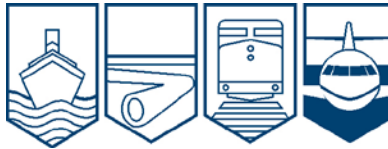


Transportation Safety Board
of Canada



Bureau de la sécurité des transports
du Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A12O0138



COLLISION AVEC LE RELIEF

WATERLOO-WELLINGTON FLYING CLUB
AVION CESSNA 172S, C-FNET
MOOREFIELD (ONTARIO)
24 AOÛT 2012

Canada

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

Rapport d'enquête aéronautique A12O0138

Collision avec le relief

Waterloo-Wellington Flying Club

Avion Cessna 172S, C-FNET

Moorefield (Ontario)

24 août 2012

Résumé

L'avion 172S (immatriculé C-FNET, numéro de série 172S8544), appartenant au Waterloo-Wellington Flying Club, quitte l'aéroport de Kitchener/Waterloo (Ontario), à 18 h 15, heure avancée de l'Est, dans des conditions météorologiques de vol à vue. Il se rend à Niagara Falls (Ontario), puis à Toronto (Ontario), pour ensuite retourner à une zone d'entraînement située au nord de Kitchener-Waterloo. À environ 20 h 16, heure avancée de l'Est, l'avion s'écrase dans un champ situé à 25 milles marins au nord de l'aéroport de Kitchener/Waterloo. L'avion est détruit; le pilote et 3 passagers sont mortellement blessés. Aucun incendie ne se déclare après l'impact. L'émetteur de localisation d'urgence s'active au moment de l'impact.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Le pilote avait loué l'avion et avait déposé un plan de vol à vue au centre d'information de vol de London. Selon le plan de vol, l'avion devait quitter l'aéroport de Kitchener/Waterloo (CYKF) (Ontario), pour se rendre à Niagara Falls (Ontario), survoler la ville de Toronto (Ontario) le long de la rive du lac Ontario, se rendre à une zone située au nord de CYKF, puis retourner à CYKF.

L'avion a quitté CYKF à 18 h 15¹ pour suivre la route prévue dans le plan de vol, à une altitude de 2500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) pour les portions du vol à Niagara Falls et à Toronto. Il est ensuite monté à une altitude de 6900 pieds asl pendant qu'il se dirigeait vers la zone située au nord de CYKF. L'enquête a permis de déterminer que, durant le vol, les passagers ont changé de siège afin que chacun passe une partie du vol dans le siège avant droit. La réglementation actuelle n'interdit pas aux occupants d'un avion de changer de siège au cours d'un vol. Tous les occupants étaient bien assis et ils portaient une ceinture de sécurité et un harnais de sécurité.

Au moment où l'avion se rendait du côté nord-ouest de CYKF, le pilote a transmis 2 avis de circulation pour la zone d'entraînement du Waterloo-Wellington Flying Club (WWFC) afin d'indiquer qu'il allait effectuer des manœuvres aériennes à haute altitude². Les données radar enregistrées indiquent que l'avion manœuvrait dans différentes directions et à différentes vitesses sol aussi basses que 50 nœuds. Les dernières données radar indiquent que l'avion se trouvait à 6900 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) et qu'il a ralenti à une vitesse sol de 70 nœuds avant de descendre rapidement à 2400 pieds en l'espace d'environ 33 secondes (un taux de descente d'à peu près 8200 pieds par minute [pi/min]); c'est à ce moment qu'il y a eu perte du contact radar.

Dans les derniers moments du vol, l'avion était en position inclinée vers l'avant et descendait rapidement en vrille.

Épave

L'avion s'est écrasé dans un champ de maïs dont l'élévation était de 1360 pieds asl. L'angle d'impact était d'environ 50° en piqué; les dommages indiquent que l'avion exécutait une vrille

¹ Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné moins quatre heures).

² Par manœuvres aériennes en haute altitude, on entend généralement les vols lents, les vrilles, les décrochages et les virages serrés.

vers la gauche au moment de l'impact. Toutes les gouvernes ont été retrouvées, et tous les dommages constatés étaient attribués aux forces prodigieuses de l'impact.

Examen de l'avertisseur de décrochage

L'avertisseur de décrochage comprend une corne et une prise d'air. La corne de l'avertisseur de décrochage se trouve à l'intérieur de la cabine, derrière la moulure du montant de porte, et du côté extérieur du pilote, sur la nervure du fuselage. La prise d'air est installée sur le bord d'attaque de l'aile gauche, à la référence voilure 91.25. L'écoulement d'air sur la surface de l'aile amorce la prise d'air. Une anche, située dans la corne de l'avertisseur de décrochage, vibre et retentit lorsque la vitesse est supérieure d'environ 8 à 15 nœuds à la vitesse de décrochage de l'avion³. 4 attaches assujettissent la prise d'air au bord d'attaque de l'aile. Des fissures ont été repérées dans la bride de la prise d'air, aux emplacements des attaches. Le tube à l'arrière de la prise d'air s'est cassé à la base de celle-ci (photo 1).

Durant l'examen subséquent effectué à son installation régionale, le Bureau de la sécurité des transports (BST) a déterminé que la prise d'air de l'avertisseur de décrochage était fissurée. On a envoyé l'avertisseur de décrochage au Laboratoire d'ingénierie du BST aux fins d'examen. L'examen au microscope de la cassure a révélé qu'une zone s'était fracturée par le passé, comme l'indiquait la décoloration des surfaces fracturées. Une autre zone de la cassure montrait une fracture plus récente (photo 2), que l'on a attribué aux forces de l'impact. Selon les procédures d'entretien du fabricant, l'inspection de l'avertisseur de décrochage, y compris son fonctionnement, a lieu lors de chaque vérification « A » (inspection aux 50 heures). La dernière inspection remontait à 40 heures avant l'accident; l'avertisseur de décrochage fonctionnait à ce moment.

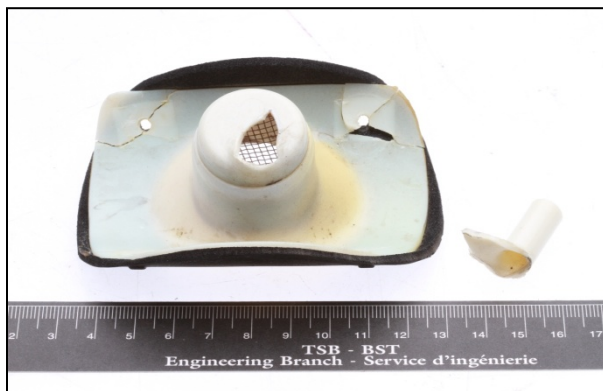


Photo 1. Vue arrière de la prise d'air, cassée à sa base

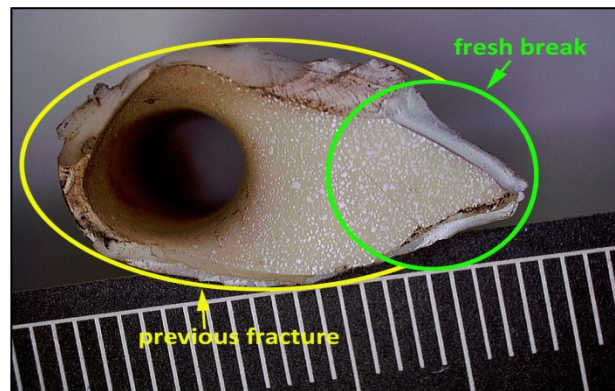


Photo 2. Fractures du tube

³ Manuel d'entretien, 172R/172S (année modèle 1997 et suivantes), numéro de pièce 172RMM20.

La prise d'air était faite de polystyrène-butadiène-acrylonitrile (ABS). Elle s'est fissurée de manière progressive et sa surface s'est ainsi fragilisée, ce qui correspond à la fissuration sous contraintes dues à l'environnement⁴, à la dégradation causée par les intempéries⁵ et la dégradation thermique. Cette dégradation aurait contribué à rendre plus friable le matériau constitutif de la prise d'air. Il n'a pas été possible de déterminer à quel moment a commencé la fissuration, ni le taux de progression de cette dernière.

On a soumis l'avertisseur de décrochage à un essai au Laboratoire du BST afin de déterminer les effets d'une rupture potentielle dans le circuit. Il a été établi qu'une fissure dans le tube de plastique était suffisante pour neutraliser la corne de l'avertisseur. Cette réduction de l'écoulement d'air sur l'anche aurait le même effet qu'un angle d'attaque plus faible et nuirait au fonctionnement de l'avertisseur de décrochage.

L'avertisseur de décrochage n'est pas le seul moyen dont dispose le pilote pour l'avertir de l'imminence d'un décrochage aérodynamique. Lorsque l'avion approche d'un décrochage aérodynamique, plusieurs autres symptômes se manifestent, à savoir une réduction de la vitesse indiquée, un angle d'attaque élevé, une diminution de l'efficacité des commandes de vol, des tremblements aérodynamiques et des vibrations.

Pilote

Le pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel et totalisait environ 229 heures de vol, dont 200 sur type. Le pilote avait suivi la majeure partie de sa formation de pilote privé et de pilote professionnel au WWFC.

⁴ (Traduction libre) La fissuration sous contraintes dues à l'environnement est un phénomène dans lequel un agent chimique dégrade une résine plastique soumise à des contraintes. Durant ce processus, l'agent chimique ne cause ni attaque chimique directe, ni dégradation moléculaire. Au lieu de cela, l'agent chimique pénètre dans la structure de la matière plastique et perturbe les forces intermoléculaires liant les chaînes polymériques, ce qui accélère la formation de craquelures et augmente le taux de propagation des fissures. (Jeffrey A. Hansen, « Environmental Stress Cracking - The Plastic Killer », *Advanced Materials & Processes* [June 2004], p. 50).

⁵ La dégradation causée par les intempéries est un mécanisme de dégradation pouvant se manifester durant l'exposition extérieure des matières plastiques. Des facteurs, tels que le rayonnement solaire, la température, l'humidité et les polluants, se combinent pour produire des changements dans la composition chimique de la matière. La dégradation causée par les intempéries change les propriétés des matières plastiques, dont les valeurs diffèrent alors des valeurs initiales spécifiées, ce qui entraîne une réduction de leur résistance à la traction et de leur résistance aux chocs ainsi qu'une augmentation de leur friabilité. Des changements de couleur (notamment un jaunissement) et des fissures superficielles sont aussi observés habituellement.

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques étaient propices au vol à vue et ne sont pas considérées comme un facteur contributif à l'événement.

Entreprise

Le WWFC est titulaire d'un certificat valide d'exploitation d'unité de formation au pilotage. Le WWFC s'est doté d'une politique écrite selon laquelle les vrilles sont permises seulement en présence d'un instructeur de pilotage de l'entreprise à bord. Le pilote avait précédemment signé avec le WWFC un accord de renonciation selon laquelle il reconnaissait cette politique.

Vrilles

Une vrille est une autorotation qui résulte de l'aggravation d'un décrochage⁶, l'avion décrivant un mouvement descendant en tire-bouchon. L'entrée dans une vrille peut être intentionnelle ou non intentionnelle, et peut survenir à pratiquement n'importe quelle vitesse, tant et aussi longtemps que la vitesse angulaire de lacet est suffisante pendant le décrochage de l'avion.

⁶ Sandy Macdonald et William Peppler, *From the Ground Up* (28th ed.), (Aviation Publishers Co., Ltd.: 2010).

[Traduction] [D]urant une vrille, une bonne partie du gouvernail de direction se trouve habituellement dans le sillage décroché de l'empennage horizontal et parfois de l'aile, au-dessus de laquelle la pression dynamique est faible ou encore l'écoulement d'air est anormal. [...] Cette figure [figure 1] illustre la zone de sillage décroché autour de la majeure partie de l'empennage vertical, causée par l'empennage horizontal, et qui réduit considérablement l'efficacité du gouvernail de direction⁷.

En général, les vrilles décrites par les avions s'aplatissent à mesure que le centre de gravité se déplace vers l'arrière⁸.

[Traduction] Ce résultat est, bien sûr, indésirable, car l'efficacité des commandes diminue normalement au fur et à mesure qu'augmente l'angle d'attaque de l'avion en vrille. La position du centre de gravité peut avoir une incidence considérable sur les caractéristiques de la vrille et de la sortie de vrille d'un avion⁹.

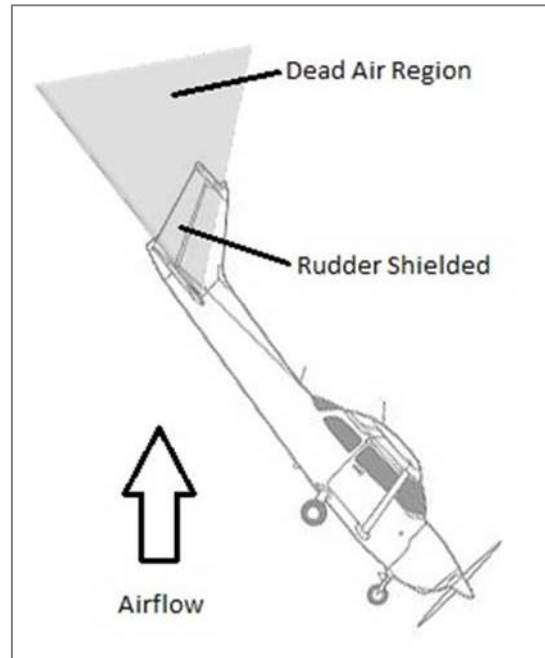


Figure 1. Zone de sillage décroché causée par l'empennage horizontal (fiche technique de la NASA numéro 6575, p. 28)

L'effet est généralement imprévisible et dépend d'un certain nombre de facteurs.

[Traduction] À titre d'évaluation sommaire, une perte d'altitude d'environ 500 pieds par tour de 3 secondes [un taux de descente approximatif de 10 000 pi/min] est prévisible pour la plupart des petits avions pour lesquels sont autorisées les vrilles. Des pertes plus importantes sont à prévoir à des altitudes-densités plus élevées¹⁰.

⁷ National Aeronautics and Space Administration, James S. Bowman, Jr., *Summary of Spin Technology as Related to Light General-Aviation Airplanes*, NASA Technical Note 6575, p. 7.

⁸ Ibid., p. 9.

⁹ Ibid., p. 15.

¹⁰ U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AC n° 61-67C: Stall and Spin Awareness Training (20 septembre 2007), pages 6-7.

Aéronef

L'aéronef a été fabriqué en 2000 et totalisait environ 4928 heures de vol. Les dossiers indiquent que l'avion était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées.

L'aéronef a été certifié par la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis dans les catégories normale et utilitaire. La catégorie normale se limite aux aéronefs destinés à des manœuvres non acrobatiques; les aéronefs certifiés dans la catégorie utilitaire peuvent être utilisés dans le cadre de certaines manœuvres acrobatiques, y compris des vrilles. La différence importante entre les 2 catégories est un facteur de charge accru dans la catégorie utilitaire, obtenu en limitant la masse brute et la position du centre de gravité. Les avions certifiés dans la catégorie normale, bien qu'ils ne soient pas approuvés pour les manœuvres acrobatiques intentionnelles (y compris les vrilles), doivent pouvoir se sortir d'une vrille à 1 rotation en un maximum de 1 rotation supplémentaire, et il doit être impossible de se mettre en vrille avec l'une ou l'autre des commandes de vol ou de moteur¹¹.

Le manuel d'utilisation à l'intention des pilotes du Cessna 172 S indique que les vrilles intentionnelles sont approuvées lorsque l'avion est exploité dans la catégorie utilitaire; elles sont interdites lorsque l'avion transporte des bagages ou lorsque les sièges arrière sont occupés. Un placard dans le poste de pilotage indiquait qu'aucune manœuvre acrobatique, y compris des vrilles, n'était approuvée dans la catégorie normale.

La procédure de sortie de vrille exposée dans le manuel d'utilisation à l'intention des pilotes s'énonce comme suit :

[Traduction] RAMENEZ LA MANETTE DES GAZ EN POSITION DE RALENTI.
PLACEZ LES AILERONS EN POSITION NEUTRE.
APPLIQUEZ ET RETENEZ LE PALONNIER À FOND EN DIRECTION
OPPOSÉE À LA ROTATION.
TOUT DE SUITE APRÈS L'ARRIVÉE EN BOUT DE COURSE DU PALONNIER,
POUSSEZ SANS HÉSITATION SUR LE VOLANT POUR ARRÊTER LE
DÉCROCHAGE. Il peut être nécessaire de braquer la gouverne de profondeur
complètement vers le bas pour obtenir de meilleurs résultats si la répartition de
la charge établit le centre de gravité de l'avion en position arrière.
RETENEZ CES COMMANDES EN POSITION JUSQU'À L'ARRÊT DE LA
ROTATION. Le relâchement hâtif de la pression sur les commandes tend à
retarder la sortie de vrille.

¹¹ U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, *Federal Aviation Regulations*, Section 23.221 - Spinning.

AU MOMENT DE L'ARRÊT DE LA ROTATION, RAMENEZ LE PALONNIER EN POSITION NORMALE, ET SORTEZ DOUCEMENT DU PIQUÉ¹².

La masse maximale autorisée au décollage pour ce type d'avion dans la catégorie utilitaire est de 2200 livres, et les limites du centre de gravité se situent entre 35 pouces et 40,5 pouces derrière le point de référence. Dans la catégorie normale, la masse maximale au décollage de l'avion est de 2550 livres, tandis que ses limites de centre de gravité se situent entre 35 pouces et 47,3 pouces derrière le point de référence.

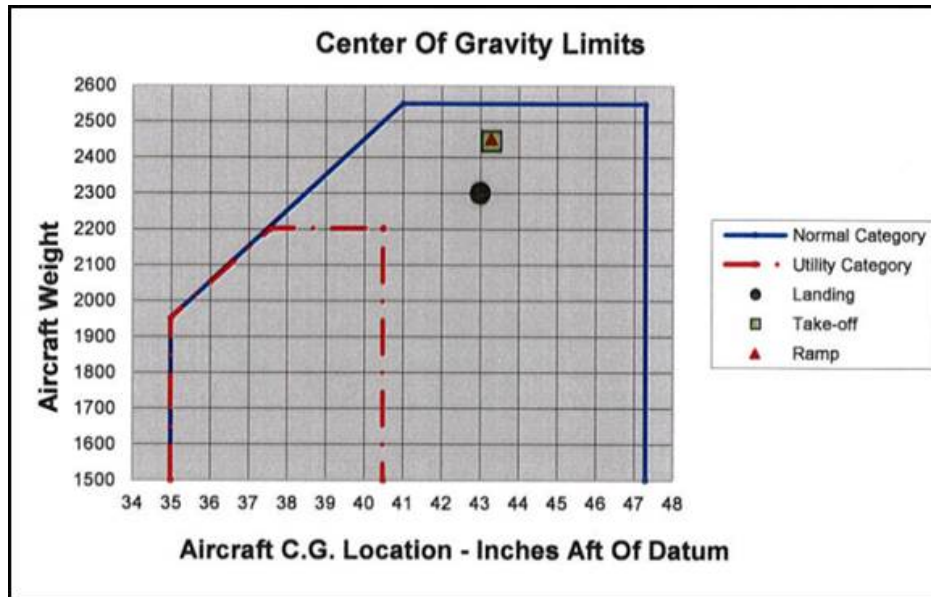


Figure 2. Devis de masse et centrage du C-FNET (source : Waterloo-Wellington Flying Club)

L'avion a quitté son point de départ avec une masse au décollage de 2446 livres et un centre de gravité situé à environ 43,25 pouces derrière le point de référence¹³. La masse à l'atterrissage prévue était de 2300 livres, et le centre de gravité se trouvait à environ 43 pouces derrière le point de référence. L'avion a été exploité dans la catégorie normale pendant tout le vol (figure 2).

¹² Cessna Aircraft Company, manuel d'utilisation à l'intention des pilotes d'avions Cessna, modèle 172S, Version 4, Section 3 - Procédures d'urgence, pages 3-19.

¹³ Le devis de masse et centrage a été complété par le pilote avant le départ.

Rapports du laboratoire du BST

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

- LP189/2012 - Aircraft Instruments Analysis (Analyse des instruments de l'aéronef)
- LP191/2012 - C172 Stall Warning System Analysis (Analyse de l'avertisseur de décrochage du C172)

Ces rapport peuvent être obtenus du BST sur demande.

Analyse

L'avion était complet et intact avant l'impact. Il y avait une fracture dans l'avertisseur de décrochage, mais il n'a pas été possible de déterminer l'effet de ce bris sur le fonctionnement de l'avertisseur. Aucune autre anomalie relative à l'avion ou à ses systèmes n'a été découverte. Le pilote était titulaire d'une licence appropriée et possédait les certifications et les qualifications requises conformément aux règlements en vigueur.

Il a été déterminé que les passagers avaient changé de siège en cours de vol. Actuellement, aucun règlement n'interdit aux passagers de changer de siège pendant le vol. Toutefois, compte tenu de l'espace restreint dans la cabine ainsi que de la proximité du pilote et des commandes de vol, il ne s'agit pas là d'une pratique sécuritaire; lorsqu'on change de siège, on peut, par inadvertance, toucher aux commandes de vol ou au pilote, ce qui risque de nuire à la pilotabilité de l'avion. En outre, des mouvements dans la cabine peuvent modifier la position du centre de gravité de l'avion, ce qui risque également d'accentuer les problèmes de maîtrise. Le changement de siège n'a pas été un facteur contributif à cet événement, car tous les occupants étaient assis et portaient leur ceinture de sécurité et leur harnais de sécurité.

L'enquête a permis de déterminer que l'avion était entré en vrille. En conséquence, la présente analyse portera principalement sur les raisons pour lesquelles l'avion est entré en décrochage et dans une vrille et pour lesquelles il n'a pas pu en sortir.

L'avion n'était pas autorisé à exécuter des vrilles lorsqu'il était exploité dans la catégorie normale. Cette restriction était énoncée dans le manuel d'utilisation à l'intention des pilotes et sur un placard se trouvant à bord de l'avion. Selon les politiques du Waterloo-Wellington Flying Club (WWFC), les vrilles étaient également interdites lorsqu'il n'y avait pas d'instructeur à bord.

L'avion est monté en altitude et a transmis son intention d'effectuer des manœuvres aériennes dans la zone d'entraînement, ce qui indique que le pilote comptait procéder à des manœuvres de ce type. Toutefois, il n'a pas été possible de déterminer si la vrille était intentionnelle ou non; les deux possibilités seront abordées dans cette analyse.

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel, il était expérimenté sur ce type d'avion et il connaissait les restrictions et les politiques de l'entreprise. Si la vrille était intentionnelle, il a tout simplement fait fi des restrictions et des politiques. Le pilote ne s'est peut-être pas aperçu que le fait de ne pas tenir compte de ces restrictions pouvait changer les caractéristiques de sortie de décrochage de l'avion.

Il est possible que la vrille ait été non intentionnelle. Comme il est énoncé plus haut, un décrochage doit précéder une manœuvre de vrille. Si un avion est ralenti, la vitesse peut diminuer jusqu'au point où un décrochage est susceptible de survenir. En outre, la vitesse de décrochage augmente avec l'angle d'inclinaison. Tout en manœuvrant, l'avion a peut-être été intentionnellement ralenti et incliné, ce qui a entraîné un décrochage imprévu avec un centre de gravité arrière. En outre, le signal sonore de la corne avant le décrochage est peut-être survenu trop tard ou il n'y a peut-être pas eu de signal sonore du tout, en raison d'une installation inadéquate ou d'un bris du dispositif.

Durant la vrille, l'angle d'attaque a augmenté en raison d'un centre de gravité arrière. Ainsi, l'empennage horizontal a probablement masqué l'écoulement d'air sur le gouvernail de direction, ce qui a réduit son efficacité et retardé la sortie de vrille. Dans la catégorie normale, l'avion est certifié pour sortir d'une vrille à une rotation en moins de 1 rotation supplémentaire, à la condition d'exécuter les commandes adéquates.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. L'avion est entré en vrille dans une configuration de masse et de centrage pour laquelle les vrilles n'étaient pas autorisées; le pilote n'est pas sorti de la vrille avant l'impact avec le sol.

Faits établis quant aux risques

1. Lorsque les passagers changent de siège en cours de vol dans un petit avion, il y a un risque accru de contact avec les commandes de vol. En outre, le centre de gravité est susceptible, dans un tel cas, de changer de position, ce qui peut accentuer les problèmes de maîtrise.
2. Si une corne d'avertisseur de décrochage est endommagée, elle peut s'activer trop tard ou ne pas s'activer du tout, ce qui accroît le risque que les pilotes ne soient pas avertis en temps utile de l'imminence d'un décrochage.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

Waterloo-Wellington Flying Club

Depuis cet accident, le Waterloo-Wellington Flying Club (WWFC) a mis en œuvre les mesures suivantes dans le cadre de son programme de vol :

- Le WWFC a souligné de nouveau, à l'intention de tous les pilotes, la différence entre les manœuvres dans la catégorie « normale » et celles dans la catégorie « utilitaire », ainsi que ses politiques sur la nécessité d'avoir un instructeur à bord pendant les manœuvres aériennes.
- Le WWFC a renforcé la partie « manœuvres aériennes » de ses programmes de formation au sol.

Toute la flotte du WWFC sera dotée d'un dispositif de poursuite GPS et d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage.

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 18 décembre 2013. Il est paru officiellement le 20 février 2014.

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.