



**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A08O0233**



**DESCENTE NON COMMANDÉE ET
COLLISION AVEC LE RELIEF**

**DU CESSNA 172P C-GHSQ
À 7 NM À L'OUEST DE SHELBURNE (ONTARIO)
LE 1^{ER} SEPTEMBRE 2008**

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

Rapport d'enquête aéronautique

Descente non commandée et collision avec le relief

du Cessna 172P C-GHSQ

à 7 nm à l'ouest de Shelburne (Ontario)

le 1^{er} septembre 2008

Rapport numéro A08O0233

Sommaire

La nuit du 31 août 2008, un pilote privé loue le Cessna 172P (immatriculation C-GHSQ, numéro de série 17276106). Le pilote et deux passagers décollent de l'aéroport de Brampton, en Ontario, et font une brève escale d'abord à l'aéroport municipal de Toronto/Butterville, puis à l'aéroport régional de Barrie-Orillia - lac Simcoe, et ensuite à l'aéroport de Wiarton, en Ontario, avant d'effectuer le vol de retour vers l'aéroport de Brampton. Vers 4 h 32, heure avancée de l'Est, le 1^{er} septembre 2008, l'avion percute le relief par 44 degrés 3 minutes de latitude Nord et 80 degrés 21 minutes de longitude Ouest, à environ 7 milles marins à l'ouest de Shelburne, en Ontario, et est détruit. Il n'y a pas d'incendie. L'impact endommage la radiobalise de repérage d'urgence et la rend inopérante. Le passager arrière alerte les services d'urgence en utilisant son téléphone cellulaire, mais ceux-ci ne peuvent repérer le lieu de l'accident avant environ 6 h 30, moment où un résident local le découvre et le signale. Le passager arrière est transporté en ambulance à un hôpital local où il est examiné avant de recevoir son congé. Le pilote et le passager avant sont transportés par avion à un hôpital de Toronto, où le passager succombe à ses blessures quatre jours plus tard.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

La location a été autorisée et notée sur une feuille du dossier des vols quotidiens du Brampton Flight Centre. On y a indiqué que le vol vers l'aéroport municipal de Toronto/Buttontville (CYKZ), en Ontario, ainsi que le vol de retour vers l'aéroport de Brampton (CNC3), en Ontario, ne dureraient pas plus de cinq heures¹ et que l'avion serait de retour sur l'aire de trafic à 4 h². L'avion transportait deux passagers, quoiqu'un seul était autorisé selon la feuille du dossier des vols. Le deuxième passager a pris le siège arrière droit. Aucun plan de vol ni itinéraire de vol n'a été déposé³.

À 23 h 11, C-GHSQ a quitté CNC3 et a atterri à CYKZ à 23 h 41. À 23 h 57, le pilote et ses passagers sont entrés dans les installations de simulation de vol du Collège Seneca et ont utilisé les simulateurs de vol pendant environ une heure. À 1 h 27, C-GHSQ a décollé et s'est rendu à l'aéroport régional de Barrie-Orillia - lac Simcoe (CNB9), en Ontario, où il a atterri et a passé environ 30 minutes au sol. Il s'est ensuite envolé vers l'aéroport de Wiarton (CYVV), en Ontario, y a atterri et a passé un peu de temps au sol. C-GHSQ a quitté CYVV vers 3 h 50. Le lieu de l'écrasement se situait juste au-delà de la moitié du trajet entre CYVV et CNC3 (voir la figure 1).

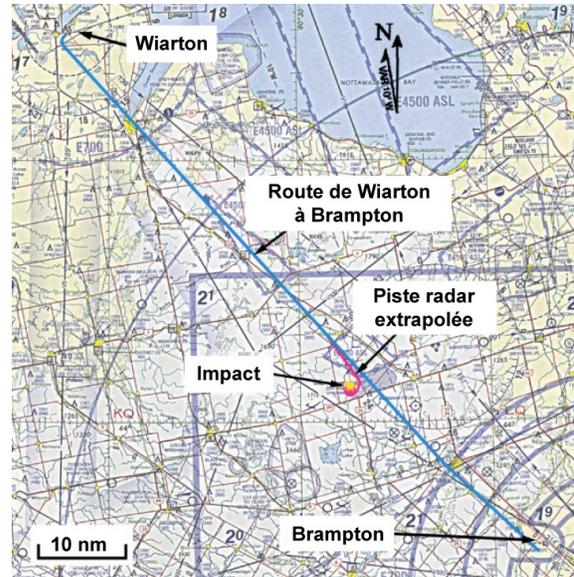


Figure 1. Route de C-GHSQ et lieu de l'écrasement

Le vol était effectué selon les règles de vol à vue (VFR), lesquelles exigent des références visuelles. Les radiophares omnidirectionnels à très haute fréquence (VOR) de Toronto et de Wiarton fonctionnaient et se trouvaient à portée de l'avion. Le radiophare non directionnel de Wiarton, émettant sur la fréquence de 326 kHz, était également disponible et fonctionnel. Selon les rapports météorologiques pour l'aviation de Toronto et de Wiarton au moment de l'accident, il y avait des vents légers (moins de 5 nœuds), un ciel dégagé, une visibilité de 15 milles, une température de 13 °C, un point de rosée de 11 °C et un calage altimétrique de 30,22 pouces de mercure.

- 1 Au moins un répartiteur se trouvait au bureau des opérations du Brampton Flying Club jusqu'à environ 22 h, après quoi le bâtiment était verrouillé. Toutefois, le club permettait le retour des avions loués après les heures d'accueil, même si les pilotes n'avaient pas accès à l'immeuble.
- 2 Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins quatre heures).
- 3 Selon le paragraphe 602.73 (2) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC), « Il est interdit au commandant de bord d'utiliser un aéronef en vol VFR à moins qu'un plan de vol VFR ou un itinéraire de vol VFR n'ait été déposé, sauf lorsque le vol est effectué à une distance de 25 milles marins ou moins de l'aérodrome de départ. » Il n'était pas obligatoire de déposer un plan ou un itinéraire de vol pour le vol original vers CYKZ et le vol de retour, puisque que CYKZ est à moins de 25 nm de CNC3.

Détenteur d'une licence de pilote privé, le pilote était certifié et qualifié pour le vol conformément à la réglementation en vigueur. Il était inscrit à un programme à temps plein en vue d'obtenir une licence de pilote professionnel avec qualifications multimoteur et vol aux instruments. Il avait 191,5 heures de vol à son actif, dont 135,3 heures sur le Cessna 172. On n'a pas pu déterminer son horaire de travail et de repos pendant les 72 heures précédant l'accident. Il s'est levé la journée avant l'accident vers 6 h 30. Bien que ses activités au cours de cette journée ne soient pas connues, il a communiqué avec le Brampton Flying Club à 16 h 30 pour réserver un avion et s'y est présenté à 20 h 30.

Le passager du siège avant était également détenteur d'une licence de pilote privé et avait accumulé 102 heures de vol. On n'a pas pu déterminer son horaire de sommeil pendant les 72 heures précédant l'accident, mais il avait généralement l'habitude de dormir la nuit. La journée avant l'accident, il est arrivé au Brampton Flying Club à 14 h 30 et y a travaillé à titre de répartiteur jusqu'à 22 h.

Le passager du siège arrière venait de commencer une formation de pilote privé et était rendu au début de l'étape pré-solo. Il avait lui aussi l'habitude de dormir la nuit.

Certifié pour une masse brute maximale au décollage de 2 400 livres, l'avion était un Cessna 172P monoplane à aile haute. L'avion était muni de commandes manuelles triaxiales qui offraient la possibilité de compenser l'axe de tangage seulement. Il n'était pas pourvu d'un pilote automatique ou d'autres dispositifs de commande automatisés comme un instrument qui aurait permis de garder les ailes à l'horizontale. Selon les dossiers, l'appareil était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. L'avion n'était pas équipé d'un enregistreur de données de vol ou d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, mais ni l'un ou l'autre n'étaient requis en vertu de la réglementation.

Selon le dernier devis de masse et centrage, une masse à vide était de 1 544 livres,⁴ laissant à l'avion une charge utile de 856 livres. Une feuille de travail servant au calcul de la masse et du centrage remplie par le pilote en prévision du vol en question indiquait une charge de 940 livres, qui comprenait les trois occupants, le carburant et le contenu du compartiment à bagages. La masse au roulage était donc de 2 484 livres et la masse au décollage était de 2 477 livres. Selon la feuille de travail, la masse de l'appareil était inférieure aux limites prescrites. Toutefois, la feuille de travail utilisée pour la planification du vol était conçue pour un Cessna 172R, qui est certifié pour une masse brute maximale plus élevée, soit 2 550 livres, que celle du Cessna 172P, qui est de 2 400 livres.

⁴ Les masses sont arrondies à la livre près.

Compte tenu du poids réel du pilote et des passagers, la charge était de 1 085 livres. Ainsi, la masse au roulage était de 2 629 livres et la masse au décollage était de 2 622 livres au départ de CNC3. En prenant une consommation de carburant estimée à 10 gallons U.S. par heure, on obtient une masse de 2 429 livres au moment de l'accident. Selon les calculs, le centre de gravité était inférieur aux limites prescrites, alors que la masse était supérieure aux limites de la masse maximale brute⁵.

Lors du trajet entre CNC3 et CYKZ et au départ de CYKZ, les communications entre C-GHSQ et le contrôle terminal de Toronto ont été normales. À 1 h 33, C-GHSQ a signalé qu'il quittait la zone de contrôle de CYKZ par le nord. On n'a précisé aucune destination. Il s'est agi de la dernière communication radio enregistrée en provenance de l'appareil.

À l'arrivée de CYVV et au départ, C-GHSQ a effectué des transmissions sur la fréquence obligatoire. Ces transmissions ont été normales, si ce n'est que l'on a parlé de la piste 23 en voulant désigner la piste 28. La première partie du trajet entre CYVV et CNC3 s'est faite au-dessous de la couverture radar. Quand l'appareil est apparu au radar, il était à une altitude de 4 400 à 4 500 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl) sur une route généralement stable vers CNC3, de 4 h 15 à 4 h 25. À 4 h 25, l'avion a commencé à virer vers la droite. Quatre minutes plus tard, après un virage d'environ 540 degrés (1 ½ tour complet), C-GHSQ a disparu du radar à une altitude de 4 000 pieds asl.

L'avion a percuté le relief cap à l'est, incliné d'environ 45° à droite, dans un piqué de 7° à 8° degrés et à une vitesse de 140 nœuds. D'après les empreintes laissées au sol, l'aile droite de l'appareil a touché le sol en premier, suivie de la roue principale droite et, ensuite, de la roue avant. L'avion est parti en tonneau et a commencé à se rompre. L'aile gauche s'est détachée du fuselage à environ 200 pieds du premier point de contact. L'épave principale, qui se composait du fuselage et de l'aile droite, gisait à environ 430 pieds du point de contact initial. Différentes pièces du poste de pilotage, des morceaux d'aile, des portes et le train d'atterrissage ont été retrouvés tout le long du sillon laissé par l'impact. L'avion a été détruit (voir la photo 1).

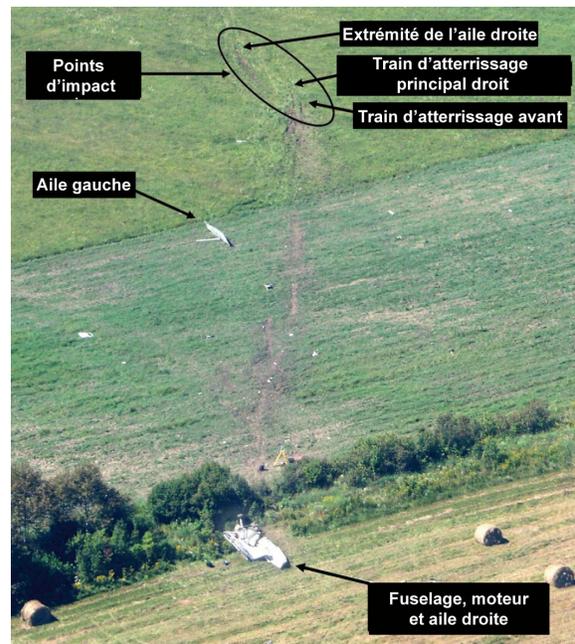


Photo 1. Lieu de l'écrasement de C-GHSQ

L'examen de l'épave a révélé que les volets étaient rentrés et que le moteur produisait de la puissance au moment de l'impact. La continuité de toutes les commandes de vol a été établie, à l'exception des commandes d'aileron qui ont été sectionnées par les dommages causés à l'aile gauche à l'impact. Il y avait une odeur de

⁵ L'article 602.07 du *Règlement de l'aviation canadien* stipule qu'il est interdit d'utiliser un aéronef à moins que celui-ci ne soit utilisé conformément aux limites d'utilisation qui sont précisées dans le manuel de vol de l'aéronef. Les limites de la masse et du centre de gravité sont publiées dans le manuel de vol de l'aéronef du Cessna 172P.

carburant sur le lieu de l'écrasement, ce qui indique la présence de carburant. Par contre, la quantité restante de carburant au moment de l'impact n'a pas pu être déterminée en raison de la fuite de carburant survenue après l'impact. Le radiogoniomètre automatique était syntonisé sur la fréquence de 326 kHz. On n'a pas pu déterminer les autres fréquences radio. Dans le cadre de l'examen des cadrans d'affichage et des mécanismes des instruments du poste de pilotage effectué par le laboratoire du BST, on n'a pas pu déterminer leurs indications au moment de l'impact.

La radiobalise de repérage d'urgence (ELT), de modèle E-01 d'ACK Technologies Inc. et portant le numéro de série 018828, était montée sur un support dans le fuselage arrière. L'ELT était installée conformément à l'article 551.104 du *Manuel de navigabilité* issu du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC)⁶, qui précise les normes de rendement et d'installation. L'ELT a été retrouvée dans l'épave, sous le moteur, séparée de son support de montage. Le boîtier de l'ELT s'était rompu, fort probablement au moment du contact avec le moteur, qui a séparé les piles du bloc émetteur. Le câble de l'antenne avait été arraché du bloc.

Au laboratoire du BST, une fois les piles connectées, l'émetteur et son circuit d'activation ont fonctionné comme ils le devaient. Le dispositif était muni d'une boule et d'un ressort de type contact à inertie sensible aux forces exercées dans une direction le long d'un seul axe, soit, dans le cas présent, la direction longitudinale de l'appareil. S'il y avait eu suffisamment de force le long de l'axe de sensibilité du contact à inertie, il est probable que l'ELT se serait déclenchée. Cependant, l'appareil a heurté le relief à un angle faible et est ensuite parti en tonneau. Malgré la présence de forces d'impact importantes, il a été impossible de conclure si elles avaient été suffisantes le long de l'axe de sensibilité pour actionner l'ELT.

Le support à ELT retient l'ELT à l'aide de deux sangles d'arrimage qui comportent des attaches de type cliquet à déclenchement rapide qui n'intègrent pas un mécanisme pour les garder en position verrouillée. Les sangles d'arrimage retrouvées dans l'épave de l'avion n'étaient pas verrouillées et le crochet de la sangle présentait des dommages indiquant que la portion avant de la sangle avait été tordue. Au laboratoire du BST, on a examiné le support de montage et les sangles d'arrimage. La résistance des sangles dépassait l'exigence de 100 g dans chaque sens, le long de chacun des trois axes principaux de l'installation. La norme ne tient pas compte d'une force d'impact qui agirait directement sur le cliquet en l'ouvrant et permettrait ainsi à l'ELT de se dégager du support de montage.

Une analyse mathématique des derniers moments de la trajectoire de vol a été effectuée. L'analyse a permis de concevoir un modèle de la trajectoire à partir du moment où l'avion a disparu au-dessous de la couverture radar jusqu'à ce qu'il percute le relief.

⁶ Cet article du RAC exige qu'une ELT respecte les normes environnementales et de rendement de la Federal Aviation Administration des États-Unis établies dans l'un ou l'autre des Technical Standard Order (TSO) suivants : TSO-C91a (ELT dont la fréquence d'émission est de 121,5 MHz ou de 243 MHz) ou TSO-C126 (ELT dont la fréquence d'émission est de 406 MHz). Les deux documents imposent les mêmes normes d'installation.

Selon les données radar de la trajectoire de vol, l'avion a essentiellement été en vol rectiligne en palier entre CYVV et CNC3 jusqu'à 4 h 24 min 30, moment où il y a eu un changement apparent dans la trajectoire de vol (voir la figure 2). Le reste des données radar a montré un virage vers la droite et le début d'une descente. La trajectoire de vol a été reconstituée à partir de ce point jusqu'à l'impact en supposant aucun changement à l'égard de l'état compensé de l'appareil (c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu de changement de la puissance du moteur ni des efforts aux commandes) et un petit réglage en fonction du vent et de l'angle de la trajectoire de vol initiale. La trajectoire de vol résultante apparaît à la figure 3.

Le pilote était retenu dans son siège par la ceinture-baudrier à trois points d'attache. Il était grièvement blessé et avait des lésions internes, des blessures à la tête ainsi qu'une perte de mémoire. Il est resté à l'hôpital pendant plusieurs semaines après l'accident. Rien n'indiquait qu'un problème médical antérieur aurait pu contribuer à l'accident.

À la suite de la rupture du côté droit de l'avion, le passager du siège avant a été projeté à l'extérieur de l'avion. Il a souffert de polytraumatisme résultant de la violence du choc. Les complications liées à ses lésions internes ont mené à sa mort quatre jours après l'accident. Les études de toxicologie n'ont pas décelé la présence d'alcool, et le niveau de monoxyde de carbone était dans la normale des niveaux observés chez les adultes.

Le passager du siège arrière a été retenu dans l'avion par sa ceinture abdominale. Il n'a eu que des blessures superficielles mineures. Il a été transporté à l'hôpital où il a été examiné avant de recevoir son congé. Peu après le décollage de Wiarton, au cours de la dernière étape du voyage, il s'est endormi. Il dormait également au moment de l'impact.

Le corps est doté d'une horloge biologique naturelle qui contrôle divers systèmes chimiques et neurologiques influant sur le sommeil, l'alimentation, la digestion, la vigilance et d'autres fonctions essentielles. Plusieurs de ces systèmes fonctionnent selon un cycle ou une horloge de 24 heures, que l'on appelle des rythmes circadiens. Ces derniers dépendent du cycle quotidien de clarté et d'obscurité créant une prédisposition biologique à être éveillé durant le jour et à dormir pendant la nuit. La période entre 3 h et 5 h a été identifiée comme un point d'activité particulièrement bas de la vigilance dans le cycle quotidien de 24 heures.

Les organismes de réglementation et d'enquête dans le monde reconnaissent que la fatigue est un facteur contributif à plusieurs accidents de transport. La fatigue peut se faire sentir lorsque la

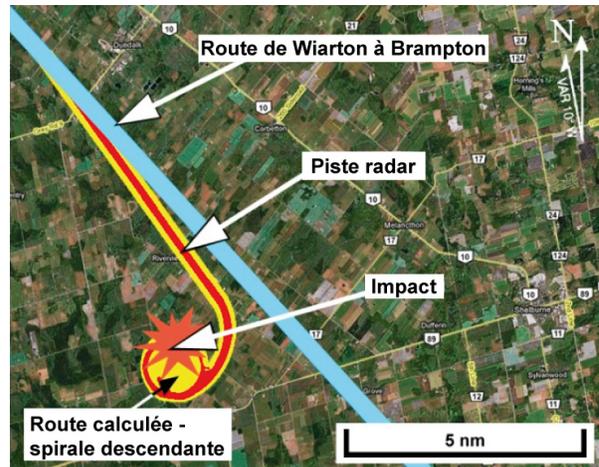


Figure 2. Lieu de l'écrasement de C-GHSQ

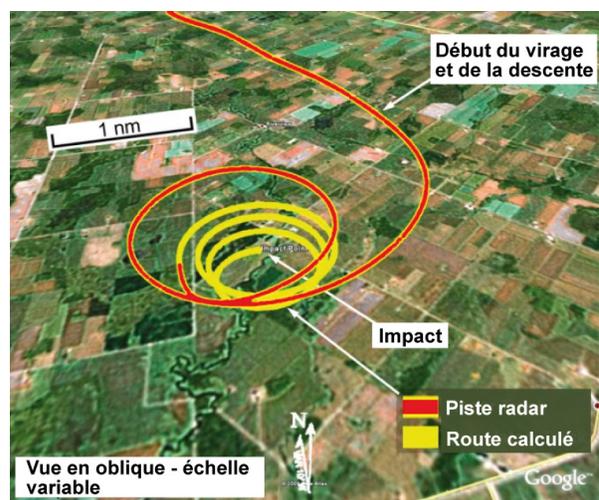


Figure 3. Trajectoire de vol finale de C-GHSQ

période d'éveil est prolongée et elle peut se manifester durant les points bas du rythme circadien naturel propre à la vigilance. Des facteurs environnementaux, comme un bruit continu à basse fréquence et une vibration constante, peuvent contribuer à la relaxation et permettre à un individu fatigué de s'endormir plus facilement.

Le lien entre l'augmentation du niveau de fatigue et les périodes d'éveil prolongées a été bien documenté. En général, lorsque les périodes d'éveil dépassent 16 heures consécutives, le risque de fatigue augmente. Selon une étude de laboratoire sur la fatigue, 17 heures d'éveil continu mènent à des déficiences des fonctions psychomotrices (coordination oculo-manuelle) qui sont l'équivalent d'une concentration d'alcool dans le sang de 0,05 % et 24 heures d'éveil continu mènent à des déficiences qui sont l'équivalent d'une concentration d'alcool dans le sang de 0,10 %⁷.

La fatigue peut nuire à la plupart des performances humaines, dont la dextérité manuelle, le calcul mental, le temps de réaction et le raisonnement cognitif. Elle peut amener à vouloir prendre des risques et à un relâchement de la sécurité qui, normalement, ne serait pas toléré. Une fatigue extrême conduit à « l'instabilité d'état », c'est-à-dire à s'endormir involontairement. L'instabilité d'état débute habituellement à la 22^e heure d'éveil continu⁸. De plus, le risque de s'endormir involontairement est surtout élevé quand on exécute des tâches qui exigent une attention soutenue et qui sont monotones. Il a été démontré que, durant les opérations aériennes civiles, la fatigue et la somnolence peuvent augmenter à des niveaux élevés inacceptables en raison de longues périodes de service et du niveau bas du rythme circadien de la vigilance⁹. La régulation de l'état de veille et de sommeil du corps humain est soumise à des processus homéostatique et circadien¹⁰. Le processus homéostatique mène à un besoin de sommeil qui augmente progressivement durant l'éveil : plus la période d'éveil est longue, plus la propension à s'endormir est forte. Le processus circadien donne forme au besoin d'éveil qui varie selon un rythme de 24 heures et est à son point le plus bas entre 3 h et 5 h.

Transports Canada a publié une série de documents qui traitent de la gestion de la fatigue et qui s'adressent principalement aux gestionnaires et aux employés d'établissements commerciaux¹¹. Selon ces documents, il n'existe aucune manière objective de mesurer les niveaux de fatigue ou la propension à s'endormir. Pour ce qui est de l'auto-évaluation de la fatigue, les personnes fatiguées sont de mauvais juges de leur niveau de fatigue et leur capacité de discernement s'altère au fur et à mesure que la fatigue s'installe. La fatigue est identifiée essentiellement à la suite d'une observation faite par des superviseurs et des collègues. Les contremesures visent à

⁷ DAWSON, D., REID, K. « Fatigue, alcohol and performance impairment », *Nature*, Vol. 388, juillet 1997, p. 235.

⁸ BEAUMONT, M. *et al.* « Slow release caffeine and prolonged (64h) continuous wakefulness: Effects on vigilance and cognitive performance », *Journal of Sleep Research*, Vol. 10, n° 4, 2001, p. 265-276.

⁹ WRIGHT, N., MCGOWN, A. « Involuntary sleep during civil air operations: wrist activity and the prevention of sleep », *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, janvier 2005.

¹⁰ VAN DONGEN, H. P. A., DINGES, D. F. « Circadian rhythms in fatigue, alertness and performance », *Principles and practice of sleep medicine*, 3^e éd., 1968.

¹¹ TRANSPORTS CANADA, *Système de gestion des risques liés à la fatigue pour le milieu aéronautique canadien*, série de documents : TP 14572F, TP 14573F, TP 14574F, TP 14575F, TP 14576F, TP 14577F et TP 14578F (avril 2007).

gérer le risque par l'entremise de politiques de gestion régissant les pratiques liées, par exemple, à l'horaire des quarts de travail ou aux limites sur les heures de vol. À part l'identification de ses propres symptômes, la personne qui est déjà fatiguée ne dispose d'aucune contremesure.

Analyse

Dans le présent accident, les conditions météorologiques étaient propices au vol et n'ont pas été considérées comme un facteur contributif. Rien n'indique qu'une défaillance mécanique de l'avion ou qu'une défaillance de l'équipement de navigation à bord ou des installations externes à l'avion a pu influencer sur la suite des événements. Ainsi, l'enquête a porté principalement sur le pilote et les passagers.

L'événement s'est produit au plus bas point de la vigilance circadienne, probablement suite au fait que le pilote avait été éveillé pendant 22 heures consécutives. Le pilote risquait donc grandement de s'endormir involontairement. Sa propension à s'endormir était très élevée sur l'échelle homéostatique et il était au point le plus bas du cycle circadien de vigilance. La tâche du pilote consistait à maintenir l'avion dans une direction et à une altitude constantes la nuit, une tâche qui est monotone et exige une attention soutenue. Un bruit continu à basse fréquence et une vibration constante meublèrent le poste de pilotage.

Tous ceux qui étaient à bord avaient l'habitude de dormir la nuit et étaient au plus bas point du rythme circadien de vigilance, les laissant tous sujets aux effets de la fatigue. Le passager du siège arrière s'était endormi après le départ de Wiaraton.

L'analyse a permis de déterminer que le changement de la trajectoire de vol correspondait au fait que le pilote avait cessé de solliciter les commandes d'inclinaison latérale et de direction nécessaires pour maintenir le cap de l'avion. Lorsque l'avion s'est mis à dévier de son azimut initial et de son inclinaison originale, sa stabilité naturelle aurait fait en sorte que sa vitesse verticale de descente aurait augmenté au fur et à mesure que le virage augmentait, ce qui est caractéristique de la stabilité en spirale sans intervention du pilote. L'analyse de la trajectoire de vol a déterminé que, sans aucune action du pilote sur les commandes, l'avion aurait continué sa descente en spirale à partir de sa dernière position enregistrée par le radar jusqu'au point où il a percuté le relief. De plus, l'analyse a permis de prédire exactement l'endroit, le cap et l'assiette de l'avion au moment de l'impact.

L'étude de la trajectoire de vol ne permet pas de prouver que les personnes à bord étaient toutes endormies, seulement qu'elles ne sont pas intervenues dans le pilotage de l'avion durant les sept dernières minutes du vol. Cependant, l'enquête a conclu que, à cause de la fatigue, les deux passagers dormaient et le pilote s'est endormi involontairement pendant qu'il exécutait la tâche monotone de garder l'avion en vol rectiligne en palier, après quoi l'avion est retourné à son état compensé et a continué à voler jusqu'à ce qu'il percute le relief.

À défaut d'une méthode directe pour mesurer le niveau de fatigue d'une personne ou sa propension à s'endormir, le moyen de combattre les accidents causés par la fatigue est d'éviter, d'abord, de se placer dans une situation à risque. Dans le cadre des opérations aériennes commerciales, des mesures opérationnelles et réglementaires sont employées pour limiter le nombre d'heures de vol et le temps de service des équipages de conduite. Dans le cas des personnes qui sont propriétaires d'un aéronef ou des pilotes qui en louent un, le seul moyen

pour s'opposer à la fatigue est leur propre jugement, qui est reconnu comme n'étant pas fiable, vu que les personnes fatiguées sont typiquement les pires juges de leur état. La réglementation ne comporte aucune exigence visant à imposer aux écoles de formation en pilotage, aux aéroclubs ou aux entreprises de location d'aéronefs les mesures de contrôle opérationnel qui s'appliquent aux opérations commerciales alors même que ces mesures pourraient aider à réduire les risques chez les personnes concernées.

Il a fallu un certain temps pour repérer le lieu de l'accident. Le pilote n'avait déposé ni un plan de vol ni un itinéraire de vol. Par conséquent, il n'était pas possible de savoir que l'avion était en retard. Bien que les forces d'impact aient été d'une intensité suffisante, il est possible que la composante de ces forces le long de l'axe de sensibilité ait été insuffisante pour amorcer le contact à inertie couplé à un seul axe et, par la suite, actionner l'ELT. De plus, l'ELT s'est détachée de son support de montage à l'impact, puis la source d'alimentation a été coupée de sorte que l'ELT a cessé d'émettre des signaux. C'est pourquoi aucun signal ELT n'a été entendu. Les normes d'installation de ces ELT n'empêchent pas l'utilisation du mécanisme devant aider la sangle d'arrimage à retenir l'ELT et qui a permis à celle-ci de se détacher de son support. Le concept de la sangle d'arrimage à cliquet pour les ELT présente le risque qu'une ELT ne fonctionne pas dans un accident semblable.

La masse brute maximale au décollage de l'avion dépassait les limites décrites dans le manuel de vol de l'avion. Par conséquent, l'intégrité structurelle et le rendement de l'avion n'étaient pas garantis dans le manuel de vol. Bien que ces éléments n'aient pas contribué à l'accident, l'exploitation d'un avion en dehors des limites certifiées présente un risque que l'exploitant ne peut pas évaluer.

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

- LP 119/2008 – ELT Analysis – Cessna 172P C-GHSQ (Analyse de l'ELT)
- LP 120/2008 – Instrumentation Examination – Cessna 172P C-GHSQ (Examen de l'instrumentation)
- LP 137/2008 – Flight Path Analysis – Cessna 172P C-GHSQ (Analyse de la trajectoire de vol)
- LP 009/2009 – ELT Bracket Analysis – Cessna 172P C-GHSQ (Analyse du support de montage de l'ELT)

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

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. En raison de la fatigue, le pilote s'est endormi involontairement et l'avion a continué de voler dans son état compensé jusqu'à ce qu'il percute le relief.
2. Les deux passagers, qui possédaient une expérience de vol, dormaient et n'ont donc pas pu se rendre compte de la situation qui se présentait et en prévenir le pilote.

Faits établis quant aux risques

1. Le fait de se fier au discernement du pilote pour éviter les accidents occasionnés par la fatigue constitue un mécanisme de défense inefficace.
2. Le pilote n'avait déposé ni un plan de vol ni un itinéraire de vol. Par conséquent, il n'y a eu aucun avertissement pour signaler que l'avion était en retard, d'où un éventuel retard dans le déclenchement des opérations de recherche et sauvetage.
3. Le pilote a utilisé une feuille de travail pour le calcul de la masse et centrage conçue pour un autre modèle d'avion. Ainsi, le vol a été effectué à une masse brute qui dépassait les limites établies dans le manuel de vol de l'appareil.
4. Bien qu'elle soit conforme aux normes courantes, la sangle d'arrimage à cliquet qui fixe la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) à l'avion peut se défaire de manière à ce que l'ELT ne soit plus fixée quand elle est soumise à la bonne combinaison des forces d'impact, rendant l'ELT inopérante et, par conséquent, augmentant le risque d'un retard dans la découverte du lieu de l'écrasement.
5. Bien qu'elle soit conforme aux normes courantes, une ELT pourvue d'un contact à inertie couplé à un seul axe ne sera pas actionnée, dans certaines circonstances, par les forces d'impact, augmentant par conséquent le risque d'un retard dans la découverte du lieu de l'écrasement.

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 26 janvier 2010.

Visitez le site Web du BST (www.bst-tsb.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.