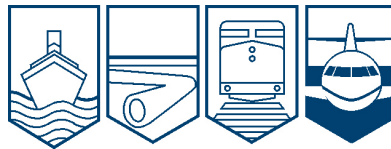


Transportation Safety Board
of Canada



Bureau de la sécurité des transports
du Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A12O0170



PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF

**SOCATA TBM 700N, C-FBKK
20 NM AU SUD-OUEST DE RENFREW (ONTARIO)
LE 8 OCTOBRE 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

Perte de maîtrise et collision avec le relief

SOCATA TBM 700N, C-FBKK

20 NM au sud-ouest de Renfrew (Ontario)

Le 8 octobre 2012

Rapport numéro A12O0170

Résumé

L'avion SOCATA TBM 700N privé (immatriculé C-FBKK, numéro de série 621) quitte l'aéroport d'Ottawa/Carp (Ontario) pour effectuer un vol aux instruments à destination de Goderich (Ontario). Peu de temps après le décollage, le pilote seul à bord décide de se rendre plutôt à Wiarton (Ontario). Le contrôle de la circulation aérienne autorise l'avion à monter au niveau de vol 260 (FL260). L'avion continue sa montée en franchissant ce niveau et il amorce un virage à droite qui se transforme rapidement en piqué en spirale. À environ 12 h 19, heure avancée de l'Est, l'avion percute le sol et est détruit. De petits incendies se déclarent et consomment certaines parties de l'avion. Le pilote subit des blessures mortelles. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz se trouvant à bord de l'avion est endommagée et son signal n'est pas détecté par le système de recherche et sauvetage assisté par satellite (SARSAT).

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Le jour de l'accident, l'avion a quitté Goderich (Ontario) (CYGD), vers 10 h 30¹, avec 3 personnes à son bord; le propriétaire de l'avion pilotait ce dernier à partir du siège gauche du poste de pilotage, le pilote en cause dans l'accident occupait le siège droit et l'épouse du propriétaire prenait place dans la cabine. Ce vol a été effectué selon les règles de vol aux instruments au niveau de vol² 250 (FL250) et l'avion a atterri à l'aéroport d'Ottawa/Carp (Ontario) (CYRP) vers 11 h 30. Le moteur a été coupé et toutes les personnes à bord de l'avion en sont débarquées. Après environ 15 minutes, le pilote en cause dans l'accident est rembarqué dans l'avion et en a fermé la porte principale. Le moteur a été démarré et l'avion a roulé vers sa position de départ. À 12 h, l'avion a été mis en position sur la piste 28, le pilote occupant alors le siège droit, et le départ s'est fait sans incident.

À 12 h 4, pendant que l'avion franchissait une altitude de 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl), le pilote a contacté les services de contrôle terminal de la circulation aérienne d'Ottawa et a reçu d'eux une autorisation d'effectuer un vol aux instruments jusqu'à CYGD. Le pilote a demandé que la destination soit changée pour Wiarton (CYVV). Il a obtenu l'autorisation nécessaire et les vecteurs radars requis pour monter jusqu'au niveau de vol FL320. Avant le départ, le pilote avait décidé de modifier la destination afin d'aller chercher un manuel d'aéronef qui était resté à Wiarton et il a résolu de procéder à ce changement une fois en vol afin de gagner du temps.

À 12 h 7, les services de contrôle terminal de la circulation aérienne d'Ottawa ont donné comme instruction à l'avion C-FBKK, qui franchissait alors une altitude de 11 500 pieds asl, de contacter le contrôle de la circulation aérienne du centre de Montréal.

À 12 h 8, le centre de Montréal a autorisé l'avion C-FBKK, qui franchissait alors une altitude de 14 000 pieds asl, à se diriger vers CYVV et a donné comme instruction au pilote de contacter le contrôle de la circulation aérienne du centre de Toronto.

À 12 h 11, le centre de Toronto a autorisé l'avion C-FBKK à monter au niveau de vol FL240, et, une minute plus tard, au niveau de vol FL260. Le pilote a collationné l'autorisation de monter au niveau de vol FL260 à 12 h 12 min 56 s tout en franchissant le niveau de vol FL219. Il s'agit là de la dernière transmission enregistrée du pilote.

Entre 12 h 8 et 12 h 16, la trajectoire horizontale de l'avion a varié légèrement vers la gauche et la droite de la trajectoire directe vers CYVV. Au cours des vols précédents, il n'y a eu aucune déviation, ou très peu, lorsque le pilote automatique était embrayé.

À 12 h 16, l'avion a franchi le niveau de vol FL260 et, 1 minute plus tard, après avoir atteint le niveau de vol FL275, il a amorcé un virage à droite qui s'est rapidement transformé en piqué en

¹ Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné [UTC] moins 4 heures).

² Le niveau de vol est le niveau de pression atmosphérique constante lié à un point de référence de 29,92 pouces de mercure et exprimé en centaines de pieds. P. ex., le niveau de vol 250 correspond à une indication, sur l'altimètre barométrique, de 25 000 pieds asl.

spirale. Durant le piqué, l'avion a atteint des vitesses verticales excédant les 25 000 pieds par minute (pi/min); en outre, selon les enregistrements réalisés par radar, l'avion s'est mis en palier pendant environ 6 secondes à une altitude de 8000 pieds asl avant de reprendre le piqué en spirale. Le dernier écho radar, enregistré à 12 h 18 min 50 s, montre l'aéronef à une altitude de 4900 pieds asl, et à une vitesse verticale de 13 200 pi/min.

Des personnes ont vu et entendu l'avion exécuter, sous cette altitude, diverses manœuvres inhabituelles, notamment des montées et descentes rapides, des boucles, des virages abrupts et des vols inversés. Le bruit décrit s'apparentait au son aigu produit par la montée en régime rapide et variable du moteur. L'avion a percuté une zone boisée dont l'élévation était d'environ 1085 pieds asl.

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques au moment et au lieu de l'accident n'ont pas été considérées comme un facteur contributif. Le ciel était dégagé, il n'y avait pas de précipitations et la visibilité était supérieure à 15 milles terrestres. Aucun autre aéronef présent dans le secteur n'a signalé la présence de givrage ou de turbulence.

Propriétaire de l'avion

En achetant l'avion C-FBKK, le propriétaire avait l'intention de le piloter lui-même. Ainsi, le propriétaire a reçu une formation sur simulateur, il a subi une épreuve en vol et il a fait appel à un pilote de TBM 700 expérimenté (le pilote en cause dans l'accident) pour l'accompagner les 5 premiers jours afin de faciliter son adaptation au nouveau type d'avion.

Pilote en cause dans l'accident

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote de ligne valide, qui comprenait une qualification de vol aux instruments en règle, ainsi qu'une qualification de type sur le TBM 700. Le pilote avait une expérience de vol de plus de 19 200 heures, dont environ 700 sur le type considéré. La formation et la qualification de type initiales avaient eu lieu en 2001, et depuis, 8 sessions de formation périodique avaient été suivies.

Le pilote était détenteur d'un certificat médical de classe 1 valide, ayant subi avec succès un examen le 5 septembre 2013, 33 jours avant l'accident. L'examen comprenait un électrocardiogramme, lequel aide l'examineur à évaluer l'état du cœur du patient. Le pilote était âgé de 74 ans et prenait des médicaments contre l'hypertension et l'hypercholestérolémie. Le médecin examinateur de l'aviation civile et l'agent médical régional de l'aéronautique étaient au fait de l'état de santé du pilote et des médicaments connexes et ils ont déterminé que cela n'empêchait pas l'émission d'un certificat médical de classe 1.

Les données consignées dans le rapport d'examen médical de l'aviation civile indiquent qu'au moment de l'examen, le pilote présentait un indice de masse corporelle (IMC) de 33,1. Les personnes ayant un IMC supérieur à 30 sont considérées comme obèses.

Dans la partie portant sur les facteurs de risques cardiovasculaires, l'examineur avait coché Hypertension, Lipides sériques (Hypercholestérolémie) et Obésité.

Aéronef

L'aéronef, un TBM 700N (nom commercial : TBM 850), est un avion mono turbopropulseur pressurisé haute performance et son altitude d'exploitation maximale autorisée était de 31 000 pieds asl. L'avion C-FBKK a été fabriqué en 2012, il a reçu son certificat de navigabilité initial le 22 juin 2012, et il a été importé au Canada en septembre 2012 par le propriétaire, qui comptait le piloter.

Au moment de l'accident, il avait accumulé environ 64 heures de temps de vol total, dont 17 heures depuis l'importation de l'appareil au Canada.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était homologué, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. L'avion n'était pas doté d'un enregistreur de données de vol (FDR) ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) autonome, et n'était pas tenu d'en avoir, selon la réglementation en vigueur.

Avionique

L'avion était équipé d'un ensemble avionique Garmin 1000 (G1000) qui comprenait un écran multifonction (MFD) de 15 pouces, situé au centre du tableau de bord, ainsi que 2 écrans principaux de vol (PFD) de 10,4 pouces se trouvant directement devant chacun des sièges du poste de pilotage. Le MFD affiche de nombreux paramètres pour la surveillance de l'avion et du moteur, y compris des avertissements et des messages d'alerte d'équipage (CAS) qui sont présentés dans le coin inférieur gauche du MFD. Le système G1000 peut tenir compte de nombreux paramètres et enregistrer les données sur une carte mémoire installée dans le coin supérieur droit du MFD.

L'avion était également pourvu d'un système de commande automatique de vol (AFCS) Garmin GFC 700. Le *Manuel d'information du pilote (PIM)* du TBM 850 comporte une restriction standard indiquant que pour utiliser le pilote automatique, le pilote doit prendre place dans le siège gauche.

Circuit de pressurisation

L'appareil TBM 700N est pressurisé au moyen d'air de prélèvement en provenance du compresseur du moteur, et la pressurisation est régulée au moyen d'un ordinateur embarqué appelé le dispositif de commande de circuit d'air global (GASC).

La sortie de l'air comprimé du moteur est régulée par une vanne de régulation de débit et d'arrêt. Il s'agit d'une vanne à papillon située dans le compartiment moteur à l'avant du coupe-feu. Cette vanne d'arrêt à commande électropneumatique est commandée par un moteur-couple solidaire et s'actionne sous l'effet de la pression de l'air prélevé du moteur. La vanne est fermée par un ressort interne lorsque le moteur-couple est désexcité ou lorsqu'il n'y a pas d'arrivée d'air prélevé du moteur. Le courant électrique du moteur-couple est régi par le GASC, qui reçoit des signaux du capteur de pression différentielle de prélèvement et du capteur de pression de cabine. En cours de vol, la vanne est normalement ouverte. La vanne se ferme dans l'une des situations anormales suivantes : détection d'une surchauffe à l'admission ou à la sortie; perte de la pression d'air de prélèvement; perte de l'alimentation électrique; ou mise à la position arrêt de l'interrupteur de prélèvement sous cache du système de contrôle

environnemental. Lorsque la vanne est fermée, le message d'alerte d'équipage BLEED OFF de couleur jaune s'affiche sur le MFD.

Un ordinateur commande la pressurisation; toutefois, il existe un panneau de commande de pressurisation de cabine (CPCP) situé sur le tableau de bord, en avant du genou gauche de l'occupant du siège droit. Ce panneau comporte un sélecteur d'altitude cabine que le pilote règle pour aider le GASC à modifier progressivement l'altitude cabine durant la montée et la descente. Le PIM donne comme instruction aux pilotes de mettre le sélecteur à la position altitude de croisière +1000 pieds lorsque l'avion est en montée, et à la position correspondant à l'élévation de l'aéroport de destination lorsqu'il est en descente.

Des signaux sonores et visuels alertent le pilote sur l'état du circuit de pressurisation en cours de vol. La portion supérieure gauche du MFD affiche l'altitude cabine, la pression différentielle de cabine, le taux de variation de l'altitude cabine, l'altitude sélectionnée et la pression de la bouteille d'oxygène. Si l'altitude cabine excède 10 000 pieds, l'altitude cabine affichée clignote en rouge, le message d'alerte d'équipage CABIN ALTITUDE de couleur rouge apparaît dans la portion inférieure gauche du MFD, le voyant-poussoir d'avertissement principal rouge clignotant situé sur le panneau auvent supérieur gauche s'allume et une alerte sonore répétitive retentit dans les casques d'écoute. L'alerte continue de retentir et le voyant continue de clignoter jusqu'à ce que l'on appuie sur le voyant-poussoir d'avertissement principal.

En cas de perte de pressurisation, des masques à oxygène de secours sont mis à la disposition des passagers assis à l'arrière, et les occupants du poste de pilotage peuvent utiliser des masques à oxygène d'urgence à pose rapide. Si le pilote porte un masque et qu'il doit faire un appel radio, il doit mettre à la position ON (marche) un interrupteur qui se trouve à l'extrême gauche du tableau de bord, afin de pouvoir activer le microphone du masque au moyen du bouton de conversation (PTT). Tous les masques de l'avion sont raccordés à une bouteille d'oxygène qui se trouve près de l'emplanture de l'aile droite, à laquelle on peut accéder par une petite porte située près du carénage d'emplanture d'aile droit. La bouteille est pourvue d'un robinet d'isolement fixé directement sur sa partie supérieure, et auquel il n'est pas possible d'accéder à partir du poste de pilotage : le robinet doit être ouvert avant le vol. Habituellement, l'essai du circuit d'oxygène se fait lorsque l'avion est au sol. Cet essai consiste à appuyer sur un interrupteur se trouvant sur les masques à pose rapide et à tendre l'oreille pour déceler le léger sifflement produit par l'oxygène sous pression. La pression de l'oxygène est affichée par voie numérique sur le MFD. Si l'interrupteur d'isolement de la bouteille d'oxygène est fermé, un message d'alerte d'équipage rouge apparaît sur le MFD.

L'article 605.31 - Équipement et réserve d'oxygène du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) actuel exige que les aéronefs soient pourvus d'une réserve d'oxygène suffisante pour pouvoir alimenter tous les membres de l'équipage au cours de la période totale du vol à une altitude cabine supérieure à 13 000 pieds asl. Si la bouteille d'oxygène a été entièrement chargée et le robinet est ouvert, elle peut fournir environ 226 minutes d'oxygène à un seul membre de l'équipage.

Procédures

En cas de perte de pression cabine, le PIM exige des pilotes qu'ils amorcent une descente d'urgence (Annexes

Annexe A – Procédure de descente d'urgence pour le TBM 850) à l'altitude minimale en route et, si possible, sous les 10 000 pieds.

Hypoxie

L'hypoxie est définie de la manière suivante à l'article 3.0 - Renseignements médicaux de la section Discipline aéronautique du *Manuel d'information aéronautique (AIM)* (TP 14371F) de Transports Canada :

La définition littérale de l'hypoxie est « une insuffisance en oxygène ». L'hypoxie implique donc un déficit d'oxygène qui empêche le corps de fonctionner normalement. Le début est insidieux et peut être accompagné d'une sensation de bien-être, appelée euphorie. Même une légère hypoxie gêne la vision nocturne et ralentit le temps de réaction. L'hypoxie plus grave entrave le raisonnement, engendre une fatigue inhabituelle et finalement cause une perte de conscience.

Il existe quatre types d'hypoxie (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** – *Types d'hypoxie*).

Essais et recherches

Selon les résultats documentés des essais en vol de l'avion effectués dans le cadre de sa certification, ce type d'avion a une stabilité dynamique et statique positive, c'est-à-dire qu'il a tendance à retourner, à la suite d'une perte de maîtrise, à l'état neutre ou à son état compensé antérieur. Il a été noté que compte tenu de la compensation de l'avion nécessaire à sa mise en cabré et du réglage élevé de la puissance, une force de commande considérable a été nécessaire pour établir une spirale descendante. Une fois la commande relâchée, l'assiette longitudinale de l'avion aurait eu tendance à retourner à son état compensé antérieur et le roulis de l'avion aurait eu tendance à être neutre. Des essais subséquents effectués en collaboration avec le BST dans le cadre de l'enquête ont permis d'obtenir des résultats similaires.

Épave

L'avion a percuté le sol à une vitesse vers l'avant et une vitesse verticale très élevées. Les morceaux de l'épave étaient éparpillés sur une superficie de plusieurs centaines de mètres carrés. Plusieurs petits incendies localisés consécutifs à l'impact ont consumé de nombreuses pièces et composantes. Les marques laissées par l'impact sur les arbres avoisinants portent à penser que l'avion était en forte inclinaison à droite et en piqué prononcé lorsqu'il a percuté le sol.

Au moment de leur localisation, le siège droit du poste de pilotage et ses ceintures de sécurité présentaient une déformation indiquant que le siège était occupé. Quant à elles, les ceintures de sécurité du siège gauche n'étaient ni bouclées, ni déformées.

La bouteille d'oxygène, qui avait explosé, a été retrouvée. Le robinet monté sur le col de la bouteille a été retrouvé; il était en position fermée. Le robinet ne portait pas de marques d'impact et ne montrait pas non plus de signes de transfert de matériau, ce qui aurait suggéré qu'il avait été déplacé durant la séquence de l'accident. Cependant, il n'a pas été possible d'écarter la possibilité que le robinet ait pu se déplacer à la position fermée lors de l'impact.

Le MFD G1000 a été partiellement récupéré, mais il était lourdement endommagé et en partie détruit par le feu. L'emplacement où la carte mémoire aurait normalement dû se trouver a été repéré, mais il n'a pas été possible de localiser la carte mémoire elle-même et on a déterminé qu'elle avait été détruite.

Le sélecteur d'altitude cabine a été récupéré et on a établi qu'il était réglé à une altitude aéronaf de 18 300 pieds, soit une altitude cabine de 2500 pieds.

La vanne de régulation de débit et d'arrêt a été récupérée; on a établi qu'elle était en position fermée au moment de l'impact.

Lorsqu'il a été récupéré, le GASC présentait des dommages minimaux; toutefois, lorsqu'on l'a démonté, on a constaté que la puce mémoire qui devait contenir des données enregistrées sur le dernier vol avait été détruite.

Le moteur et l'hélice ont été récupérés; il a été établi que le moteur produisait de la puissance au moment de l'écrasement.

Il n'a pas été possible de procéder à un examen pathologique du pilote.

Rapports du laboratoire du BST

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

- LP215/2012 - *Avionics Analysis* (Analyse de l'ensemble avionique)
- LP216/2012 - *Airframe Reconstruction / Engine and Propeller Examination* (Reconstitution de la cellule / Examen du moteur et de l'hélice)

Ces rapports peuvent être obtenus du BST sur demande.

Analyse

Compte tenu de l'étendue des dommages et du fait que les données enregistrées se limitaient aux enregistrements du contrôle de la circulation aérienne au-dessus de 4900 pieds asl, il n'a pas été possible de déterminer avec certitude les raisons pour lesquelles l'avion a amorcé le virage en descente rapide puis a ensuite percuté le sol.

Dans le cadre de l'enquête, on a relevé plusieurs facteurs non reliés à une exploitation normale; cependant, il n'a pas été possible d'établir un lien entre ces facteurs. Ces facteurs comprennent la position du robinet de la bouteille d'oxygène, le fait que le siège droit était occupé, le fait que le pilote automatique n'avait pas été embrayé, le réglage du CPCP, la position de la vanne de régulation du débit et d'arrêt, l'entrée rapide dans un piqué en spirale, la brève mise en palier de l'avion durant sa descente et les manœuvres observées sous la couverture radar.

Le robinet de la bouteille d'oxygène est habituellement vérifié avant le premier vol, tout comme le sont la quantité d'oxygène et le fonctionnement du circuit d'oxygène à partir de l'intérieur du poste de pilotage. Si ce robinet avait été en position fermée au moment du vol, un avertissement CAS bien visible aurait été présenté sur le MFD. Le fait de continuer le vol au-dessus de 10 000 pieds sans oxygène d'urgence présente un danger, car en présence d'une dépressurisation, le pilote serait rapidement frappé d'incapacité. Il n'a pas été possible de déterminer avec certitude si la position du robinet a changée durant l'accident.

Le pilote prenait place dans le siège droit pour le vol initial en partance de CYGD et le propriétaire était assis dans le siège gauche. Il n'a pas été possible de déterminer les raisons pour lesquelles le pilote a décidé d'occuper le siège droit pour le voyage de retour, compte tenu du fait qu'il était seul à bord de l'avion à ce moment. Bien qu'on puisse piloter l'avion aisément à partir de l'un ou l'autre des sièges, certains interrupteurs comme l'interrupteur pour diffusion de message radio avec masque deviennent plus difficiles à utiliser et les voyants d'avertissement principaux ainsi que les messages CAS présentés sur le MFD ne sont plus dans le champ de vision du pilote lorsqu'il occupe le siège droit.

Les enregistrements radars de la trajectoire de vol horizontale et le manque de données saisies au niveau de vol FL260 laissent penser que le pilote automatique n'était pas embrayé. Il serait considéré comme anormal de ne pas employer ce système, plus particulièrement lorsque la charge de travail est plus élevée, notamment dans le cadre de vols aux instruments effectués par un seul pilote. Le PIM comprend une restriction indiquant qu'un pilote doit s'asseoir dans le siège gauche pour utiliser le pilote automatique. Cette restriction était peut-être connue du pilote, ce qui pourrait expliquer pourquoi le système n'a pas été utilisé.

Le sélecteur d'altitude cabine du CPCP était réglé à une altitude qui ne correspondait à aucun réglage recommandé dans le PIM. Le réglage en question ne pouvait pas entraîner la désactivation du circuit de pressurisation commandé par ordinateur; toutefois, il ne permettait pas l'optimisation du taux de variation de l'altitude cabine. Il a été considéré comme possible que cette sélection ait pu être faite par erreur, ou peut-être à un moment où le pilote était frappé d'incapacité, ou lorsque l'avion était en descente rapide.

Il a été établi que la vanne de régulation de débit et d'arrêt était en position fermée lorsque l'avion a percuté le sol. Il existe 5 raisons possibles pour lesquelles cette vanne serait fermée; toutefois, une seule de ces raisons, soit la perte de pression en amont, a pu être largement

écartée compte tenu du fonctionnement connu du moteur. Si cette vanne avait été fermée durant le vol, la cabine aurait cessé de recevoir de l'air sous pression et la pression à l'intérieur de la cabine serait éventuellement devenue égale à la pression extérieure. Cette perte de pression aurait déclenché plusieurs avertissements dans le poste de pilotage, y compris un avertissement principal et une alarme sonore répétitive.

Il est difficile de s'expliquer pourquoi l'avion aurait piqué en spirale rapidement sans intervention du pilote. Si l'avion monte alors que sa puissance de montée et sa compensation sont à des valeurs normales, il n'a pas tendance à amorcer ce type de manœuvre sans sollicitation. De la même manière, il est difficile de d'expliquer le changement considérable du taux de descente durant le piqué en spirale et les manœuvres observées sous la couverture radar si on exclut une action du pilote pour ce faire.

L'âge et l'état de santé du pilote sont des facteurs probables d'une incapacité soudaine. Une incapacité causée par un état de santé particulier pourrait causer une perte de maîtrise, mais la position déterminée de la vanne de régulation de débit et d'arrêt, l'entrée rapide de l'avion en piqué en spirale, la réduction du taux de descente et les manœuvres observées excluent cette hypothèse.

Une perte de pressurisation indéterminée cadre avec la position de la vanne; cette perte, de même que la non-disponibilité d'oxygène en bouteille, pourrait expliquer l'amorce maîtrisée d'une descente d'urgence au taux maximum, suivie peu après par l'incapacité du pilote et la perte de maîtrise de ce dernier, probablement occasionnée par l'hypoxie. Toutefois, la réduction du taux de descente, les manœuvres observées et d'autres facteurs inhabituels présentent trop d'éléments d'incertitude pour permettre de conclure que l'hypoxie est en cause.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le pilote a perdu la maîtrise de l'avion pour des raisons indéterminées et l'avion est entré en collision avec le relief.

Faits établis quant aux risques

1. Le fait d'exploiter un avion à une altitude supérieure à 13 000 pieds asl sans disposer d'alimentation en oxygène d'urgence accroît les risques d'incapacité due à l'hypoxie à la suite d'une dépressurisation.

Autres faits établis

1. L'avionique de bord pouvait enregistrer des données essentielles à l'enquête sur l'accident, mais le support d'enregistrement a été détruit durant l'accident.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. En conséquence, le Bureau a autorisé la publication du rapport le 17 décembre 2013. Il est paru officiellement le 10 janvier 2014.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.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 – Procédure de descente d’urgence pour le TBM 850

TBM SECTION 3
850 PILOTS OPERATING HANDBOOK EMERGENCY PROCEDURES
EASA Approved

3.6 – EMERGENCY DESCENTS

MAXIMUM RATE DESCENT	
1 - Power lever	IDLE
2 - Oxygen	If necessary
3 - Propeller governor lever	MAX. RPM
Procedure in smooth air :	
4 - Flaps	UP
5 - Landing gear	UP
6 - Speed	V _{MO} = 266 KIAS
Procedure in rough air or in case of structure problem :	
7 - Reduce speed	IAS ≤ 178 KIAS
8 - Landing gear	DN
9 - Flaps	UP
10 - Keep	IAS ≤ 178 KIAS

Edition 1 – June 22, 2007 EMERGENCY DESCENTS Page 3.6.3
 Rev. 0

[Traduction]

TBM 850
 MANUEL D'UTILISATION À L'INTENTION DES PILOTES

PARTIE 3
 PROCÉDURES D'URGENCE
 Approuvé par l'EASA

3.6 – DESCENTES D'URGENCE

TAUX MAXIMAL DE DESCENTE

1 - Levier de puissance..... RALENTI
 2 - Oxygène..... Si nécessaire
 3 - Levier du régulateur d'hélice..... RÉGIME MAXIMAL

Procédure à suivre en air calme :

4 - Volets..... RENTRÉS
 5 - Train d'atterrissage..... RENTRÉ
 6 - Vitesse..... V_{MO} = 266 KIAS

Procédure à suivre en cas de turbulence ou de problème structural :

7 - Réduction de la vitesse..... ≤178 KIAS
 8 - Train d'atterrissage..... SORTI
 9 - Volets..... RENTRÉS
 10 - Maintien..... Vitesse indiquée ≤178 KIAS

Édition 1 – 22 juin 2007 DESCENTES
 D'URGENCE Page 3.6.3 Rév. 0

Source: DAHER-SOCATA, TBM 850 Pilot's Operating Handbook, ed. 1, rev. 0, 22 June 2007, p. 3.6.3

Annexe B – Types d'hypoxie

Il existe quatre différents types d'hypoxie : tous sont pertinents à l'aviation et méritent d'être considérés.

a) Hypoxie hypoxique

L'hypoxie hypoxique est la conséquence d'une insuffisance d'oxygène dans le sang. Chez les pilotes, cette hypoxie se produit souvent en altitude (hypoxie hypobarique). À basse altitude, la pression partielle de l'oxygène dans l'atmosphère est suffisante pour assurer le fonctionnement optimal du cerveau. La pression atmosphérique et la pression partielle de l'oxygène baissent au fur et à mesure que l'altitude augmente. À 8 000 pi ASL (2 440 m), certaines personnes peuvent ressentir une légère augmentation des rythmes cardiaque et respiratoire. À partir de 10 000 pi ASL (3 050 m), la pression partielle de l'oxygène est suffisamment basse pour que tous les pilotes ressentent une hypoxie légère et que certains deviennent symptomatiques. Les pilotes volant à cette altitude ou à une altitude supérieure devraient être conscients des difficultés inhabituelles qu'ils ont à accomplir les calculs de routine et prendre des mesures correctives nécessaires en cas de difficultés. Pour éviter l'hypoxie, ne volez pas au-dessus de 10 000 pi ASL (3 050 m) sans oxygène supplémentaire ou dans une cabine non pressurisée.

b) Hypoxie anémique

L'oxygène dans le sang est transporté par l'hémoglobine, qui se trouve dans les globules rouges. Lorsque le nombre de globules rouges est bas, ou que l'hémoglobine est anormale, moins d'oxygène est transporté par le sang. C'est ce qui peut se produire, entre autres, en cas d'hémorragie majeure, dans certains cas de cancers, ou en cas de drépanocytose, ou d'empoisonnement par monoxyde de carbone. Les personnes souffrant d'anémie peuvent remarquer des symptômes (essoufflement, fatigue, douleur thoracique), symptômes qui s'aggraveront avec l'altitude, puisque les effets de l'hypoxie et de l'anémie se cumulent.

c) Ischémie hypoxique/hypoxie stagnante

Le terme ischémie fait référence à une alimentation sanguine insuffisante. L'ischémie hypoxique se produit quand la circulation sanguine vers les tissus organiques est inadéquate. Elle peut se produire par la constriction des vaisseaux sanguins (comme c'est souvent le cas par exemple lors d'une exposition au froid des doigts et orteils), mais aussi lorsque la pression sanguine et le débit cardiaque sont bas (évanouissement), ou lors d'une exposition à de fortes accélérations soutenues (hypoxie stagnante). La thérapie par oxygénation n'est pas très efficace contre ce type d'hypoxie. Le meilleur remède est de corriger la cause sous-jacente.

d) Hypoxie histotoxique

L'hypoxie histotoxique fait référence à l'incapacité des cellules du corps à utiliser l'oxygène disponible. Ce type d'hypoxie est rare chez les pilotes, mais peut se

produire dans certaines conditions telles que l'empoisonnement au cyanure ou à des produits chimiques, l'intoxication à certains médicaments, mais aussi quand le taux d'alcool dans le sang est élevé.

Source : Transports Canada, *Manuel d'information d'aéronautique* (TP 14371F, 2012-2), pp. 465 - 466