les commandes aérodynamiques disponibles ne créera pas de surcharge sur l'avion. » (Piper Aircraft Corporation, *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Piper Turbo Lance II* [1^{er} mai 1978], sections 1.19 et 2.3.)

Tableau 1. Pièces de l'aéronef et bagages retrouvés, et proximité par rapport à l'épave principale

Pièce de l'aéronef ou bagage	Distance par rapport à l'épave principale (en pieds)	Relèvement
Aile principale gauche	1280	48°
Revêtement de la voilure du bord d'attaque de l'aile intérieure gauche	1880	73°
Aileron droit et partie du revêtement de l'extrados extérieur droit	4460	102°
Partie du revêtement de l'extrados extérieur droit	6500	116°
Fauteuil roulant	612	89°
Repose-pieds du fauteuil roulant et casque d'écoute	1751	70°

Les pièces de l'aéronef que les enquêteurs n'ont pu localiser sont les 2 saumons d'aile en fibre de verre, la majeure partie du revêtement de voilure extérieure et le stabilisateur monobloc⁸ (annexe A).

Figure 1. Répartition géographique des pièces de l'aéronef



Seules 4 moitiés de boucle de ceinture abdominale ont été retrouvées, dont 2 insérées l'une dans l'autre. L'enquête n'a pas permis de déterminer sur quels sièges les boucles s'étaient trouvées.

La radiobalise de repérage d'urgence avait été consumée par l'incendie après impact.

⁸ Le stabilisateur monobloc est fixé au sommet de la dérive verticale.

Les longerons des 2 ailes s'étaient rompus à la suite de fractures de surcharge dues à une accélération positive instantanée; il n'y avait aucun signe de fatigue antérieure à l'accident ni de défectuosité mécanique.

Le pilote et son épouse ont été éjectés de l'aéronef avant que ce dernier ne percute le sol. L'autre passager (la personne soignante de l'épouse) se trouvait dans l'épave de l'aéronef. L'examen post-mortem des 3 personnes n'a permis de découvrir aucune anomalie imprévue.

Masse et centrage de l'aéronef

La masse maximale au décollage certifiée de l'aéronef était de 3600 livres, et sa masse à vide de base était de 2385 livres. Cela donnait à l'aéronef une capacité de charge utile de 1215 livres pour le carburant, le pilote, les passagers et les bagages. La capacité maximale en carburant de l'aéronef était de 94 gallons américains (564 livres), ce qui laissait 651 livres pour le pilote, les passagers et les bagages. L'aéronef avait fait le plein de carburant avant de quitter CYSB.

Pour calculer la masse et le centrage avant le vol en cause, on avait pris en compte les éléments suivants : plein de carburant, épouse du pilote occupant un siège passager orienté vers l'arrière, personne soignante occupant un siège passager arrière orienté vers l'avant, et 50 livres de bagages entreposés dans chaque espace de rangement. D'après ces chiffres, la masse de l'aéronef était inférieure de 53 livres à la masse maximale au décollage certifiée, et le centrage s'inscrivait dans les limites.

Si on tient compte de l'emplacement réel des occupants, et si l'on reprend leur poids ainsi que celui des bagages, on constate que la masse et le centrage de l'aéronef seraient restés dans les limites.

Les enquêteurs ont retrouvé les bagages suivants :

- Valise (environ 35 livres)
- Sac (environ 10 livres)
- Fauteuil de transport (24 livres)
- Concentrateur d'oxygène (58 livres)

D'après le poids des bagages retrouvés, les enquêteurs ont calculé que la masse de l'aéronef devait être inférieure de 26 livres à la masse maximale au décollage certifiée. Les bagages retrouvés pesaient 127 livres, soit 27 livres de plus que le poids utilisé pour calculer la masse et le centrage. Un autre bagage a été identifié dans l'épave; cependant, il n'en restait que l'armature en fil d'acier. Son contenu avait été entièrement consommé par l'incendie après impact. L'enquête n'a pas permis d'établir avec exactitude combien de bagages avaient été chargés. On n'a pas non plus été en mesure de déterminer comment les bagages avaient été répartis entre les 2 espaces de rangement.

Pour remplir complètement l'espace réservé aux bagages arrière, il faudrait plus de bagages qu'on n'en a retrouvés. Tenant compte du fait qu'une valise avait été consommée par

l'incendie, les enquêteurs ont conclu que l'aéronef était probablement en surcharge et en dehors des limites de centrage au moment du décollage.

Reconstitution du vol

L'aéronef n'était pas doté d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage et n'était pas tenu d'en avoir selon la réglementation. L'aéronef était toutefois équipé d'instruments capables d'enregistrer certaines données, comme la performance du moteur. Ces équipements, comme le reste des instruments de vol et des radios, ont été lourdement endommagés par l'incendie, et aucun renseignement utile n'a pu être récupéré. Le Laboratoire du BST a reconstitué le vol à l'aide des données radar disponibles, des communications radio de l'ATC et des données météorologiques. Les données radar pour ce secteur provenaient de radars situés à North Bay (Ontario), à l'est du lieu de l'accident. À l'aide de toutes les données disponibles, les renseignements ont été compilés, et la dernière trajectoire de vol a été reconstituée (annexe B).

Maintien des compétences liées aux règles de vol aux instruments

Un examen⁹ des ouvrages sur le maintien des compétences, y compris des conclusions applicables au maintien des compétences de pilotage, montre que les compétences qui ne sont pas renforcées régulièrement se dégradent avec le temps, et que l'ampleur de la dégradation dépend du degré auquel les compétences sont exercées.

Essentiellement, on peut s'attendre à ce que les compétences soient maintenues de façon efficace si elles ont été bien maîtrisées lors de la formation, si elles sont rafraîchies périodiquement et si elles sont exercées régulièrement entre les séances de formation.

Comme l'indique le *Manuel de vol aux instruments* (TP 2076) de Transports Canada, le vol aux instruments « est l'une des plus importantes tâches spécialisées que puisse accomplir un pilote. Toutefois, une telle aptitude n'est pas un trait que le pilote possède naturellement; il ne peut l'acquérir qu'au prix d'une formation rigoureuse, d'exercices réguliers et d'une démarche méthodique¹⁰ ». Comme toute autre compétence, un pilote verra ses compétences de vol aux instruments décliner avec le temps s'il ne les exerce pas, et ce dernier ne pourra plus s'y fier s'il ne prend pas les moyens nécessaires pour les maintenir¹¹.

⁹ J. Patrick, *Training: Research and Practice* (London : Academic Press, 1992), pages 96 à 104.

¹⁰ Transports Canada, TP 2076, *Manuel de vol aux instruments* (novembre 1997), paragraphe 1.1.

¹¹ European Helicopter Safety Implementation Team (EHSIT) et European Aviation Safety Agency (EASA) [livret de formation], *Safety Considerations: Methods to Improve Helicopter Pilots' Capabilities*, 2010.

Désorientation spatiale

D'après la Federal Aviation Administration des États-Unis¹², tous les êtres humains peuvent être frappés de désorientation spatiale. Dans l'aviation, on peut définir l'orientation spatiale comme l'habileté naturelle de maintenir l'orientation du corps au repos et en mouvement par rapport au milieu environnant. En général, les êtres humains sont conçus pour maintenir une orientation spatiale au sol. Le milieu en 3 dimensions dans lequel se déroule un vol est étranger au corps humain, et il en résulte des conflits des sens et des illusions qui rendent difficile, voire parfois impossible, le maintien de l'orientation spatiale. La désorientation spatiale et la perte de conscience situationnelle sont à l'origine de 5 % à 10 % des écrasements mortels dans l'aviation générale chaque année; 9 événements dus à une désorientation spatiale sur 10 sont mortels¹³.

Des études réalisées par des chercheurs en aviation à l'Université de l'Illinois dans les années 1990 ont permis d'estimer qu'en moyenne 178 secondes suffisaient aux pilotes pour succomber à la désorientation spatiale après une perte des repères visuels. Voici un extrait d'un article publié dans *Flight Safety Australia* :

[traduction]

Vingt pilotes VFR [règles de vol à vue] ont été mis aux commandes de simulateurs de vol spécialement programmés pour des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). Tous les pilotes de l'étude se sont retrouvés soit dans une spirale de la mort qui aurait causé un impact avec perte de contrôle, soit assujettis à des oscillations d'intensité en dents de scie avec des pointes si fortes qu'elles auraient causé des défaillances structurelles de l'aéronef¹⁴.

Les pilotes possédant la qualification de vol aux instruments sont moins susceptibles d'être touchés par la désorientation spatiale, car ils ont été particulièrement formés pour avoir recours aux instruments de l'aéronef en cas de perte des repères visuels. Toutefois, comme mentionné précédemment, les pilotes qui ne mettent pas régulièrement à jour leurs compétences de vol aux instruments sont plus susceptibles de les perdre et de s'en remettre aux compétences de base des pilotes qui suivent les règles de vol à vue.

¹² M. J. Antunano, « Spatial Disorientation », dans *Medical Facts for Pilots*, AM-400-03/1 (Federal Aviation Administration, 2005).

¹³ *Ibid.*

¹⁴ P. Cummins et rédacteurs attitrés, « 178 Seconds to Live – VFR into IMC », *Flight Safety Australia* (janvier et février 2006), article publié une nouvelle fois le 22 janvier 2016, et disponible à l'adresse : <http://www.flightsafetyaustralia.com/2016/01/178-seconds-to-live-vfr-into-imc/> (Dernière consultation le 22 septembre 2016).

Fatigue

L'épouse du pilote avait besoin de soins médicaux et de soins de garde 24 heures sur 24. Une personne soignante lui prodiguait ces soins le jour pendant que le pilote était au travail. En dehors des heures de travail, le pilote était le principal soignant. Il se réveillait la nuit pour répondre aux besoins médicaux et personnels de son épouse. Le pilote a été décrit comme étant fatigué, épuisé et parfois distrait.

La fatigue peut influencer sur les fonctions cognitives, la résolution de problèmes, la prise de décisions, la mémoire, l'attention, la vigilance et le délai de réaction¹⁵. Une des sources de fatigue est la perturbation chronique du sommeil, qui se produit quand on ne dort pas assez ou qu'on a un sommeil perturbé pendant plus de 3 jours consécutifs.

Effets du stress chronique sur le rendement

Le stress peut être défini comme la [traduction] « différence entre la perception qu'une personne a des exigences d'une situation et la perception qu'elle a de sa capacité à répondre à ces exigences »¹⁶; le stress peut être aigu (lié à une situation à court terme) ou chronique (lié à des événements de la vie courante).

Il a été démontré que le stress a une incidence négative sur le rendement des êtres humains, en particulier sur la mémoire de travail (augmentation de la difficulté à retenir et à assimiler de l'information), l'attention (augmentation de l'attention canalisée) et la communication (diminution de la communication verbale)¹⁷.

Les effets des facteurs de stress sont cumulatifs¹⁸, de sorte que les événements de la vie qui contribuent au stress chronique réduisent la capacité d'une personne à gérer les facteurs de stress aigus auxquels elle est exposée dans l'exercice de ses fonctions quotidiennes. Il est primordial de reconnaître les signes de stress et d'intervenir rapidement pour réduire les effets possibles des facteurs de stress sur le rendement d'une personne occupant un poste essentiel à la sécurité¹⁹.

¹⁵ J.F. Duffy, K.-M. Zitting et C.A. Czeisler, « The case for addressing operator fatigue » dans S.M. Popkin (éd.), *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, volume 10 : Worker Fatigue and Transportation Safety (Sage, 2015).

¹⁶ A. Stokes et K. Kite, « Grace under fire: the nature of stress and coping in general aviation » dans D. O'Hare (éd.), *Human Performance in General Aviation* (Ashgate, 1999).

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ R.D. Campbell et M. Bagshaw, *Human Performance and Limitations in Aviation*, 3^e édition (Blackwell Science, 2002), p. 164.

¹⁹ *Ibid.*

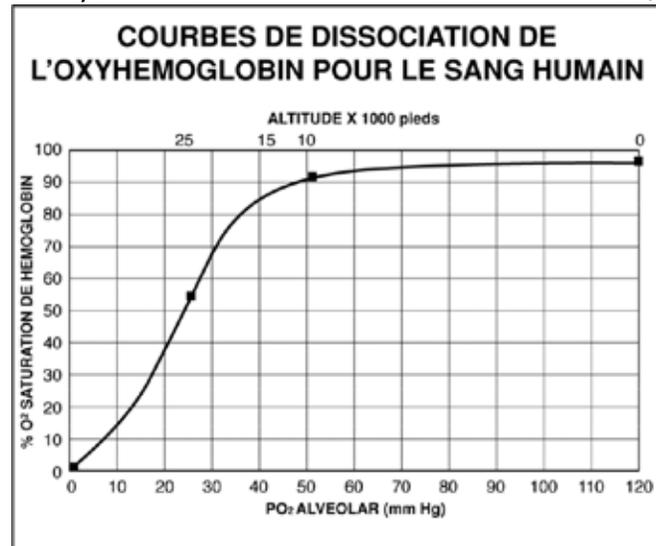
Considérations médicales propres à l'aviation

Lorsque l'aéronef prend de l'altitude, la pression atmosphérique diminue. Même les aéronefs pressurisés ne sont sous pression qu'à 5000 à 8000 pieds (1524 à 2438 mètres) asl. La baisse subséquente de la pression atmosphérique entraîne une diminution de la pression partielle de l'oxygène (PO_2). Au niveau de la mer, la pression atmosphérique est d'environ 760 mm de mercure (Hg), avec une pression d'oxygène normale dans les artères (PaO_2) (sang) correspondante de 98 mm Hg chez les êtres humains. À 8000 pieds, la pression atmosphérique et la PaO_2 chutent pour atteindre 565 mm Hg et 55 mm Hg respectivement.

Cette baisse de la PaO_2 entraîne une diminution de la saturation en oxygène dans le sang, qui est de 90 % chez la plupart des gens (comparativement à un pourcentage de 96 % à 98% au niveau de la mer). La plupart des personnes en bonne santé peuvent fonctionner convenablement jusqu'à 10 000 pieds. Leur corps compense cette hypoxémie en modifiant leurs fonctions respiratoires et cardiaques (par exemple, en augmentant la fréquence respiratoire et cardiaque). Cependant, les personnes atteintes d'une maladie coronarienne, pulmonaire ou cérébrovasculaire, ou d'anémie peuvent éprouver plus de difficulté à le faire.

La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine (figure 2) montre que la saturation en oxygène de l'hémoglobine baisse considérablement et rapidement au-dessus de 10 000 pieds (3000 mètres) asl. Les personnes dont la PaO_2 est réduite, même au sol, à cause d'une maladie, et qui sont exposées à une réduction supplémentaire de la pression cabine à haute altitude peuvent se trouver au bas de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine. Elles peuvent alors avoir une très faible saturation en oxygène de l'hémoglobine, ce qui provoquerait une détresse médicale et aggraverait leur maladie sous-jacente²¹.

Figure 2. Courbes de dissociation de l'oxyhémoglobine pour le sang humain (source : Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*²⁰)



²⁰ Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* (mars 2004), section 2, Hypoxie et hyperventilation, figure 6.²¹ C. Thibeault et A.D. Evans, « AsMA medical guidelines for air travel: stresses of flight », *Aerospace Medical Human Performance*, vol. 86, n° 5 (mai 2015), pages 486 et 487.

²¹ C. Thibeault et A.D. Evans, « AsMA medical guidelines for air travel: stresses of flight », *Aerospace Medical Human Performance*, vol. 86, n° 5 (mai 2015), pages 486 et 487.

Enregistreurs de données

L'aéronef n'était pas doté d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage et n'était pas tenu d'en avoir selon la réglementation. De nombreux rapports d'enquête aéronautique du BST ont fait état d'enquêteurs incapables de déterminer les raisons pour lesquelles un accident s'était produit, en raison de l'absence de dispositifs d'enregistrement de bord²². Il existe actuellement sur le marché plusieurs systèmes d'enregistrement des données de vol autonomes légers, à coût abordable, capables d'enregistrer une combinaison de données vidéo et audio du poste de pilotage, et de données paramétriques de l'aéronef ou des messages de liaison de données, et dont l'installation dans l'aéronef ne nécessite que des modifications minimales. L'absence d'enregistrement de conversations dans le poste de pilotage et de données de vol pourrait empêcher une enquête de déterminer et de communiquer des lacunes de sécurité et ainsi améliorer la sécurité des transports.

Rapports de laboratoire du BST

Le BST a complété les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP067/2015 – Radar Data Analysis [Analyse des données radar]
- LP106/2015 – Non-Volatile Memory Recovery [Récupération de la mémoire non volatile]

²² Rapports d'enquête aéronautique A01W0261, A02W0173, A03H0002, A05W0137, A05C0187, A06W0139, A07Q0063, A07W0150, A09A0036, A09P0187 et A10P0244 du BST.

Analyse

L'aéronef était en vol de croisière à 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) lorsque le pilote a informé le centre de contrôle de la circulation aérienne (ATC) que l'aéronef retournait à Sudbury (Ontario). L'aéronef a alors amorcé un virage en descente à droite au cours duquel le pilote a perdu la maîtrise de l'appareil. L'aéronef a ensuite effectué un piqué en spirale en accélérant avant de se désintégrer. L'enquête n'a permis de relever aucune anomalie permettant d'expliquer le retour vers l'aéroport de Sudbury (CYSB) ou la perte de maîtrise subséquente. L'analyse portera donc sur la planification avant le vol, les compétences et les aptitudes de pilotage, et les prises de décisions du pilote.

Conditions météorologiques

Lorsque le pilote a quitté CYSB, il y avait des nuages fragmentés à environ 6000 pieds asl. Une vingtaine de minutes après l'accident, le sommet des nuages dans le secteur se trouvait à environ 10 000 pieds asl. Malgré quelques différences possibles sur le plan local, la couverture nuageuse était similaire dans toute la région. Dès que l'aéronef a commencé sa descente, il a probablement pénétré dans les nuages.

Masse et centrage

Le document relatif à la masse et au centrage qui avait été préparé pour le pilote avant le vol indiquait que l'aéronef était en dessous de la masse brute maximale et dans les limites de centrage. L'enquête a permis d'établir que l'aéronef n'était pas chargé conformément au document relatif à la masse et au centrage. On a déterminé en particulier qu'il était probablement plus lourd et que son centre de gravité était en dehors de la limite arrière du centre de gravité. Si un aéronef est chargé hors des limites d'exploitation approuvées, le pilote risque davantage d'éprouver de la difficulté à garder la maîtrise de l'aéronef pendant le vol.

Renseignements sur le pilote

Le pilote avait obtenu sa licence de pilote privé en 1991; son premier essai de vol aux instruments avait eu lieu moins d'un an plus tard. Au début, le pilote volait régulièrement, mettant à jour son certificat médical et sa qualification de vol aux instruments. Au cours des dernières années, ses vols étaient devenus moins fréquents, tant et si bien que lorsque la licence de pilote est devenue un livret en 2009, le pilote n'a demandé son livret qu'au bout de 2 ans. Lorsqu'il a déposé sa demande en 2011, il a renouvelé son certificat médical et sa qualification de vol aux instruments. C'est la dernière fois qu'il a mis à jour sa licence; ainsi, son certificat médical et sa qualification de vol aux instruments ont ensuite expiré à la fin de novembre 2013. Il n'avait donc ni certificat médical ni qualification de vol aux instruments valides au moment de l'accident.

Aptitude au vol du pilote

Le pilote souhaitait entreprendre le vol afin d'emmener son épouse très malade en Floride. Il n'avait pas pu prendre un vol commercial, car les compagnies aériennes ne voulaient pas accepter son épouse comme passagère à cause de son état de santé.

Piloter un aéronef est une tâche qui, pour être menée en toute sécurité, nécessite une pratique régulière et des ressources cognitives considérables, en particulier lorsque l'on effectue un vol selon les règles de vol aux instruments avec un seul pilote. Dans l'événement à l'étude, le certificat médical et la qualification de vol aux instruments du pilote avaient expiré, et ce dernier n'était pas qualifié pour le vol. En outre, au cours des 16 mois précédant l'événement, le pilote avait accumulé moins de 1 ½ heure de vol. Par conséquent, il avait perdu la main, puisqu'il avait très peu piloté au cours de la période précédant l'accident.

Le pilote était très stressé en tant que soignant principal de son épouse malade dont la santé s'était récemment détériorée, et il ne se reposait pas suffisamment, car il devait lui prodiguer des soins la nuit. Les personnes qui le connaissaient l'ont décrit comme étant fatigué, épuisé et distrait les jours précédant l'événement.

Compte tenu de l'expiration de ses qualifications, de son manque d'expérience récente et de son niveau de stress et de fatigue chroniques, le pilote n'était ni qualifié ni apte à entreprendre le vol le jour de l'événement.

Désintégration en vol

Bien qu'il soit impossible de le déterminer avec exactitude, le pilote a probablement décidé de descendre et de retourner à CYSB à cause de complications liées à l'état de santé de son épouse. Lorsque le pilote a amorcé un virage en descente pour retourner à CYSB, l'aéronef a dû traverser des nuages dont le sommet se trouvait à 10 000 pieds asl. Cependant, le pilote, qui n'avait plus les compétences pour piloter dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, a probablement été frappé de désorientation spatiale après avoir pénétré un nuage en effectuant un virage en descente, et a perdu la maîtrise de l'aéronef. Pendant la descente, l'aéronef a amorcé un piqué en spirale au cours duquel il a considérablement excédé la vitesse à ne pas dépasser (V_{NE}). Tandis que l'aéronef effectuait un piqué en spirale, les limites structurelles des ailes ont été dépassées, ce qui a provoqué la désintégration de l'aéronef en vol.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Compte tenu de l'expiration de ses qualifications, de son manque d'expérience récente et de son niveau de stress et de fatigue chroniques, le pilote n'était ni qualifié ni apte à entreprendre le vol le jour de l'événement.
2. Le pilote avait probablement décidé de descendre et de retourner à l'aéroport de Sudbury [CYSB] (Ontario) à cause de complications liées à l'état de santé de son épouse.
3. Le pilote, qui n'avait plus les compétences pour piloter dans des conditions météorologiques de vol aux instruments, a probablement été frappé de désorientation spatiale après avoir pénétré un nuage en effectuant un virage en descente, et a perdu la maîtrise de l'aéronef.
4. Tandis que l'aéronef effectuait un piqué en spirale, les limites structurelles des ailes ont été dépassées, ce qui a provoqué la désintégration de l'aéronef en vol.

Faits établis quant aux risques

1. Si un aéronef est chargé hors des limites d'exploitation approuvées, le pilote risque davantage d'éprouver de la difficulté à garder la maîtrise de l'aéronef pendant le vol.
2. L'absence d'enregistrement de conversations dans le poste de pilotage et de données de vol pourrait empêcher une enquête de déterminer et de communiquer des lacunes de sécurité et ainsi améliorer la sécurité des transports.

Autres faits établis

1. Le pilote ne détenait ni certificat médical ni qualification de vol aux instruments valides au moment de l'accident.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 10 août 2016. Le rapport a été officiellement publié le 3 octobre 2016.

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

Annexes

Annexe A – Désintégration en vol

Les sections de l'aéronef indiquées en orange sont les sections qui se sont désintégrées en vol et qui ont été retrouvées. Les sections en rouge sont les sections qui se sont désintégrées en vol, mais n'ont pas été retrouvées.

SECTION 1
GENERAL

PIPER AIRCRAFT CORPORATION
PA-32RT-300T, TURBO LANCE II

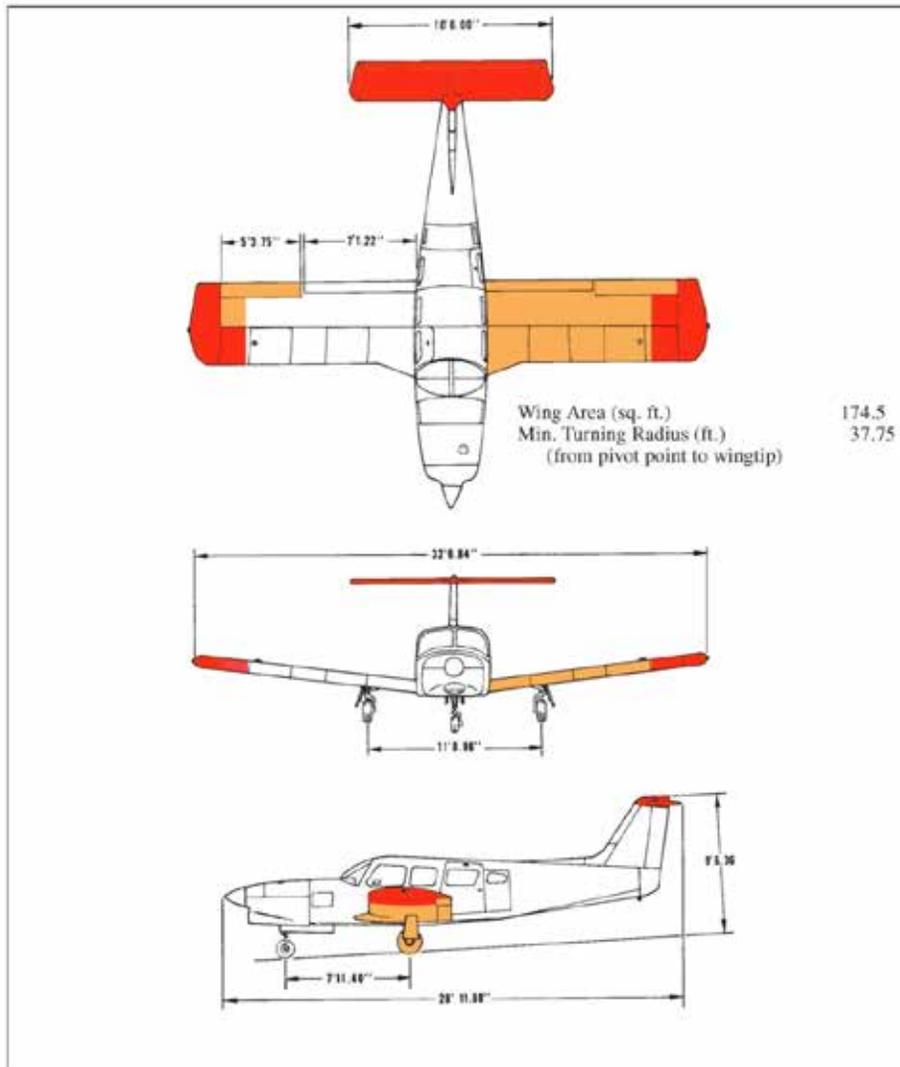


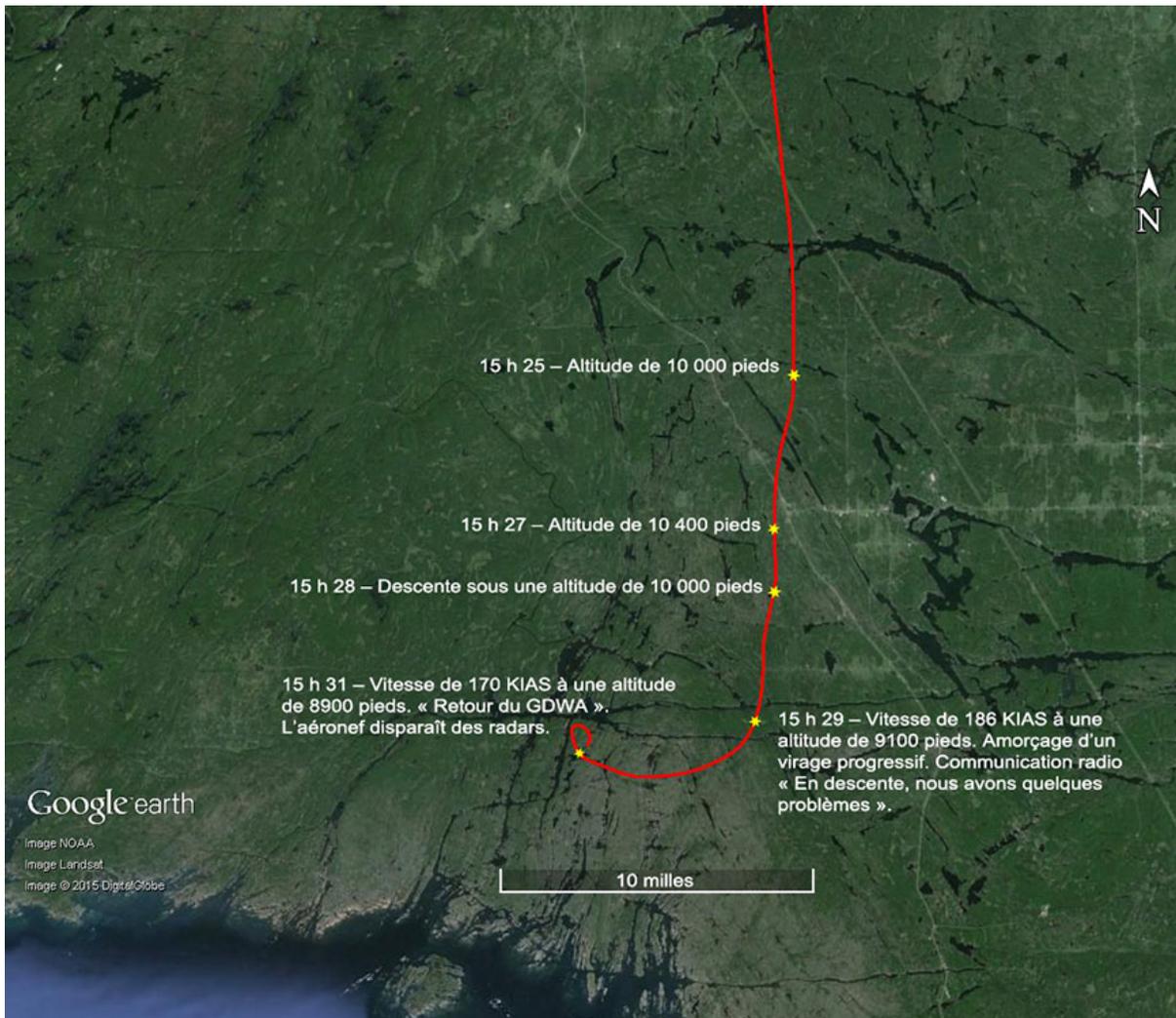
Figure 1-1

REPORT: VB-900
1-2

ISSUED: MAY 1, 1978

Source : Piper Aircraft Corporation, *Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual: Piper Turbo Lance II* (1^{er} mai 1978), section 1 (en anglais seulement).

Annexe B – Trajectoire de vol



Source : Google Earth, avec annotations du BST