



Incident grave survenu au BEECH - 1900 - D
immatriculé **F-GLNH**
le 10 décembre 2021
en croisière (France)

Heure	Vers 18 h 30 ¹
Exploitant	Intairline
Nature du vol	Vol commercial
Personnes à bord	Commandant de bord (PM), copilote (PF), 1 membre d'équipage de cabine, 7 passagers
Conséquences et dommages	Aucune

Dureté sur la commande de profondeur et blocage du compensateur de profondeur en croisière

1	Déroulement du vol	- 2 -
2	Renseignements complémentaires	- 3 -
2.1	Renseignements météorologiques	- 3 -
2.2	Renseignements sur l'équipage	- 4 -
2.3	Renseignements sur l'avion	- 6 -
2.4	Renseignements sur l'exploitation	- 16 -
2.5	Mesures prises par l'exploitant	- 19 -
3	Conclusions	- 20 -
4	Recommandations	- 23 -
4.1	Mise à jour du programme de maintien de compétences des équipages	- 23 -
4.2	Occurrences en lien avec le blocage de la chaîne de commande de profondeur par de la glace sur les Beech 1900D	- 24 -
	Annexe : <i>Safety Communique</i> du 8 mai 1981 de Raytheon Aircraft	- 25 -

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages de l'équipage, des enregistrements des radiocommunications et des données radar. Les données FDR et CVR n'ont pas été préservées.

L'équipage décolle à 17 h 45 pour un vol commercial avec des passagers depuis l'aéroport de Toulouse-Blagnac (31) et à destination de l'aéroport de Metz-Nancy-Lorraine (57). Pour cette étape, le copilote est PF. À 18 h 05, en croisière au FL 180, l'équipage est autorisé à faire route directe vers Clermont-Ferrand. Avant d'atteindre Clermont-Ferrand, l'avion rencontre des turbulences associées à des sommets d'altocumulus. À 18 h 21, dans le secteur T du CRNA Sud-Ouest (Bordeaux), l'équipage demande au contrôleur de monter pour sortir des turbulences. Ce dernier les autorise dans un premier temps à monter au FL 190, puis au FL 220 à leur demande.

Après avoir passé le FL 200 en montée, le voyant d'alarme **A/P TRIM FAIL** (voir §§ 2.3.1 et 2.3.6) s'allume. Le copilote déconnecte le pilote automatique puis l'avion prend une forte assiette à cabrer et monte d'environ 500 ft.

Le copilote utilise la commande manuelle du compensateur de profondeur pour reprendre une assiette normale et constate que le débattement de celle-ci est limité et que la commande de profondeur est difficile à manœuvrer. Il parvient à remettre l'avion en palier en exerçant des efforts importants sur la commande de profondeur. Le CDB reprend les commandes. Il note qu'il est nécessaire d'agir simultanément avec des efforts anormalement importants sur la commande de profondeur et sur la commande manuelle du compensateur de profondeur pour modifier la trajectoire de l'avion sur l'axe de tangage. Après avoir trouvé des préaffichages de puissance et d'assiette et une position de compensateur de profondeur permettant de maintenir le vol en palier, le CDB transfère les commandes au copilote. L'équipage applique ensuite la procédure « AP TRIM FAIL » et, après analyse de la situation, décide de poursuivre à destination.

À 18 h 29 min 30, l'équipage signale au contrôleur qu'il a « *un petit souci de givrage* » et demande à descendre au FL 200. À 18 h 33, il indique avoir « *quelques petits soucis de trim* » et demande s'il peut descendre au FL 180. Le contrôleur transfère l'avion au secteur LO du CRNA Sud-Est (Aix-en-Provence). Après le transfert, à 18 h 36 min 47, l'équipage indique avoir « *des petits soucis de givrage et de trim* » et demande à descendre au FL 150. La suite du vol reste poursuivie en pilotage manuel.

L'équipage configure l'avion plus tôt que d'habitude lors de l'approche ILS en piste 22 à Metz-Nancy-Lorraine. L'avion reste pilotable malgré un effort plus élevé qu'à la normale sur la commande de profondeur. Lors de l'arrondi, au moment de la réduction de la puissance, le copilote constate le déblocage de la commande de profondeur et la disparition du point dur. Il atterrit à 19 h 45 et, une fois au poste de stationnement, il constate le plein débattement de la gouverne de profondeur.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements météorologiques

2.1.1 Prévisions et observations

Le message d'observation automatique de l'aérodrome de Toulouse de 17 h 30² indiquait :

- un vent du 330°, force 26 kt, rafales 39 kt, direction variable entre le 290° et le 010° dans le sens horaire, devenant du 300°, force 15 kt, rafales 25 kt ;
- une visibilité de 9 km ;
- de la pluie ;
- une température de 6 °C et une température du point de rosée de 4 °C ;
- des nuages fragmentés à 2 100 ft, à 2 900 ft et à 4200 ft avec des cumulonimbus ;
- temporairement, une visibilité de 4 000 m avec des averses (SHRA) et des cumulus congestus fragmentés à 1 200 ft.

La carte TEMSI de 15 h UTC mentionnait des nuages entre Toulouse et Clermont-Ferrand, pouvant atteindre au moins 15 000 ft, des averses avec localement des cumulonimbus et un risque de givrage modéré de 4 000 à 15 000 ft minimum (l'isotherme 0 °C était situé à 4 000 ft).

Le message d'observation automatique de l'aérodrome de Metz de 18h30³ indiquait :

- un vent du 260°, force 19 kt ;
- une visibilité supérieure à dix kilomètres ;
- de la bruine ;
- des nuages fragmentés à 2 000 pieds, couvert à 2 500 pieds ;
- une température de 4 °C et une température du point de rosée de 2 °C ;
- temporairement, un vent du 270°, force 22 kt, rafales 35 kt et des nuages fragmentés à 1 300 ft.

2.1.2 Conditions météorologiques présentes avant et pendant le vol

Les pilotes du F-GLNH indiquent qu'avant l'embarquement des passagers, il y a eu une forte averse avec des rafales, pendant une dizaine de minutes. Ils ont ensuite roulé vers la piste sous la pluie et ont décollé environ quinze minutes après le passage du grain.

Les conditions météorologiques, estimées par Météo-France sur le trajet suivi par l'avion, étaient les suivantes : des nuages cumuliformes instables donnaient lieu à des averses de pluie ou de neige non orageuses. Entre Toulouse et Albi, la masse d'air était très humide du sol au FL 180, en particulier à partir du FL 050.

D'après le modèle météorologique AROME de Météo-France, l'avion aurait traversé une zone nuageuse du FL 030 au FL 080 avec un risque de givrage modéré dès le FL 040 jusqu'au FL 200, voire de givrage fort vers le FL 050. Néanmoins, les pilotes indiquent ne pas avoir observé de conditions givrantes et ne pas avoir eu à utiliser les systèmes de dégivrage durant le vol.

² LFBO 101630Z AUTO 33026G39KT 290V010 9000 2400 RA BKN021 BKN029 BKN042 ///CB 06/04 Q1012 TEMPO 4000 SHRA BKN012TCU BECMG 30015G25KT=

³ LFJL 101830Z AUTO 26019KT 9999 -DZ BKN020 OVC025 04/02 Q0998 TEMPO 27022G35KT BKN013=

Selon l'analyse de Météo-France, à partir du FL 180, il semble que l'avion a évolué au-dessus des zones de précipitations et dans des températures atteignant -35 °C (ISA-6) au FL 220. D'après l'équipage, lorsque le voyant **A/P TRIM FAIL** s'est allumé, l'avion volait en ciel clair.

2.2 Renseignements sur l'équipage

2.2.1 Expérience et Qualification

Le commandant de bord (PM), âgé de 46 ans, est titulaire de la licence de pilote professionnel avion CPL(A) depuis 2007. Le jour de l'incident, il totalisait environ 5 310 heures de vol dont 753 sur type, et environ 130 h dans les trois mois précédents, toutes sur type. Durant les dernières 24 h, il avait effectué 3 h 25 sur type.

Il a obtenu la qualification de type initiale BE300/1900 le 20 mai 2019 après une formation théorique et pratique au sein de l'ATO Air Qualifications et a été embauché le 21 mai 2019 au sein de Twinjet (voir § 2.4.1).

Le copilote (PF), âgé de 28 ans, est titulaire de la licence de pilote professionnel avion CPL(A) depuis 2017. Le jour de l'incident, il totalisait environ 1 540 heures de vol dont 760 sur type, et 152 h dans les trois mois précédents, toutes sur type. Durant les dernières 24 h, il avait effectué 3 h 25 sur type. Il a obtenu la qualification de type initiale BE300/1900 le 3 juin 2019 après une formation théorique et pratique au sein de l'ATO Air Qualifications et a été embauché le même jour au sein de Twinjet (voir § 2.4.1).

Les deux pilotes ont volé ensemble entre 300 et 400 h au sein de la compagnie. Au mois d'avril 2020, ils avaient chacun effectué en e-learning la formation intitulée « OPS procédures anormales et urgence B1900 » (voir § 2.4.6).

2.2.2 Témoignages de l'équipage

Le copilote indique qu'il n'a décelé aucune anomalie au niveau de la gouverne et du compensateur de profondeur pendant la visite prévol. Après la mise en route des moteurs, il a testé le débattement des commandes de vol et n'a détecté aucun point dur.

Lorsque le voyant d'alarme **AP TRIM FAIL** s'est allumé, il a déconnecté le pilote automatique et a essayé de manœuvrer à la main la commande manuelle du compensateur de profondeur pour ressentir les efforts. Il a ressenti des efforts importants sur la commande de profondeur et la commande manuelle du compensateur de profondeur et en a déduit qu'il y avait probablement du givre sur la gouverne de profondeur. Ne sachant pas d'où venait le problème, il a essayé de trouver une position du compensateur adéquate sans forcer sur les mécanismes tout en faisant varier la puissance des moteurs. L'équipage a suivi la procédure « AP TRIM FAIL ». Le débattement de la commande manuelle du compensateur de profondeur était faible. Le copilote ne sait pas évaluer a posteriori qu'elle a été l'ampleur de la perte en débattement de la commande de profondeur et pense plutôt à un point dur.

L'équipage indique avoir ensuite ajusté la puissance des moteurs et l'assiette de l'avion pour diminuer les efforts aux commandes et ne pas mettre en tension les câbles de commande de vol. L'avion est resté contrôlable malgré un pilotage peu précis. Étant donné que les conditions météorologiques à Clermont-Ferrand n'étaient pas favorables à un déroutement et que l'altitude minimale de sécurité était haute, l'équipage a décidé de poursuivre vers la destination prévue. Il s'est mis en descente en faisant varier la puissance des moteurs. Durant la descente, dans le doute,

l'équipage a augmenté la température dans la cabine. Au cours des derniers 6 000 ft, le contrôle en tangage s'est amélioré. L'équipage a configuré l'avion le plus tôt possible avant de débiter l'approche à la vitesse standard.

Le copilote explique qu'il avait déjà rencontré ce phénomène en 2020 sur un autre Beech 1900 de Twinjet (voir § 2.3.5).

Le CDB explique que, lors de la croisière, le copilote (PF) lui a dit qu'un effort anormalement important était nécessaire pour manœuvrer la commande manuelle du compensateur de profondeur et qu'en insistant, celle-ci réagissait par à-coups. Il indique que lorsqu'il a repris les commandes, le débattement de la gouverne de profondeur était normal, mais avec un durcissement qu'il arrivait cependant à surpasser avec l'application du compensateur manuel de profondeur. Il ajoute qu'il n'avait jamais rencontré ce phénomène dont il ignorait l'existence. Selon lui, l'avion est légèrement monté juste après le débloccage. Le copilote a atterri sans difficulté.

L'équipage indique que lors de l'inspection de l'avion au poste de stationnement, après le débarquement des passagers, le copilote a noté un léger écoulement d'eau par les drains situés sous les ailes, ainsi qu'au niveau de la gouverne de profondeur et du drain situé sous la dérive. Aucun givrage sur les bords d'attaque n'était visible.

Le CDB indique qu'il a contacté par téléphone l'atelier de maintenance qui lui a expliqué que de l'eau pouvait pénétrer à l'intérieur du fuselage et se transformait quelquefois en glace malgré le graissage des câbles. En revanche, si le plein débattement avait été retrouvé, c'est que les commandes étaient libres.

Le CDB a contacté par téléphone le Responsable Désigné des Opérations Vol (RDOV) (voir § 2.4.2) qui lui a indiqué avoir déjà rencontré ce phénomène et confirmé l'absence de contre-indication à réaliser le vol retour avec le même avion⁴, sous réserve que le débattement au sol des gouvernes soit complet et qu'il n'y ait pas de conditions givrantes sur le trajet. Après une analyse des conditions météorologiques prévues à Metz et sur le trajet retour, le CDB a décidé de réaliser l'étape suivante avec le même avion. L'inspection de l'avion par l'atelier de maintenance Part 145 à l'issue du vol retour n'a pas révélé d'anomalie. En revanche, les mécaniciens ont constaté la présence d'eau dans les caissons des ailes et sous le plancher cabine.

Note : Selon le RDOV, lors de son échange par téléphone avec le CDB, la survenue d'un blocage des commandes de vol n'était pas clairement établie. Il ajoute qu'il a rappelé le CDB pour lui indiquer qu'il ne devait pas hésiter à annuler le vol retour en cas de suspicion d'un problème grave.

⁴ La base principale de la compagnie est située sur l'aérodrome de Toulouse.

2.3 Renseignements sur l'avion

2.3.1 Conditions de déclenchement de l'alarme AP TRIM/FAIL

Selon la documentation du constructeur, l'alarme **AP TRIM/FAIL** se déclenche en cas de mauvaise compensation ou d'absence de compensation à partir de la commande de compensation du pilote automatique.

Selon le Responsable Désigné de la Maintenance et de la Navigabilité (RDMN), d'expérience, les conditions conduisant à l'allumage du voyant « AP TRIM FAIL » sont les suivantes :

- des conditions givrantes en vol : la présence de glace sur les câbles peut entraver le bon fonctionnement de la servocommande ;
- un manque de lubrification des vérins du compensateur de profondeur ;
- une tension de câble incorrecte ;
- une servocommande ou un embrayage défectueux ;
- une panne électrique d'un composant de la chaîne.

2.3.2 Fonctionnement de la commande primaire de profondeur, du pilote automatique, et du compensateur de profondeur

Commande de profondeur

À partir du volant en cabine, la commande de profondeur actionne les gouvernes de profondeur à travers de câbles métalliques traversant d'abord différents jeux de poulies sous le plancher cabine, puis la cloison pressurisée arrière (voir **Figure 1**, détail B) et remontant ensuite vers le guignol arrière en partie haute du plan fixe vertical (voir **Figure 2**).

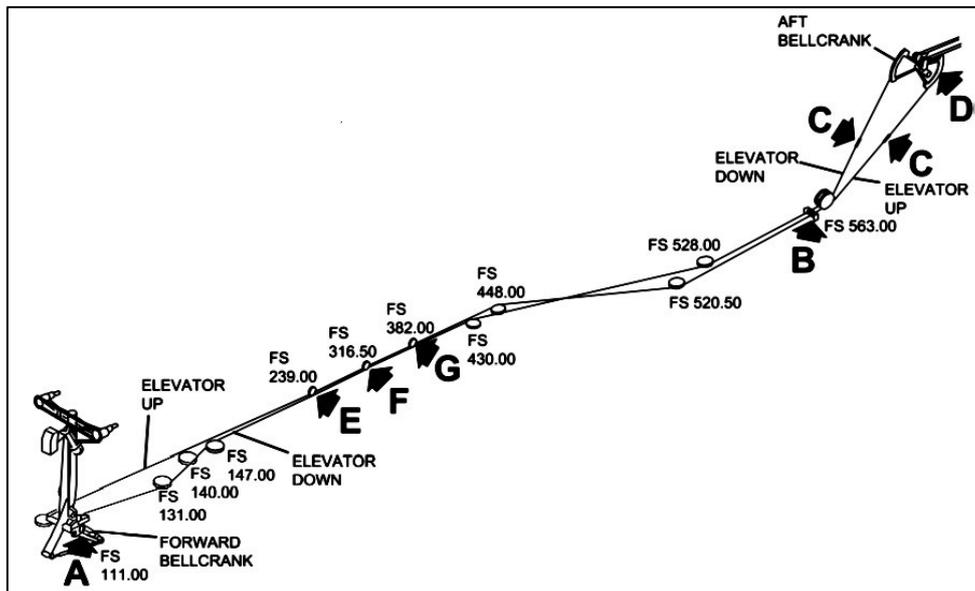
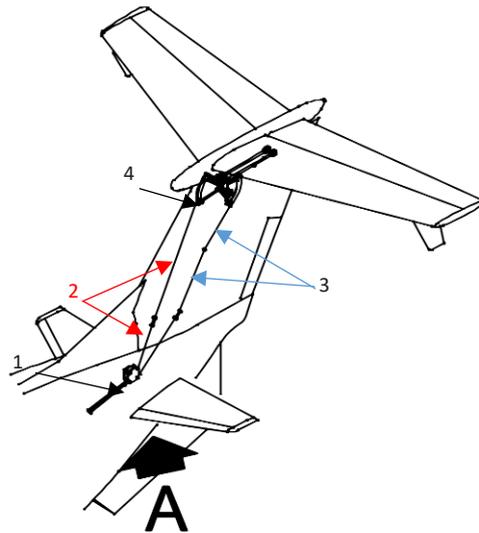


Figure 1 : cheminement des câbles de la commande de profondeur à travers la cloison étanche
(Source : Textron Aviation)



- | | |
|----|-------------------------------|
| 1- | Poulie inférieure |
| 2- | Câbles de commande inférieurs |
| 3- | Câbles de commande supérieurs |
| 4- | Guignol |

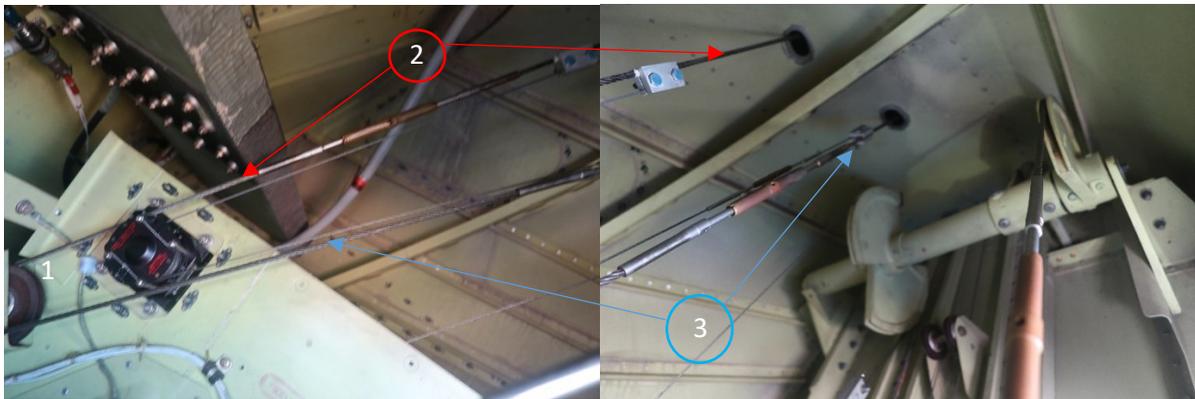


Figure 2 : commande de profondeur à l'intérieur du plan fixe vertical (Sources : BEA (photos), Textron aviation (schéma de source))

Servocommande de pilotage automatique

À l'intérieur et en partie basse du plan fixe vertical, un servomoteur agit sur la commande de profondeur durant l'utilisation du pilotage automatique. La liaison entre la servocommande et les câbles primaires de la commande de profondeur est réalisée par le biais de deux autres câbles de dimension inférieure (voir **Figure 3**). En fonction de l'information en provenance du pilote automatique, le servomoteur est mis en rotation, permettant le mouvement des câbles principaux vers les gouvernes de profondeur.

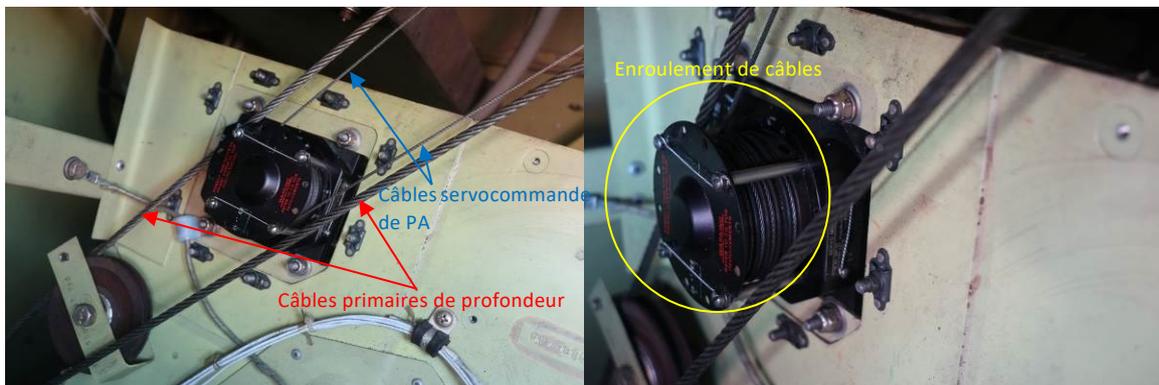


Figure 3 : servocommande du pilote automatique (Source : BEA)

Commande manuelle du compensateur de profondeur

Elle est actionnée à partir d'une roue de commande située sur le côté gauche de la console centrale dans le poste de pilotage, mettant en mouvement une chaîne sur laquelle sont attachés des câbles métalliques. Ceux-ci passent ensuite au travers de jeux de poulies, traversent la cloison pressurisée et montent verticalement vers des jeux de poulies dérivant les câbles vers des vérins mécaniques doubles actionnant chaque volet de compensateur (voir **Figure 4** et **Figure 5**).

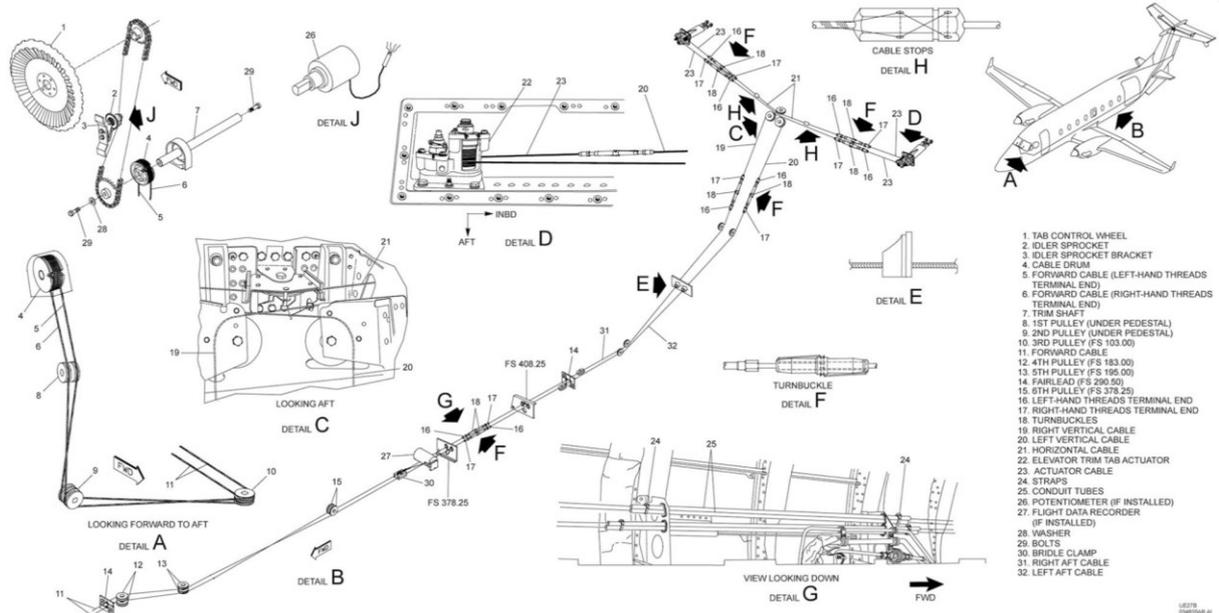


Figure 4 : cheminement des câbles de la commande manuelle de profondeur (Source : Textron Aviation)



Figure 5 : vue extérieure des vérins de compensateur (Source : BEA)

Commande électrique du compensateur de profondeur

À partir d'un interrupteur double situé sur la partie gauche de chaque volant, elle est actionnée au travers d'un servomoteur électrique situé sous les planchers de la cabine passagers côté gauche et en arrière du longeron. Le moteur entraîne deux câbles connectés à ceux de la commande manuelle (principe identique à la servocommande de profondeur) (voir **Figure 6**, **Figure 7** et **Figure 8**).



Figure 6 : interrupteur double
(Source : BEA)



Figure 7 : servomoteur électrique et câbles du trim électrique (Source : BEA)

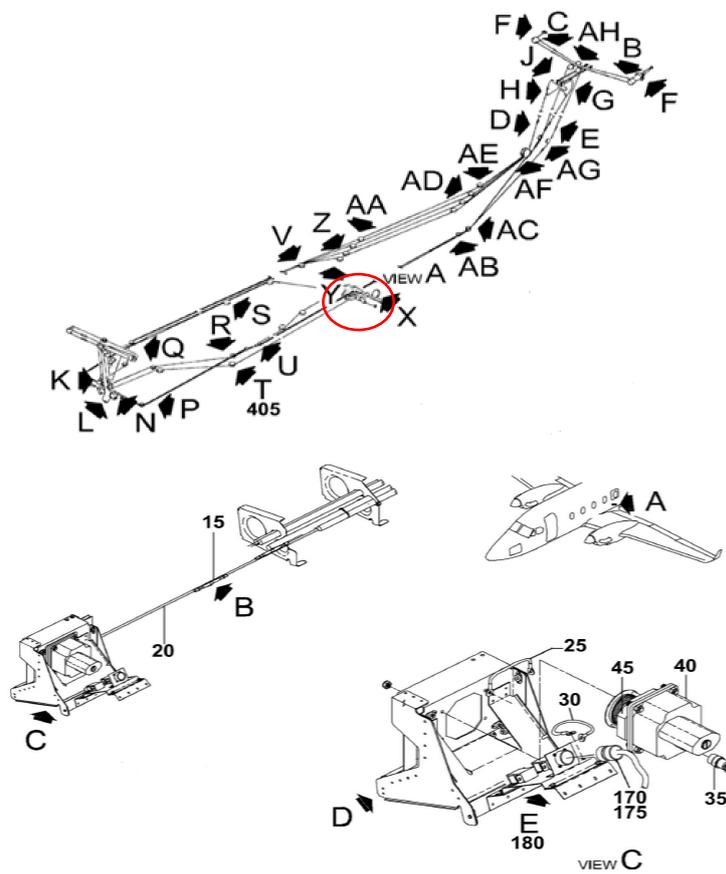


Figure 8 : servomoteur électrique du compensateur de profondeur
(Source : Textron Aviation)

2.3.3 Examen du cheminement des câbles et vérins du compensateur de profondeur

Le BEA a été informé de l'événement le 24 janvier 2022 (près de deux mois après l'occurrence) et a débuté la collecte d'informations (compte rendu équipage, compte rendu de maintenance, informations des services de contrôle, échanges avec le constructeur de l'avion, etc.) pour mieux appréhender les circonstances de l'événement. Une enquête de sécurité a été ouverte par le BEA le 9 février 2022.

La copie du compte rendu matériel (CRM)⁵ fournie par l'exploitant indique « *blocage de trim de profondeur par la glace* ». Cette information a été rajoutée a posteriori. Initialement, il n'y avait pas eu de mention par l'équipage d'un défaut rencontré durant le vol de l'incident et seule la mention « RAS » avait été inscrite.

Selon les annotations portées sur le feuillet CRM, une vérification du système du vérin du compensateur de profondeur, un nettoyage et un graissage ont été effectués par l'atelier de maintenance de la compagnie à Toulouse à l'issue du vol retour, suivis d'un « *essai fonctionnel* » qui s'est révélé satisfaisant. Il n'est pas fait mention d'autres inspections effectuées sur la commande manuelle ou électrique du compensateur, la commande principale de profondeur ou celle du pilotage automatique. L'approbation pour remise en service (APRS) a ensuite été apposée le 14 décembre 2021 et l'avion a été remis en service.

Les mécaniciens qui sont intervenus ont indiqué avoir constaté la présence d'eau dans les caissons des ailes et sous le plancher cabine.

Les témoignages des pilotes, les essais réalisés par l'atelier de maintenance et l'absence d'événement similaire à la suite de la remise en service de l'avion ont conduit le BEA à rechercher une explication environnementale du blocage des commandes de vol, et en particulier une accumulation de givre ou de glace dans certaines zones de l'avion.

Une observation approfondie réalisée sur un autre Beech a mis en évidence plusieurs zones pouvant restreindre le débattement, voire bloquer le déplacement des câbles. En effet, en présence d'une forte humidité associée à des températures négatives, certaines zones confinées peuvent accumuler de l'eau qui peut se transformer en glace. Celles-ci sont situées :

- aux passages des câbles de la commande de profondeur dans un jeu de poulies en partie basse du plan fixe vertical (hors zone pressurisée et chauffée), à la jonction du revêtement de la pointe arrière du fuselage et de la cloison pressurisée ;
- à l'enroulement des câbles dans le barillet de la servocommande de profondeur du pilote automatique. Cependant, la présence d'un embrayage à l'intérieur de la servocommande permet de la libérer en cas de restriction ou de point dur détectés lors de la rotation de la servocommande ;
- aux passages des câbles de la commande de profondeur au travers des joints d'étanchéité (traverse de la cloison pressurisée).

⁵ Il sert en particulier de support de communication entre les équipages et les personnels des organismes d'entretien afin de permettre l'enregistrement de tous les défauts et dysfonctionnements observés durant le vol ou bien au sol pendant l'exploitation de l'aéronef.

En outre, l'examen visuel des sorties des vérins du compensateur de profondeur et l'étude de la documentation ont mis en évidence deux autres zones où la présence d'eau se transformant en glace pourrait avoir des conséquences sur le fonctionnement des vérins du compensateur de profondeur (limitation de débattement, blocage) :

- la zone de coulisement des tiges dans le corps des vérins (ceux-ci sont situés au bord de fuite des gouvernes de profondeur) (voir **Figure 9**) ;
- la zone de l'enroulement des câbles de commande du compensateur de profondeur dans le tambour associé à ces câbles (situés à l'intérieur du plan fixe horizontal, côté gauche et droit) (voir **Figure 10**).

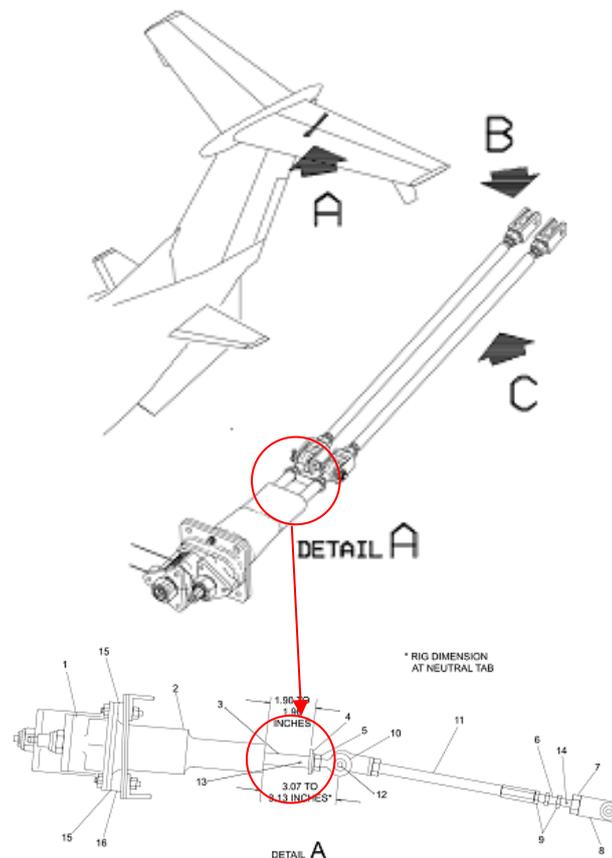


Figure 9 : zone de coulisement des tiges de vérins de compensateur de profondeur
(Source : Textron Aviation)

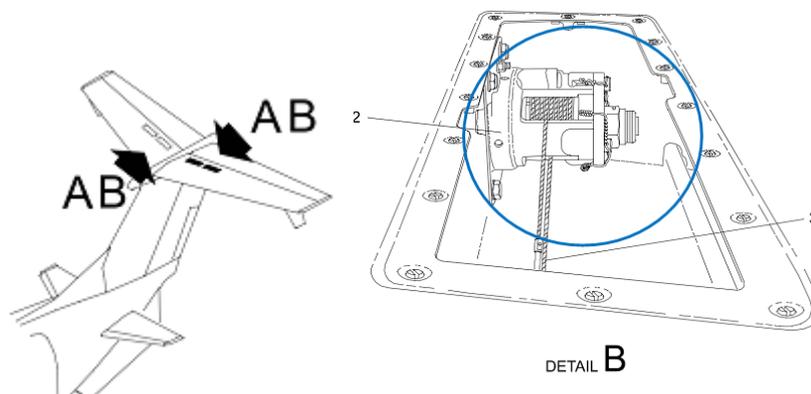


Figure 10 : zone d'enroulement des câbles de commande des compensateurs de profondeur dans le tambour (Source : Textron Aviation)

2.3.4 Inspections en rapport avec les commandes de vol

Concernant la commande de profondeur, le programme du constructeur prévoit qu'un graissage sera effectué sur :

- les charnières du compensateur de profondeur (toutes les 200 h) ;
- les points de lubrification du vérin de compensateur de profondeur (toutes les 200 h) ;
- les joints d'étanchéité des câbles (cloison pressurisée) toutes les 1 200 h ;
- la chaîne du compensateur de profondeur toutes les 1 200 h.

Les phases de lubrification prévues à 200, 400, 600 et 1200 h avaient toutes été effectuées sur l'avion au mois de décembre 2019 à 24 541 h. Au moment de l'accident, l'avion totalisait 25 111 h. Des visites périodiques avaient été réalisées à 24 744 h le 9 mars 2020, puis à 24 954 h le 23 juillet 2021 durant lesquelles une lubrification avait également été effectuée.

2.3.5 Occurrences similaires sur Beech 1900

2.3.5.1 Base de données de la FAA et du détenteur du certificat de type Textron Aviation⁶

Au cours de l'enquête, la FAA et le constructeur Textron Aviation (détenteur actuel du certificat de type) ont indiqué avoir recensé trois événements survenus entre 1995 et 1997, concernant des blocages du compensateur de profondeur ou de la profondeur, rencontrés en croisière sur des Beech 1900D immatriculés aux États-Unis. Le constructeur Textron Aviation a par ailleurs porté à la connaissance du BEA l'existence de deux publications en lien avec le givrage en vol du compensateur de profondeur.

Le 8 mai 1981, le constructeur a diffusé une première publication intitulée *Safety Communique 57* vers tous les distributeurs, propriétaires et exploitants d'avions Beechcraft (voir Annexe : *Safety Communique* du 8 mai 1981 de Raytheon Aircraft). En effet, à la suite de plusieurs comptes rendus d'événements en lien avec un givrage en vol du compensateur de profondeur, survenus pour la plupart en ciel clair, le constructeur Raytheon (détenteur du certificat de type à l'époque) avait identifié que le lavage à haute pression avec une solution d'eau et de savon élimine la lubrification des gonds, de sorte qu'en cas de pluie abondante ou prolongée, l'eau est libre d'envahir la ligne de charnière. Elle gèle alors toute la ligne d'articulation lorsque l'avion est utilisé à des températures inférieures au point de congélation.

Dans ce document, le constructeur recommande dans une telle situation :

- de ne pas essayer de débloquer le compensateur de profondeur bloqué avec le compensateur électrique de profondeur ni avec la commande manuelle du compensateur de profondeur. En effet, il explique que la force nécessaire pour briser la glace est probablement supérieure à la force qui peut être fournie à la ligne de charnière par des commandes électriques ou manuelles. Une surcharge de l'unité de commande du circuit du câble du compensateur endommagera l'un ou l'autre ou les deux ;
- de modifier les paramètres de puissance jusqu'à ce que l'avion soit raisonnablement compensé et puisse être piloté manuellement sans efforts inconfortables aux commandes ;
- de garder en mémoire que les gouvernes ne sont pas attachées par des charnières et resteront libres et continueront de répondre aux actions du pilote.

Le constructeur indique qu'une telle situation ne devrait pas donner lieu à une descente d'urgence.

⁶ Textron Aviation Inc. est la branche aviation générale du conglomérat Textron. Elle a été créée en mars 2014 à la suite de l'acquisition de Beech Holdings, qui comprenait les activités de Beechcraft et de Hawker Aircraft.

En juillet 2003, à la suite de rapports d'exploitants de Beech 1900 sur des occurrences de givrage de vérins de compensateur de profondeur en vol, en raison de la présence d'humidité autour ou à l'intérieur de ces vérins, Raytheon a émis le Bulletin de service obligatoire SB 27-3032. Ce SB indiquait que l'accumulation de glace entre les deux engrenages droits⁷ avait été identifiée comme l'origine du blocage d'un vérin de compensateur de profondeur. Il était demandé une modification des vérins incluant un changement de type de graisse. Ce SB a été appliqué sur le F-GLNH en 2005, l'avion totalisait alors 10 527 heures.

2.3.5.2 Bases de données du BEA et européenne

Une recherche dans la base de données du BEA et dans la base de données ECCAIRS européenne a recensé dix occurrences survenues sur des Beech 1900 entre 1994 et 2020, durant lesquelles se serait produit un durcissement ou un blocage, soit de la commande de profondeur soit du compensateur de profondeur.

- Incidents survenus au Beech 1900C immatriculé F-GJTP aux mois d'avril et de mai 1994 : pour les deux occurrences, l'inspection de l'avion a révélé la présence d'une forte condensation dans la chaîne de commande de profondeur ;
- Incident survenu au Beech 1900C immatriculé F-GLPL en 1995 : le blocage était dû à la congélation de l'humidité qui s'était infiltrée dans les roulements de la commande de profondeur, l'avion ayant stationné quatre jours sous la pluie ;
- Incident survenu au Beech 1900D immatriculé F-GUME en 2011 (exploité par Twinjet) : la cause de la panne n'a pu être déterminée. Le vol commercial suivant a été annulé et l'avion est reparti sans passager sous MEL, en pilotage manuel, avec le compensateur au neutre et avec le breaker « ELEVATOR TRIM » tiré. Le SB 27-3032 avait été appliqué en 2005 sur cet avion. Par précaution, les vérins du compensateur ont été changés ;
- Incidents survenus au Beech 1900D immatriculé F-HBCG en 2014 : le SB 27-3032 avait été appliqué. La chaîne de commande de profondeur a été inspectée et aucune anomalie n'a été constatée. Ce même phénomène a été rapporté par la suite à plusieurs reprises. La graisse utilisée pour les vérins du compensateur a été remplacée et il n'y a plus eu de report de blocage des trims après cela ;
- Incident survenu au Beech 1900D immatriculé C-GZVJ en 2018 : après l'atterrissage, une inspection approfondie du système de compensateur de profondeur a été réalisée, suivie de deux essais en vol durant lesquels le problème s'est reproduit. Les deux vérins de compensateur de profondeur ont été remplacés et un test en vol a montré que le problème était résolu ;
- Incident survenu au Beech 1900D immatriculé F-GLNK le 27 novembre 2020 (exploité par Twinjet) : la chaîne de commande de profondeur a été inspectée et un graissage des câbles a été réalisé (voir § 2.4.3).

Le BEA n'a pas eu connaissance d'échanges entre Twinjet et le constructeur à la suite des événements ci-dessus.

2.3.5.3 Pilotes de Beech 1900D d'un autre exploitant aérien

Un sondage a été réalisé par le BEA au mois d'août 2023 auprès de pilotes employés par un autre exploitant français de Beech 1900D pour évaluer leur degré de connaissance de la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM ». Huit commandants de bord ont répondu à ce sondage (la majorité). La moitié d'entre eux n'a jamais entendu parler de cette procédure et n'a jamais été confrontée à un tel blocage du compensateur de profondeur.

⁷ Situés dans la zone de coulissement des tiges dans le corps des vérins (voir **Figure 7**).

Selon l'OSV de cet exploitant qui exploite cinq Beech 1900D, l'exercice « commande de profondeur hors service » au simulateur faisait partie du programme triennal de maintien des compétences. Il ajoute que la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » n'était pas présente dans le QRH et qu'elle a depuis été ajoutée lors d'une mise à jour.

2.3.6 Procédures prévues par Textron et par Intairline en cas de blocage du compensateur de profondeur ou de la gouverne de profondeur

Le 23 octobre 1998, Raytheon a émis le supplément 120-590000-41 « avions immatriculés en France » au manuel de vol de l'avion, à la demande des autorités françaises responsables de la classification⁸. Le supplément contenait en particulier la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » (voir **Figure 11**) qui devait être jointe au manuel de vol de l'avion approuvé par la FAA pour les avions immatriculés en France.

La procédure indiquait qu'en cas de blocage du compensateur de profondeur à des vitesses élevées, des efforts anormaux de contrôle des gouvernes apparaissaient et qu'ils pouvaient atteindre 75 lb (34 kg) en traction pendant la phase d'approche (voir **Figure 11**).

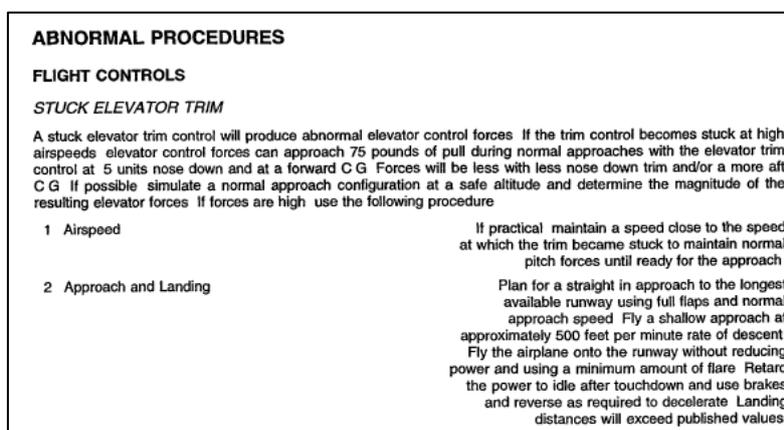


Figure 11 : procédure STUCK ELEVATOR TRIM contenue dans le supplément 120-590000-41

La DSAC explique qu'avec la création de l'Agence Européenne pour la Sécurité Aérienne (AESA) en 2003, les exigences de configuration mises en place par la France sur les avions importés et classifiés français n'étaient plus imposables⁹. La configuration spécifique France restait toutefois approuvée, sous réserve d'avoir un manuel de vol adapté à la configuration de l'avion. Ceci a été confirmé par l'AESA¹⁰. La DSAC indique ne pas avoir fait de communication particulière à ce sujet vers les exploitants.

⁸ L'enquête n'a pas pu retrouver les raisons de cette exigence française. Celle-ci ne semble cependant pas liée à une configuration particulière propre aux Beech 1900D immatriculés en France, mais plutôt à une évaluation par les autorités françaises lors des essais en vol réalisés en vue de la francisation de ce modèle, de ses qualités de vol et en particulier, des efforts apparaissant sur la commande de profondeur lorsque le compensateur de profondeur est laissé dans une position utilisée en croisière.

⁹ Jusqu'en 2003, les exigences françaises relatives à la certification du Beech 1900D étaient détaillées dans la Consigne de Navigabilité F-1995-038 du 25 février 1995 intitulée « conditions de classification "F" » et dans la fiche de navigabilité de la DGAC établie en décembre 2003 associée au certificat de navigabilité de type n°IM89.

¹⁰ L'AESA précise que ces avions devaient être équipés de modifications spécifiques à la France, notamment du kit 129-005002 qui exigeait entre autres que le supplément 129-590000-41 soit inséré dans l'AFM.

Le F-GLNH avait été francisé et la visite de classification française avait été effectuée le 15 mai 1996 à 960 h, avant la création de l'AESA. Selon le RDMN d'Intairline, le F-GLNH est resté par la suite dans la même configuration. Le RDMN explique qu'Intairline utilisait pour tous ses avions le manuel de vol spécifique France (approuvé par la FAA avec le supplément 129-590000-41). L'exemplaire du manuel de vol (AFM) fourni en cours d'enquête par Intairline comportait le supplément dans son intégralité (version en anglais) dans la partie VII avec notamment la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM ». Cette procédure renvoie à des pratiques de pilotage de base.

La procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » n'était présente ni dans le MANEX d'Intairline en vigueur au moment de l'événement ni dans les procédures anormales et d'urgence au format papier à disposition de l'équipage dans l'avion. Intairline a indiqué au BEA ne pas souhaiter insérer la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » dans le QRH.

Remarque : l'équipage a précisé au BEA qu'il arrivait à bouger la commande du compensateur de profondeur qui n'était donc pas totalement bloquée. La procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » n'était donc pas directement applicable dans la situation rencontrée.

Une documentation sous format électronique des parties A, B et C était remise à chaque pilote lors de la prise en compte de l'EFB (*Electronic Flight Bag*). La procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » était présente dans la version de l'EFB utilisée par l'équipage du F-GLNH, dans la rubrique Manuels de vol et suppléments. L'intitulé de chacun des suppléments n'était toutefois pas indiqué dans le menu récapitulatif, ce qui imposait de les ouvrir un par un pour prendre connaissance de leur contenu. La partie B « Procédures anormales et d'urgence » du MANEX d'Intairline contenait d'autres procédures, dont en particulier les procédures suivantes : « A/P TRIM FAIL » et « ATTERRISSAGE AVEC COMMANDE DE PROFONDEUR HORS SERVICE » (voir **Figure 12**).

Les check-lists « A/P TRIM FAIL » et « ATTERRISSAGE AVEC COMMANDE DE PROFONDEUR HORS SERVICE » étaient présentes dans les procédures anormales et d'urgence au format papier présente dans l'avion. L'équipage a appliqué la procédure « A/P TRIM FAIL ».

Remarque : la procédure « ATTERRISSAGE AVEC COMMANDE DE PROFONDEUR HORS SERVICE » ne concerne que les situations relatives à une commande de profondeur qui ne commande plus du tout la gouverne associée. Elle n'était donc pas non plus directement applicable dans la situation rencontrée.

4.7.2. A/P TRIM FAIL

2 ELEV TRIM OFF

2 ELEV TRIM ON

→ Si le voyant A/P TRIM FAIL s'éteint

POURSUIVRE LE VOL EN SURVEILLANT L’AFFICHAGE TRIM dans l’EADI.

Si le voyant A/P TRIM FAIL ne s'éteint pas ou s'il se rallume une deuxième fois :

1 TENIR LE MANCHE FERMEMENT

1 AP OFF

2 ELEV TRIM OFF

1 AP NE PAS REENGAGER

POURSUIVRE LE VOL EN PILOTAGE MANUEL (TRIM MANUEL).

ATTENTION :

L'avion n'étant pas ou mal compensé en profondeur, s'attendre à un mouvement brusque à cabrer ou à piquer lors de la déconnexion du pilote automatique.

4.4.2. ATERRISSAGE AVEC COMMANDE DE PROFONDEUR HORS SERVICE

■ VOLETS ZERO

■ APPROCHE DIRECTE SOUS ANGLE REDUIT

■ ASSIETTE AVEC LE COMPENSATEUR

■ VITESSE AVEC LA PUISSANCE

■ ARRONDI AU COMPENSATEUR

■ REDUCTION DE LA PUISSANCE EN DOUCEUR

→ En cas de remise des gaz

■ REAJUSTER LA PUISSANCE EN DOUCEUR

Figure 12 : extraits du Manuel d'exploitation (Source : Intairline)

L'analyse des actions de pilotage réalisées par l'équipage indique qu'elles se rapprochaient en réalité des recommandations du constructeur détaillées dans le *Safety Communiqué 57* mentionné au § 2.3.5.1.

2.4 Renseignements sur l'exploitation

2.4.1 Organisation interne d'Intairline

L'organisation et les responsables de la compagnie Intairline sont identiques à ceux de la compagnie Twinjet¹¹. Les deux exploitants peuvent s'affrêter mutuellement. Les différents responsables et leurs adjoints sont mandatés par le biais d'une convention de mise à disposition. Les tâches et responsabilités qui leur sont affectées, quant à la supervision et à la réalisation des opérations d'Intairline, sont identiques à celles qu'ils occupent au sein de Twinjet et sont décrites dans le manuel d'exploitation (MANEX partie A1 Organisation et Responsabilités).

Le MANEX est applicable aux deux exploitants. Le responsable du Système de Gestion de la Sécurité (SGS) est commun aux deux exploitants et cette fonction est tenue par l'Officier de Sécurité des Vols (OSV). Selon le MANEX, le programme de surveillance interne, commun aux deux exploitants, permet de s'assurer que celles-ci répondent aux exigences réglementaires et aux procédures internes. Un audit d'Intairline sur Twinjet est prévu tous les deux ans dans le cadre de la prestation de service de Twinjet. Les deux exploitants disposent de Certificats de transporteur aérien (CTA) distincts. Celui d'Intairline a été délivré le 19 août 2019.

¹¹ Intairline et Twinjet sont des compagnies aériennes françaises filiales du groupe FMA (Fleet Management Airways).

2.4.2 Remplissage du CRM par l'équipage et décision d'effectuer le vol retour

Le vol durant lequel s'est produit l'incident était le vol n° 1 du feuillet CRM. Le CDB a inscrit la mention RAS suivie de sa signature à l'issue des vols n° 1 et n° 2.

Le MANEX préconise « *de décrire le plus précisément possible les anomalies, car cela permet de rendre l'action corrective plus efficace et plus rapide* ».

Aucune tolérance en vol commercial n'était prévue dans la MEL ATA.27 en ce qui concerne le compensateur de profondeur ou bien la commande de profondeur. Le vol n° 2 ne pouvait dès lors être effectué que si une opération de la maintenance avait été réalisée et que si une APRS avait été portée sur le CRM avant le décollage. Toutefois, la décision de l'équipage de poursuivre le vol a été confortée par l'échange que le CDB a eu directement avec l'atelier de maintenance puis le RDOV (voir § 2.2). Cet échange et la décision associée n'ont pas été documentés sur le CRM et formalisés par l'apposition d'une APRS.

Selon l'équipage, un autre avion était disponible à l'escale de Metz. Il aurait pu remplacer le F-GLNH pour le vol retour.

2.4.3 Système de gestion de la sécurité et notification des événements

Selon le MANEX de l'exploitant, « *la limitation de mouvement, rigidité ou réaction peu efficace ou tardive dans le fonctionnement des commandes de vols primaires ou de leurs systèmes associés* » fait partie des événements à signaler par les équipages.

Le MANEX prévoit que le CDB transmet un CRESAC¹² au bureau d'exploitation de l'exploitant, dans les 72 heures suivant un incident. Celui-ci est ensuite transmis aux intervenants internes et externes concernés, dont les autorités, dans les 72 heures suivantes.

Le MANEX prévoit qu'un ensemble de réunions régulières permet d'améliorer la circulation des informations au sein de l'encadrement de l'exploitant. En particulier, une réunion « AROPS » se tient chaque fois qu'un dossier nécessite la consultation des principaux responsables de l'exploitation pour analyser les événements du mois (incident, accident, ASR), la situation technique de la flotte, etc. En pratique, une revue de direction animée par le Responsable de la Conformité fait office de réunion de sécurité au sein de l'exploitant. Elle se réunit chaque semestre pour faire le point, en particulier sur les incidents et la mise en œuvre des actions correctives et préventives.

La revue de direction du second trimestre 2020 s'était tenue le 25 janvier 2021. L'OSV explique avoir reçu le CRESAC pour l'événement du F-GLNK (exploité par Twinjet) survenu le 27 novembre 2020, le lendemain de la revue de direction. Cet événement n'y a donc pas été présenté et n'a pas été analysé par l'exploitant. Il n'a pas non plus été présenté aux revues de direction suivantes. Aucun Bulletin de Sécurité des vols n'a été diffusé en interne à la suite de cet événement et aucune mesure en relation avec ce premier événement n'a été prise par l'exploitant en 2021. Par conséquent, les équipages n'ont pas eu connaissance en 2021 que ce phénomène avait déjà été rencontré en 2020.

L'événement du 10 décembre 2021, objet du présent rapport, a quant à lui été signalé le 13 décembre 2021 au RDOV avec l'envoi d'un CRESAC par l'équipage. Le RDOV a notifié l'événement à la DSAC Nord le 13 décembre 2021, mais le BEA n'a pas été destinataire. Le BEA ne l'a appris que près de deux mois après et n'a pu ouvrir une enquête de sécurité que le 9 février 2022. En juin 2022, l'exploitant a diffusé un bulletin de sécurité des vols (BSV) à destination des équipages dans lequel les deux occurrences ont été présentées et la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » a été rappelée.

¹² Compte rendu d'événement de sécurité en aviation commerciale.

Par le passé, l'exploitant avait diffusé un BSV au second semestre de 2010. Ce BSV comportait un compte rendu (ASR) en lien avec le grippage du compensateur de profondeur et l'allumage du voyant « A/P TRIM FAIL » survenu le 10 novembre 2010 sur le F-GUME en début de croisière. Un second BSV diffusé en 2011 comportait l'ASR relatif à l'incident survenu au F-GUME mentionné au § 2.3.5.2. Par ailleurs, des bulletins de sécurité des vols diffusés en 2009 et 2014 sensibilisaient les pilotes de la compagnie aux dangers du givrage, et un autre, diffusé en 2017, traitait les dangers de la période hivernale.

2.4.4 Surveillance de l'exploitant par la DSAC

La surveillance d'Intairline est assurée par la DSAC Nord.

Lors d'un audit réalisé au mois de février 2020 portant sur la formation des pilotes, la DSAC Nord avait relevé l'absence de formation à la prévention et à la récupération des pertes de contrôle durant l'entraînement et les contrôles périodiques des pilotes. Ce point avait été notifié à l'exploitant, ainsi que la nécessité de réviser annuellement les scénarios des séances d'entraînement pour intégrer de nouveaux exercices issus d'événements survenus dans la compagnie ou d'autres compagnies similaires. L'exploitant avait indiqué en réponse avoir ajouté la panne de commande de vol dans une séance d'entraînement en simulateur et déposé une révision temporaire auprès de la DSAC Nord (voir § 2.4.6).

Lors d'un audit réalisé au mois de novembre 2020 portant sur les thèmes Organisation et Sécurité des vols, il avait été constaté que plusieurs événements avaient fait uniquement l'objet d'un compte rendu du CDB en interne, et n'avaient pas été notifiés à la DSAC Nord qui précise que ces anomalies avaient déjà été relevées en 2019. Lors de l'audit suivant réalisé au mois de juin 2021, il avait été observé que le SGS de l'exploitant ne prévoyait aucun cadre de réflexion collégiale sur les mesures de sécurité prises à la suite d'un événement.

2.4.5 Programme de formation de l'ATO Air Qualifications pour la délivrance de la QT initiale Beech 1900

Le CDB avait suivi le stage de formation pratique pour la délivrance de la QT du 2 au 14 mai 2019. Le copilote avait suivi la même formation pratique du 1^{er} au 13 avril 2019. Le programme de formation de l'ATO Air Qualifications qui était en vigueur à ce moment-là était l'amendement n° 5 de décembre 2018. Le programme prévoyait d'effectuer lors d'une séance pratique au simulateur d'une durée de deux heures, les exercices suivants :

- *Pitch trim bloqué*
- *Atterrissage complet avec pitch trim bloqué*
- *Pitch trim bloqué ou COMMANDE DE PROFONDEUR HS*

Or, le programme de la QT initiale qui a été délivrée par l'ATO Air Qualifications aux deux pilotes s'appuyait sur une version précédente (amendement n° 4 de mai 2018) qui n'incluait pas les exercices mentionnés précédemment.

Selon le MANEX, lorsque la qualification de type est effectuée depuis moins de trois mois avant le début Stage d'adaptation de l'exploitant (SADE¹³), elle est considérée comme intégrée au SADE.

¹³ Le SADE correspond au stage d'intégration dans la compagnie d'un pilote, composé d'une partie théorique, de séances pratiques d'entraînement (EHL), d'un contrôle au simulateur (CHL) et d'une adaptation en ligne sur des vols avec passagers (AEL), et finalisé par un contrôle en ligne (CEL).

Dans ce cas, les pilotes ne suivent pas à nouveau les cours systèmes avion, les formations relatives aux procédures normales, anormales et d'urgence, et les entraînements hors ligne (EHL). Le test de QT vaut pour contrôle hors ligne (CHL) du SADE. C'était le cas des deux pilotes.

2.4.6 Programme de maintien de compétences au sein d'Intairline/Twinjet

Le programme de maintien des compétences triennal prévoit que l'intégralité des familles de systèmes avion est revue en théorie et en pratique au simulateur, avec l'application des procédures associées.

Le Manex Partie D liste les systèmes qui doivent être revus en théorie chaque année. Cependant, l'item « commandes de vols » n'est mentionné dans aucun des programmes théoriques. Par ailleurs, le module en e-learning « Procédures anormales et urgence B1900 » ne mentionne pas les procédures « STUCK ELEVATOR TRIM » et « ATTERRISSAGE AVEC COMMANDE DE PROFONDEUR HORS SERVICE ».

Il est indiqué dans le MANEX, en réponse aux écarts constatés au mois de février 2020 par la DSAC, que les éléments manquants ont été ajoutés, notamment la « panne Commandes de vol : profondeur ». Un exercice UPRT H1 intitulé « *CABIN DOOR puis Panne Commandes de vol (profondeur)* » a bien été ajouté au mois de mai 2020 dans la séance d'entraînement au simulateur EHL CT2 2021, puis approuvé par la DSAC Nord le 19 août 2020. Le copilote a suivi l'UPRT H1 au mois de novembre 2020 et le CDB au mois de mars 2021. En revanche, si le scénario de l'exercice précise bien le déclenchement de l'allumage du voyant CABIN DOOR par l'instructeur, il indique seulement comme conséquence une détérioration de la gouverne de profondeur sans préciser de quelle détérioration il s'agit et en indiquant qu'elle n'est pas simulable. Ce programme ne prévoit pas d'autres exercices en lien avec des blocages des commandes de vol.

L'événement auquel l'équipage a été confronté n'était pas consécutif, semble-t-il, à une panne franche ni à un dysfonctionnement total de la gouverne de profondeur ou du compensateur de profondeur. Les deux procédures mentionnées précédemment n'auraient donc pas été applicables directement, les gouvernes n'étant pas totalement bloquées. Néanmoins, l'entraînement à ces deux situations permet aux équipages de mieux faire face aux différentes situations pouvant être rencontrées.

2.5 Mesures prises par l'exploitant

Au printemps 2022, un BSV traitant du givrage des gouvernes a été diffusé, dans lequel l'occurrence survenue le 27 novembre 2020 sur le F-GLNK et celle survenue le 10 décembre 2021 sur le F-GLNH objet du présent rapport ont été présentées, et la procédure « STUCK ELEVATOR TRIM » a été rappelée. Au mois de juin 2022, l'exploitant a également diffusé un Bulletin de Sécurité des Vols à destination des équipages contenant un dossier extrait du document intitulé « [Givrage aéronefs – Guide de bonnes pratiques](#) », édité en 2010 par la DSAC.

Le 10 juin 2022, Intairline a notifié à la DSAC Nord une révision, amendant la section B3 « procédures anormales et d'urgence » du MANEX, et intégrant la procédure « COMPENSATEUR DE PROFONDEUR BLOQUE ». La DSAC Nord indique que cette révision a également été insérée dans les EFB.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

Avant le décollage, l'avion a subi pendant plusieurs dizaines de minutes une forte averse durant laquelle de l'eau a pu s'infiltrer à l'intérieur du fuselage de l'avion. L'humidité ambiante dans les parties non pressurisées et non réchauffées était alors très probablement élevée. Durant la phase de montée vers le niveau de croisière, l'avion a volé dans une masse d'air très humide et très froide. La concomitance de températures négatives et la présence probable d'eau à différents points de passage des câbles de la commande de profondeur et/ou du compensateur de profondeur a pu provoquer la création de glace. Celle-ci a pu interférer avec le bon fonctionnement de la commande de profondeur et/ou du compensateur de profondeur en provoquant des frictions importantes, voire des blocages. Ce phénomène a pu également se produire au droit des tiges de commande des vérins du compensateur de profondeur.

Une fois en croisière, l'alarme A/P TRIM FAIL s'est déclenchée. L'équipage a alors déconnecté le pilote automatique et a constaté la nécessité d'agir simultanément avec des efforts anormalement importants sur la commande de profondeur et la roue du compensateur de profondeur pour modifier la trajectoire de l'avion sur l'axe de tangage. Ils ont alors appliqué la procédure pour traiter la panne en lien avec l'alarme « A/P TRIM FAIL ». Après avoir ajusté la puissance des moteurs et l'assiette à l'aide de préaffichages, et avoir choisi une position du compensateur de profondeur permettant de maintenir le vol en palier, ils ont poursuivi le vol en manuel en outrepassant les efforts sur la gouverne et en optimisant l'utilisation conjointe du trim, de la commande de profondeur et des moteurs pour ne pas forcer sur le mécanisme.

Lors de la descente, avec l'augmentation de la température, la glace a très probablement commencé à fondre. Lors de l'arrondi, au moment de la réduction de la puissance, le copilote a constaté un fonctionnement normal de la commande de profondeur, sans point dur, et a atterri sans difficulté.

Enseignements de sécurité

Gestion du blocage par de la glace du compensateur de profondeur

Dès les années 80, le constructeur Raytheon Aircraft avait diffusé largement un *Safety Communique* (voir Annexe : *Safety Communique* du 8 mai 1981 de Raytheon Aircraft) contenant des recommandations pour faire face à un givrage du compensateur de profondeur. Des événements similaires survenus dans les années 90 ont amené ce constructeur à procéder à des modifications de conception et des remplacements des vérins du compensateur de profondeur. Cependant, l'enquête a révélé des événements qui laissent penser que ces modifications techniques n'ont pas complètement résolu le problème.

L'équipage du F-GLNH n'avait pas connaissance de ce document, qui était ancien, et n'était en outre pas entraîné à la détection et à la gestion du blocage partiel du compensateur de profondeur dû à de la glace. Il a dû s'appuyer sur des compétences générales de pilotage pour poursuivre le vol. Sans connaissance de ce document ni de formation spécifique, il existe un risque de mauvaise gestion de cette situation inhabituelle par les équipages.

Il serait intéressant que les exploitants s'assurent de la diffusion et de la pérennité dans le temps de cette information auprès de l'ensemble des équipages, et développent une formation et des procédures permettant d'acquérir plus d'aisance pour faire face à ce type de situation.

Décision de redécoller après un blocage des commandes de vol

Après avoir été confronté à un dysfonctionnement d'une commande de vol qui ne rentrait pas dans les tolérances acceptées pour un vol commercial, l'équipage a pris la décision, après concertation par téléphone avec l'atelier de maintenance et le RDOV de l'exploitant, de repartir avec des passagers pour le vol retour. Cet échange informel des pilotes avec l'atelier de maintenance et le RDOV n'a pas été porté sur le CRM.

L'équipage a pris cette décision, car il n'avait pas été confronté à une panne franche et qu'il avait pu vérifier le débattement des gouvernes à l'aide des commandes associées après l'atterrissage. L'équipage a fait l'hypothèse, sur la base des échanges avec le personnel de la maintenance et le RDOV, et compte tenu de l'observation d'un écoulement d'eau au niveau des drains, que le problème de dysfonctionnement rencontré lors du vol précédent était résolu. Les examens réalisés après le retour à la base et l'absence de réapparition du dysfonctionnement lors des vols suivants conduisent à penser a posteriori que cette hypothèse était correcte. Cependant, les éléments dont disposait l'équipage au moment où il a formulé cette hypothèse et pris la décision du vol retour restaient incertains.

Il ressort d'échanges avec des professionnels que le BEA a pu consulter qu'il existe des avis divergents sur le fait que ce type de défaut (absence de panne franche) doive être porté au CRM, ce qui implique une signature au minimum d'une APRS par un mécanicien avant que l'avion soit remis en service. Par ailleurs, lorsque les pilotes ne se trouvent pas sur leur base principale, il peut y avoir une certaine réticence à remplir le CRM en raison des conséquences pour la maintenance et l'exploitation.

Dans le cas présent, même s'il y a eu un dialogue informel par téléphone entre l'équipage et la maintenance, cet échange ne présentait pas la même robustesse qu'un contrôle physique de l'avion par un mécanicien. Il reste important de tracer ces échanges, par l'inscription au CRM pour permettre une intervention ultérieure de la maintenance.

Partage des événements de sécurité vers les équipages

L'organisation et les responsables des deux exploitants (Intairline et Twinjet) sont identiques ; l'OSV responsable du SGS et leur MANEX sont communs.

Les exploitants Twinjet ou Intairline ont été confrontés à plusieurs reprises dans le passé à des événements en service en lien avec un blocage ou un durcissement de la commande de profondeur ou du compensateur de profondeur et ont publié plusieurs bulletins de sécurité des vols pour informer leurs équipages de la récurrence de ces événements sur les Beech 1900 des deux exploitants. Toutefois, le traitement de l'incident grave similaire survenu en 2020 réalisé par le SGS d'Intairline n'a pas permis un partage d'expérience et d'analyse des vols à destination des équipages.

La promotion de la sécurité est le mécanisme par lequel les leçons tirées d'enquêtes sur les événements relatifs à la sécurité et d'autres activités liées à la sécurité sont mises à disposition de l'ensemble des personnes concernées.

Un guide intitulé [Système de Gestion de l'Exploitant](#) a été publié par la DSAC. Ce document précise qu'afin de maintenir la conscience du risque de ses personnels, dans un but d'amélioration continue de la sécurité, l'exploitant met en place un système de communication et de partage des informations relatives à la sécurité. L'exploitant y transmet les enseignements qu'il a retirés de son SGS à tous les personnels concernés et, lorsque c'est approprié, au reste de l'industrie (constructeurs, autres exploitants). Cette communication peut prendre par exemple la forme de bulletins d'information, de revues sécurité des vols, de réunions régulières avec le personnel ou de forum.

4 RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

4.1 Mise à jour du programme de maintien de compétences des équipages

L'équipage du F-GLNH a identifié le blocage partiel du compensateur de profondeur à la suite de l'allumage du voyant **A/P TRIM FAIL** et appliqué la procédure « A/P TRIM FAIL ». Il n'a pas fait appel à d'autres procédures lorsqu'il a identifié une dureté sur la commande de profondeur. L'équipage s'est appuyé sur des compétences générales de pilotage pour poursuivre le vol, et a effectué des actions qui se sont révélées être, après-coup, globalement celles détaillées dans le *Safety Communique* du constructeur diffusé en 1981.

Ces compétences générales de pilotage pour gérer ce type de défaillance en vol requièrent une analyse nourrie par l'expérience et la formation. La mobilisation de ces compétences est d'autant plus facile que l'équipage a été formé et informé des différents cas de figure qu'il pourrait rencontrer, et des moyens à disposition pour maintenir le contrôle de l'aéronef (volets, moteur, trim, gouverne).

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que le manuel de vol ne contient pas de procédure ou d'information spécifique relative à un blocage du système de contrôle longitudinal par de la glace ;*
- *considérant qu'il existait des informations utiles dans le Safety Communique 57 diffusé par le constructeur en 1981 ;*
- *considérant que l'existence de ce document ancien est très probablement méconnue de nos jours par les exploitants et les pilotes ;*
- *considérant la survenue de nouvelles occurrences en lien avec une défaillance sur la chaîne de commande de profondeur sur Beech 1900, postérieurement à la mise en place du bulletin de service obligatoire SB 27-3032 ;*
- *considérant les risques éventuels associés à de tels blocages ;*
- *considérant la méconnaissance d'une partie des pilotes de ces phénomènes de blocage du système de contrôle longitudinal par de la glace ;*

la DSAC s'assure que le risque de blocage du système de contrôle longitudinal dû au givrage est pris en compte de manière appropriée dans le système de gestion de la sécurité des opérateurs français de Beech 1900 et que, selon l'analyse effectuée, les mesures correspondantes adaptées sont mises en œuvre auprès des équipages.
[Recommandation FRAN-2024-001]

4.2 Occurrences en lien avec le blocage de la chaîne de commande de profondeur par de la glace sur les Beech 1900D

L'inspection en cours d'enquête par le BEA d'un Beech 1900D a confirmé l'existence de zones à l'intérieur du fuselage de l'avion dans lesquelles de l'eau peut s'accumuler. Ces zones sont situées à la fois dans les parties pressurisées et non pressurisées de l'avion.

L'enquête a révélé que ce problème est méconnu par une partie de la profession.

La mise en place dans le passé par le constructeur de dispositifs techniques spécifiques montre que celui-ci avait bien identifié la nécessité d'évacuer l'eau.

Plusieurs témoignages ou comptes rendus d'équipages semblent montrer une récurrence d'événements similaires à celui rencontré par l'équipage du F-GLNH, dont le constructeur a indiqué au BEA ne pas avoir eu connaissance.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que la solution apportée par le constructeur du graissage et du remplacement des vérins du compensateur de profondeur, imposée par le bulletin de service obligatoire SB 27-3032, paraît être une solution d'atténuation du risque qui a permis de diminuer la fréquence de ces événements sans les faire disparaître ;*
- *considérant la survenue de nouvelles occurrences en lien avec une défaillance sur la chaîne de commande de profondeur sur Beech 1900, postérieurement à la mise en place du bulletin de service obligatoire SB 27-3032 ;*

la FAA revoie l'analyse des événements en service liés à des cas de blocage total ou partiel des commandes en vol par de la glace sur les Beech 1900 et qu'elle s'assure que Textron Aviation propose des mesures correctives adaptées. [Recommandation FRAN-2024-002]

l'AESA s'assure que le constructeur et la FAA sont bien informés des événements survenus en Europe à des exploitants européens, y compris les événements identifiés dans ce rapport, qu'elle s'informe de l'analyse qui en est faite, des actions prises par le constructeur et la FAA, et qu'elle en tire les conséquences en cas d'absence de mesures prises ou de mesures insuffisantes. [Recommandation FRAN-2024-003]

Raytheon Aircraft

Safety Communique

Beech
Hawker

May 8, 1981

TO: ALL BEECHCRAFT WHOLESALERS, AVIATION CENTERS, AERO CENTERS,
INTERNATIONAL DISTRIBUTORS AND DEALERS AND BEECHCRAFT
OWNERS OF RECORD FOR ALL BEECHCRAFT AIRPLANES

SUBJECT: ELEVATOR TRIM TAB FREEZING - EXPOSURE OF AIRCRAFT TO HIGH-
PRESSURE SOAP-AND-WATER WASHING AND INTENSE RAIN

The engineering investigation described in this communique was undertaken following reports of elevator trim tab freezing. In none of these instances was there any injury to persons or damage to the aircraft; and in every case, although the trim tab became inoperable, the elevator remained free at all times and responsive to pilots' manual input to the control wheel. The airplane always remained controllable although higher than normal pilot input forces were required.

Beech assigned an engineer, reporting directly to the Manager of Technical Engineering, with instructions to conduct an investigation which systematically eliminated various components in the trim tab system until the point or points of freezing interference with the free movement of the trim tab was located. That investigation established that the piano hinge by which the tab is connected to the elevator and the tab push rod end fittings were the only points involved.

Interviews with pilots who reported incidents of trim tab freezing provided Beech with the following profile for the occurrences:

1. In each reported incident, the aircraft had been washed with a soap-and-water solution and high-pressure washing equipment within a few days or weeks preceding the incident.
2. In every reported case, the aircraft had been exposed to prolonged or intense rain while parked on a ramp shortly before the flight.
3. The trim tab became inoperative (frozen) during flight in clear air or in IFR conditions which usually did not involve airframe icing sufficient to require the use of deicing boots. Trim tab freezing was not related to flight in airframe icing conditions. Most often it occurred in clear air.
4. The trim tab became inoperative after the aircraft climbed through the freezing level, during climb-out or cruise in a sustained low temperature environment.
5. All reported incidents occurred in an environment of subfreezing temperatures, usually at medium to high altitude.

ALL-57



Member of GAMA
General Aviation
Manufacturers Association
980-31204
1000001786

S
A
F
E
T
Y

C
O
M
M
U
N
I
Q
U
E

May 8, 1981

6. Upon descent to an altitude where the temperature was above freezing the trim tab immediately became operative without any residual effects.
7. Although the trim tab became frozen, the elevator (which is not connected to the stabilizer by a piano hinge) remained entirely free. The aircraft is controllable with the elevator and can be adjusted to straight and level flight or descent by retarding power until the desired attitude and flight profile is obtained.

Piano hinges are utilized at various points in Beech airplanes including the elevator, rudder and aileron trim tabs on most models. It is the opinion of Beech engineers that high-pressure washing with soap-and-water solution removes the lubrication from these hinge-lines with the result that when exposed to heavy or prolonged rain, the water is free to invade the hinge-line. It then freezes along the entire hinge-line when the aircraft is operated in temperatures below freezing.

This analysis was confirmed by a series of ground and flight tests during which, without lubrication and after exposure on the ground to free water, freezing was encountered. After being dried and lubricated (LPS-1 applied by aerosol spray can), the exposure to free water and low temperature conditions was duplicated with the same airplane, but the trim tab remained entirely free.

Actual incidents of trim tab freezing have been reported and confirmed for Baron and King Air Models. Although trim tab freezing could occur on any of the models listed above, experience to date indicates that it occurs with multi-engine models which customarily fly at higher altitudes and lower temperature environments.

To avoid trim tab freezing, Beech instructs the following procedure:

1. Do not expose aileron, rudder and elevator trim tab hinge-lines or their push rod systems to the direct stream or spray of high-pressure soap-and-water washing equipment.
2. After high-pressure or hand washing, and at each periodic inspection, lubricate the hinge-lines and push rod end fittings with a water displacement lubricant (either CRC 3-36, LPS-1 or WD-40).

Note: Maintenance Manuals will be revised accordingly.
Please make a note in your manual until revised.

If trim tab freezing is encountered during flight, Beech recommends the following procedure:

1. Do not attempt to free a frozen trim tab by activating either the electric trim or manual trim controls. The force required to break the ice will probably exceed the force that can be delivered to the hinge-line by either electric or manual controls. Overstressing the trim tab cable circuit or the electric drive unit could damage either or both.

May 8, 1981

2. Alter power settings until the aircraft is reasonably well in trim and can be manually flown in the desired flight path without uncomfortable stick pressures. Keep in mind that the control surfaces (elevators, ailerons and rudders) are not attached by piano hinges and will remain free and responsive to the normal commands of the pilot.
3. Trim tab freezing should not be an occasion for an emergency descent and landing.
4. Please report any incident of trim tab freezing to Commercial Service, Beech Aircraft Corporation, Wichita, Kansas 67201, so that we may investigate the background and particulars of the flight in order to confirm that the analysis of these occurrences and the methods for avoidance presented in this communique are correct in every respect.

Finally, it is appropriate to comment upon some of the other possible effects of washing your airplane with soap-and-water solutions dispensed at high pressure: high-pressure washing can carry the required lubrication away from wheel bearings, uplock rollers and propeller hub bearings if directed on or into these components. It can also damage avionics equipment if the stream is directed into overboard cooling ducts. In power plant areas there are garlock type seals which could be unseated by a high-pressure stream which, in turn, will allow contaminants to enter the sealed system. High-pressure sprays should not be directed upon the wings, fuselage or tail assembly from the rear where the structure is exposed to invasion by moisture and chemicals which can result in corrosion damage to structural members as well as moving parts.

Make certain that those responsible for servicing of your airplane are advised of these conditions and use proper caution when washing the airplane so as not to direct the high-pressure stream or spray into areas that might be damaged or adversely affected. Be certain that they are also instructed to lubricate the appropriate places after washing.

ALL-57

- 3 -

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.