



Incident grave survenu au CESSNA - 172 - S
immatriculé **F-0000**
le vendredi 18 février 2022
aux Saintes - Terre-de-Haut (Guadeloupe)

Heure	Vers 11 h ¹
Exploitant	Aéro-Club de l'Aviation Civile de la Guadeloupe
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Pilote et 1 passager
Conséquences et dommages	Avion légèrement endommagé

Rupture d'un raccord de câble de commande d'aileron en montée

1. DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages.

Le pilote, accompagné d'un passager, décolle de l'aéroport de Pointe-à-Pitre - Le Raizet (971) pour effectuer le tour de l'île de la Guadeloupe en passant par l'aérodrome Les Saintes - Terre-de-Haut. Ce vol a pour but de faire découvrir l'environnement local au passager, pilote également, désirant adhérer à l'aéroclub. Le pilote effectue l'approche aux Saintes - Terre-de-Haut, pour la montrer au passager et réalise ensuite un toucher. Durant la montée initiale, le pilote rentre les volets et tourne le volant pour remettre les ailes à plat à la suite d'une petite turbulence. Le pilote et le passager entendent un bruit, qu'ils décrivent « comme si quelque chose avait cédé ». Le pilote tourne à nouveau le volant et s'aperçoit que celui-ci n'a plus aucune résistance. Le volant est pivoté à 90° vers la droite, sans que pour autant l'avion s'incline. Le pilote décide alors de prendre de l'altitude afin de vérifier l'ensemble des commandes. Après vérification, celles-ci fonctionnent normalement à l'exception de la commande de roulis à droite, le pilote pouvant continuer à commander du roulis à gauche.

Le pilote décide de retourner à l'aéroport de Pointe-à-Pitre - Le Raizet, pour y atterrir. Le pilote et son passager se répartissent les tâches. Ils décident également de ne plus utiliser la commande de roulis, privilégiant l'utilisation de la commande de lacet. Le pilote atterrit lors de la deuxième tentative, avec les volets en position 10°.

Lors de l'examen de l'avion par l'atelier de maintenance pour trouver la cause du dysfonctionnement, les mécaniciens entendent un bruit et observent le volet gauche s'abaisser. En inspectant les câbles de commande des ailerons et du volet gauche, ceux-ci sont retrouvés rompus au niveau de raccords.

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

2. RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sur l'aérodrome de Pointe-à-Pitre étaient les suivantes :

- vent du 090° pour 13 kt² ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- nébulosité : des nuages peu nombreux (FEW) à 3 200 ft, nuages fragmentés (BKN) à 3 900 ft et 7 800 ft ;
- température 28 °C, température du point de rosée 20 °C ;
- QNH 1 017 ;
- temporairement : réduction de la visibilité à 3 000 m, averses, des nuages épars (SCT) à 2 000 ft avec des cumulus congestus (TCU).

2.2 Expérience de l'équipage

2.2.1 Expérience du commandant de bord

Le pilote, âgé de 25 ans le jour de l'incident grave, est titulaire d'une licence de pilote professionnel d'avion depuis février 2020. Il détient également la qualification instructeur. Son expérience était de 487 heures de vol dont 60 dans les trois derniers mois, toutes effectuées sur type.

2.2.2 Expérience du passager

Le passager, âgé de 34 ans, est titulaire d'une licence de pilote de ligne ATPL(A) avec une expérience de 6 050 heures de vol.

2.3 Renseignements sur l'avion

2.3.1 Historique de l'avion

L'avion F-0000 est un Cessna 172 S³ construit en 2004 et acheté par l'aéroclub en novembre 2011. Lors de sa dernière visite d'entretien le 2 février 2022, l'avion totalisait 7 071 heures de vol. Depuis cette visite, l'avion avait effectué une vingtaine d'heures de vol.

L'étude des documents de maintenance n'a pas mis en évidence d'actes de maintenance particuliers sur les câbles de commandes en dehors des visites périodiques prévues par le programme d'entretien. Le programme d'entretien est dit « Progressive Care Program » selon le constructeur. Ce programme a été établi par l'organisme de gestion de navigabilité pour répondre aux exigences de la réglementation AESA Partie-ML.

La dernière inspection des câbles de commande avait été réalisée en novembre 2021. Celle-ci avait été faite sur l'avion sans démontage des câbles. L'atelier indique qu'il n'avait pas été constaté de trace de corrosion lors de cette inspection.

² Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

³ Le certificat de type est désormais détenu par Textron Aviation.

2.3.2 Généralités sur la maintenance des câbles

Le manuel de maintenance indique que des détériorations des câbles, telles que corrosion interne ou déformation, peuvent être difficiles à identifier. Il est demandé d'examiner attentivement tout câble présentant un fil cassé dans une section qui n'est pas en contact avec des éléments de la cellule. Il est précisé également qu'il peut être nécessaire de retirer et de plier le câble pour l'inspecter correctement à la recherche d'un endommagement interne des brins, car cette condition n'est généralement pas détectable par simple examen de sa surface extérieure. Si de la corrosion interne est détectée, le câble doit être remplacé.

Pour qu'une telle inspection soit réalisée de manière appropriée, le manuel de maintenance indique qu'un démontage complet des câbles peut être nécessaire.

Le manuel de maintenance ne demande pas explicitement de vérifier l'état de corrosion des raccords.

Le manuel de maintenance souligne que les intervalles d'inspections indiqués sont des intervalles recommandés dans des conditions environnementales moyennes. Pour les avions exploités dans des environnements particulièrement chauds, froids ou humides, il est suggéré d'effectuer les inspections à des intervalles plus fréquents (non spécifiés dans le manuel) afin de vérifier l'usure, la corrosion ou la lubrification.

2.3.3 Fonctionnement de la chaîne de commande des ailerons

La chaîne de commande des ailerons est composée de câbles métalliques tendus, guidés par des poulies, reliant sous la forme d'un circuit fermé :

- le volant à chaque aileron ;
- les deux ailerons entre eux.

La rupture est située sur la portion de la chaîne de commande reliant le volant à l'aileron droit.

En raison de cette rupture, lorsque le volant est incliné vers la droite :

- la tension sur les câbles supposés actionner l'aileron droit vers le haut (en vert clair et vert foncé sur la **Figure 1**) ne se produit plus ;
- en l'absence de mouvement de l'aileron droit vers le haut, la tension des câbles reliant les deux ailerons (en rose et en orange sur la **Figure 1**), et supposés actionner l'aileron gauche vers le bas, ne se produit plus.

L'inclinaison du volant vers la droite n'a donc plus d'effet sur la chaîne de commande en roulis. Les deux ailerons restent en position neutre.

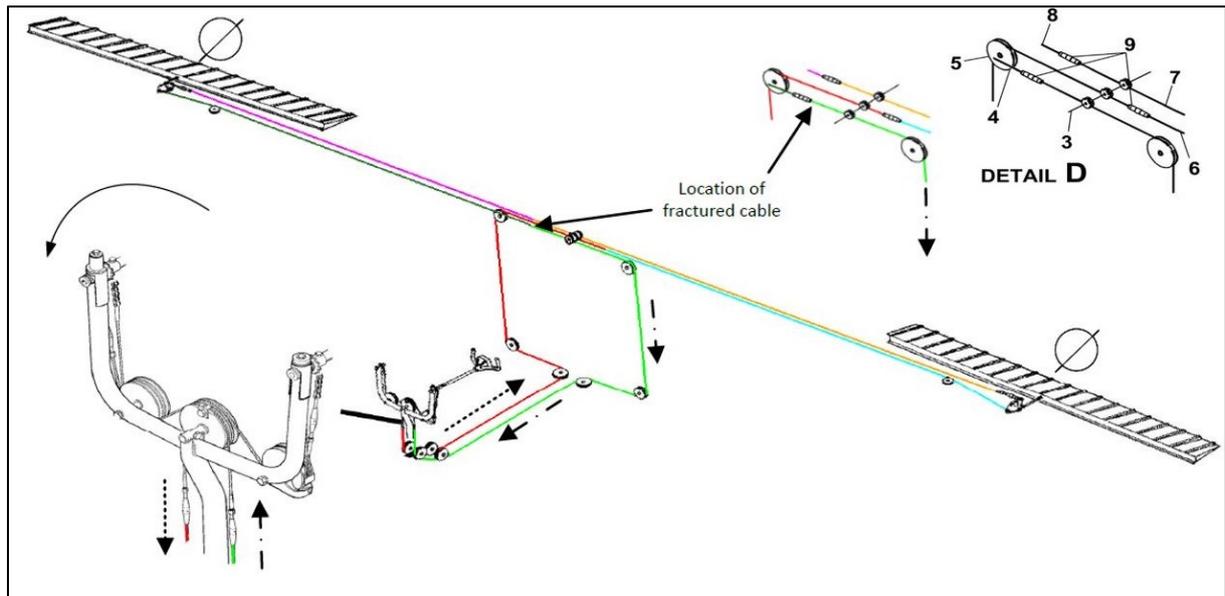


Figure 1 : fonctionnement des ailerons avec volant à droite
(Source : Cessna, Textron Aviation)

En revanche, lorsque le volant est tourné vers la gauche, l'intégrité préservée des câbles actionnant directement (depuis le volant) l'aileron gauche vers le haut (en rouge et en bleu sur la **Figure 1**) et de celui actionnant indirectement (depuis l'aileron gauche) l'aileron droit vers le bas permet le mouvement de roulis à gauche.

2.3.4 Fonctionnement de la chaîne de commande des volets

Les volets sont actionnés par un moteur électrique, situé dans l'aile droite, dont le commutateur se situe sur le tableau de bord. Les volets sont sortis ou rentrés en plaçant le levier de commande situé sur le tableau de bord à la position de débattement souhaitée. Pour changer le réglage des volets, le levier de commande est déplacé vers le haut ou vers le bas dans un panneau à fentes qui fournit des butées mécaniques aux positions 10°, 20° et 30°. Une échelle graduée située à gauche de l'interrupteur des volets indique les degrés de débattement des volets.

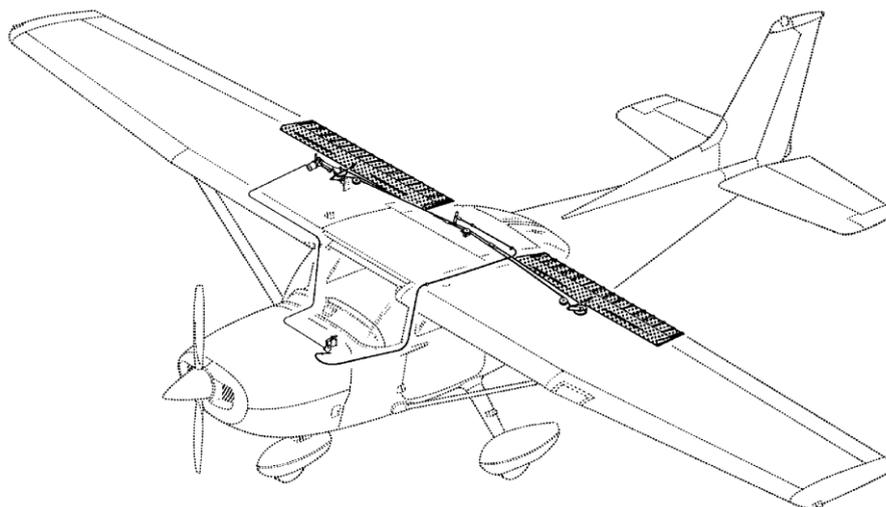


Figure 2 : schéma général du fonctionnement des volets
(Source : POH⁴ Cessna Model 172 S)

2.3.4.1 Fonctionnement normal des volets

Lors de l'action sur le commutateur de la position des volets, le moteur situé dans l'aile droite commande directement le volet droit. Le volet gauche est asservi au volet droit par un système de câbles en boucle fermée. Lorsque le pilote commande une sortie des volets, le moteur tire le câble arrière de l'aile droite (en orange sur la **Figure 3**) qui tire le câble avant de l'aile gauche (en bleu sur la **Figure 3**), entraînant la rotation du guignol du volet gauche dans le sens d'une sortie du volet.

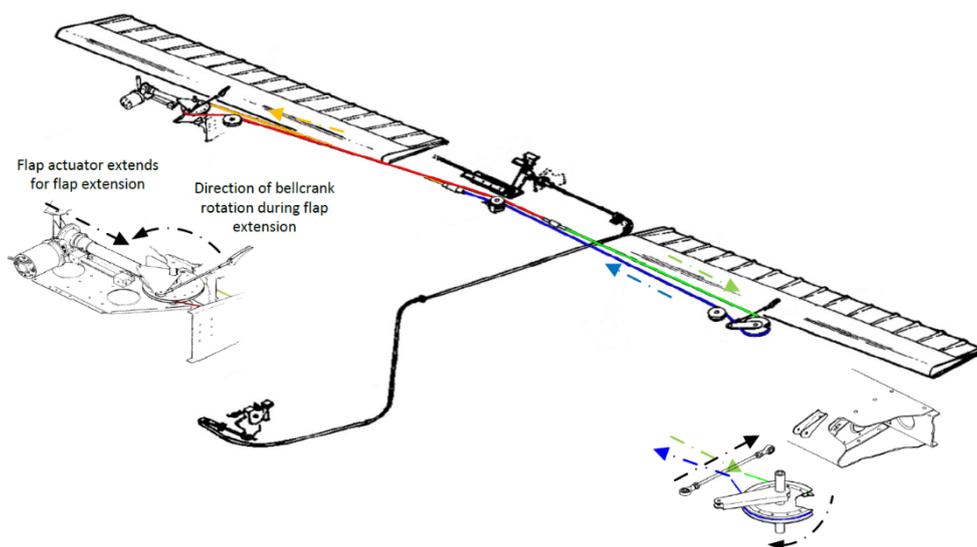


Figure 3 : schéma détaillé de l'extension des volets
(Source Cessna, Textron Aviation)

⁴ Pilot Operating Handbook, manuel d'utilisation de l'avion.

Lorsque le pilote commande une rentrée des volets, le moteur tire sur le câble avant de l'aile droite (en rouge sur la **Figure 4**) qui tire sur le câble arrière de l'aile gauche (en vert sur la **Figure 4**) entraînant la rotation du guignol de l'aile gauche dans le sens d'une rentrée du volet.

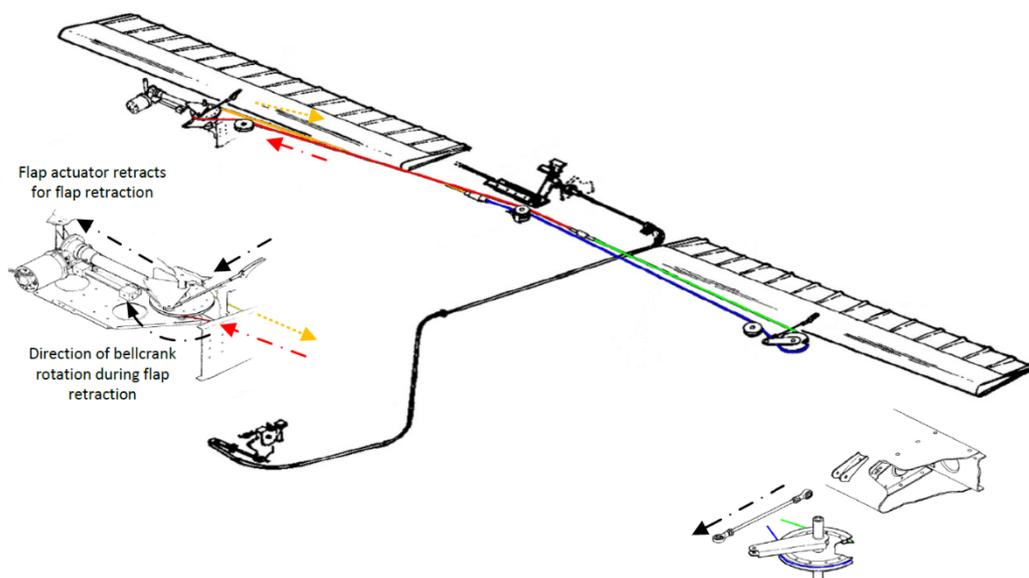


Figure 4 : schéma détaillé de la rétractation des volets
(Source Cessna, Textron Aviation)

2.3.4.2 Fonctionnement des volets en cas de rupture de câble

Le câble arrière du volet de l'aile gauche (en vert sur la **Figure 5**) maintient le volet gauche en position rétractée ou semi-rétractée, en fonction de la position du commutateur.

Lorsque ce câble se rompt, le volet gauche peut se déplacer sans action du pilote, vers une position partiellement sortie. La position dans laquelle le volet s'arrête dépend de la vitesse et de la résistance au mouvement des rouleaux du volet sur les rails du volet. La rupture de ce câble entraîne également un certain relâchement dans le câble du volet avant de l'aile gauche (en bleu sur la **Figure 5**).

Avec une telle rupture, si le pilote commande une sortie des volets (scénario de la **Figure 3**), le moteur fait tourner le guignol de l'aile droite, ce qui tire le câble arrière du volet de l'aile droite (en orange sur la **Figure 5**) et le câble avant du volet de l'aile gauche (en bleu sur la **Figure 5**). Lorsque le volet droit atteint une position sortie suffisante pour supprimer le relâchement du câble bleu alors le volet gauche commence à se déployer et s'arrête dans la même position que le volet droit.

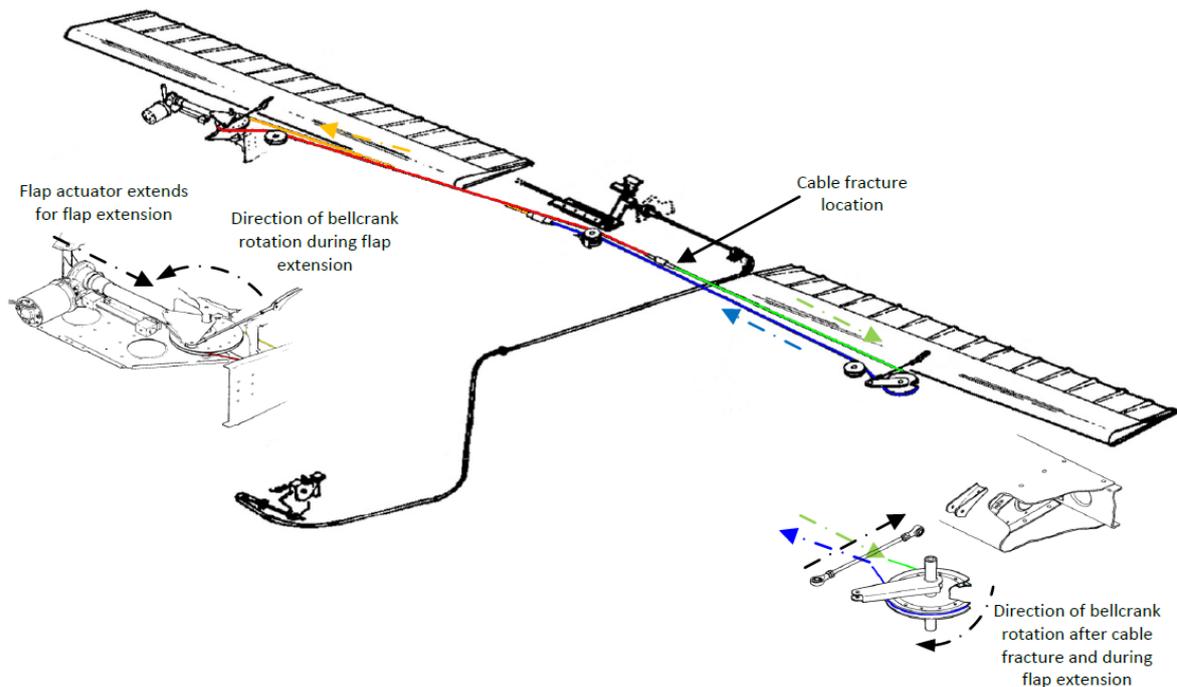


Figure 5 : schéma du fonctionnement lors de la sortie des volets avec le câble rompu
(Source Cessna, Textron Aviation)

Toujours avec cette rupture, lorsque le pilote commande la rentrée des volets, le moteur fait tourner le guignol de l'aile droite et soulève le volet droit. Le mouvement du guignol exerce également une traction sur le câble avant du volet droit (en rouge sur la **Figure 5**). En raison de sa rupture, le câble arrière du volet gauche (en vert sur la **Figure 5**) n'actionne pas le guignol du volet gauche qui, par conséquent, ne se rétracte pas. À nouveau, la position dans laquelle le volet se positionne dépend de la vitesse et de la résistance au mouvement des rouleaux du volet sur les rails du volet.

2.4 Analyse des ruptures

2.4.1 Informations concernant les câbles de commande d'aileron et de volet

L'examen de l'avion par l'atelier d'entretien à l'issue de l'incident grave n'a pas mis en évidence d'autre anomalie ayant pu entraîner les ruptures observées sur les câbles de commande d'aileron et de volet. Les câbles concernés sont très probablement ceux d'origine selon le constructeur de l'avion, sans qu'il soit possible de l'affirmer avec certitude. Selon le mécanicien de l'aéroclub, le freinage des câbles était assuré par du fil à freiner. Les câbles ont été prélevés pour être examinés au BEA.

Les câbles sont en acier inoxydable AISI 303 Se. Ils se terminent par un raccord de type tendeur à vis, constitué d'un fût lisse, d'un méplat percé (permettant le passage d'un fil frein) et d'un embout fileté. Le matériau du raccord est le même que celui du câble (acier inoxydable AISI 303 Se).

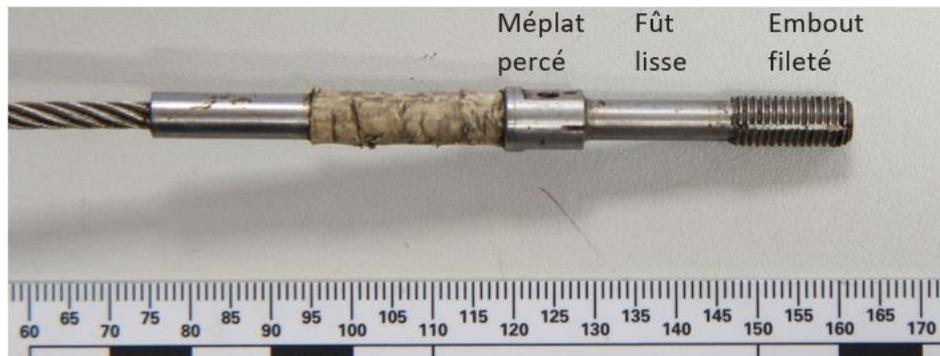


Figure 6 : raccord de câble (Source : BEA)



Figure 7 : vue des câbles d'aileron et du câble des volets, côté droit (détail D, **Figure 1**)
(Source : BEA)

Les ruptures des câbles se situent au droit de leur raccord, dans une zone similaire (dans le fût du côté de l'extrémité fileté, dans la région adjacente aux méplats du tendeur).

Les deux zones de rupture présentaient des piqûres de corrosion sur la surface extérieure. La présence de corrosion était également visible sur les cassures. Les deux câbles étaient identifiés par un manchon en élastomère monté sur le fût du raccord, côté câble, sur lequel figurait le numéro de pièce (7). Une fois ce manchon retiré, de la corrosion a été observée sur la surface extérieure du fût, dans la zone située sous le manchon.



Figure 8 : fût du raccord et son manchon (Source : BEA)

2.4.2 Examen de la rupture du câble de commande d'aileron

La cassure du raccord du câble de commande d'aileron présentait trop de corrosion pour pouvoir en déterminer les caractéristiques. Étant donné l'étendue du phénomène de corrosion, celle-ci était antérieure à l'accident.

Des coupes transverses réalisées sur le raccord au droit de celle-ci ont néanmoins permis de mettre en évidence un réseau de fissures ramifiées, sous la surface de rupture. Des traces de chlore et d'oxygène ont pu être observées par spectrométrie par dispersion d'énergie dans le fond de certaines fissures.

Ces indications témoignent d'une rupture selon un processus de corrosion sous contrainte (CSC). Ce phénomène résulte d'un processus synergique entre une dégradation chimique d'un matériau par corrosion localisée et l'effet d'une contrainte mécanique, résiduelle ou appliquée, conduisant à l'amorçage d'une ou de plusieurs fissures, à leur propagation au sein du matériau et à la ruine finale possible de la pièce.

La composition chimique du matériau, mesurée par spectrométrie par dispersion d'énergie, était conforme aux exigences relatives à l'acier AISI 303 Se. La microstructure observée ne présentait pas d'anomalie.



Figure 9 : raccord du câble de la commande d'aileron
(Source : BEA)

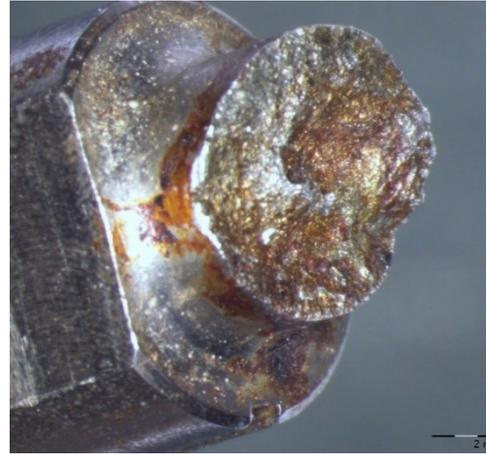


Figure 10 : surface de rupture du
raccord (Source : BEA)

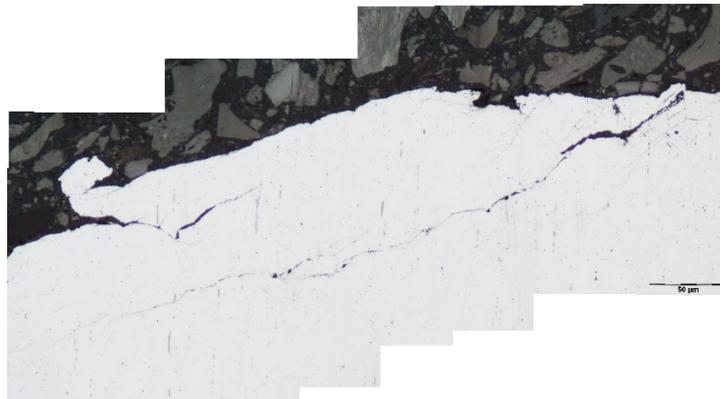


Figure 11 : coupe micrographique au droit de la rupture du raccord du câble de commande d'aileron – présence de fissures ramifiées sous la surface de rupture (Source : BEA)

2.4.3 Examen de la rupture du câble de commande des volets

La cassure du raccord du câble de commande du volet gauche présentait également de la corrosion. Au droit de la rupture, le fût présentait une réduction de section (striction). L'examen fractographique mené sur la cassure a permis d'observer quelques zones présentant des cupules équiaxes, caractéristiques d'une rupture par surcharge en traction. Des coupes transverses réalisées au droit de la rupture ont également permis de mettre en évidence la présence d'un réseau de fissures ramifiées, sous le faciès de rupture. Certaines étaient largement ouvertes.

Des traces de chlore et d'oxygène ont pu être observées par spectrométrie par dispersion d'énergie dans le fond de certaines fissures. Le processus de corrosion sous contrainte (CSC) s'est développé sur ce raccord dans une zone similaire au raccord du câble de commande d'aileron gauche. Le réseau de fissures ramifiées, caractéristique du phénomène de CSC, a significativement amoindri la résistance mécanique du raccord. La rupture finale du raccord s'est produite par surcharge.

Aucune anomalie relative au matériau des câbles n'a pu être observée.



Figure 12 : raccord du câble de commande des volets rompu, côté gauche (Source : BEA)



Figure 13 : surface de rupture du raccord (Source : BEA)



Figure 14 : coupe micrographique au droit de la rupture du raccord du câble de commande de volet gauche – présence de fissures ramifiées sous la surface de rupture (Source : BEA)

2.5 Suivi et gestion du maintien de la navigabilité relatives à ces raccords de câbles

2.5.1 Historique

En 2001, à la suite du constat de ruptures ou d'amorces de ruptures avec présence de corrosion au niveau de raccords de câbles de commande de vol sur neuf avions Piper PA-28 et PA-44 ainsi qu'un Cessna 172, le NTSB a adressé une recommandation de sécurité à la FAA, en tant qu'autorité primaire de certification, pour l'émission d'une consigne de navigabilité (*Airworthiness Directive*, AD) exigeant, pour ces trois types d'avions et en priorité ceux construits plus de 15 ans auparavant, des inspections visuelles récurrentes, selon un intervalle calendaire approprié, pour détecter d'éventuelles traces de corrosion ou des fissures sur les raccords des câbles de commande de vol qui avaient été ou pouvaient avoir été construits en acier inoxydable AISI 303 Se. Le NTSB recommandait également que la FAA détermine quels étaient les types d'aéronefs certifiés susceptibles d'être équipés de raccords de câble construits dans cet acier et leur applique les mêmes exigences.

Dans sa réponse formulée en 2002, la FAA a indiqué⁵ que la fréquence d'occurrence, notamment pour les Cessna 172, était faible (entre mars 1998 et avril 2001, dix cas recensés sur une flotte de 24 925 avions dont un seul sur Cessna) et que, par conséquent, une AD ne s'imposait pas. La FAA a indiqué dans cette réponse qu'elle avait publié le bulletin d'information spécial de navigabilité⁶ SAIB CE-02-05 comme solution alternative. Dans ce bulletin, la FAA recommande une inspection des raccords de câbles de commandes de vol, fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se, à intervalles de 100 heures de vol ou lors de chaque inspection annuelle. La FAA précise que si de la corrosion est décelée au niveau des raccords de fixation du câble de commande, ceux-ci doivent être changés même si le manuel de maintenance du fabricant ne recommande pas le remplacement des raccords corrodés.

En 2012, à la suite de plusieurs événements sur différents types d'avions du constructeur Piper, la FAA a publié une AD couvrant ces types d'avions spécifiquement⁷. Cette AD fait suite à des rapports faisant état de défaillances de câbles de commande de profondeur⁸ susceptibles de provoquer une perte de contrôle en tangage. Cette AD exige des inspections de la commande de profondeur et le remplacement des pièces si nécessaire. Les défaillances identifiées étaient considérées comme révélatrices d'une condition compromettant la sécurité au sens de la réglementation américaine en matière de navigabilité des aéronefs.

À la suite de la publication de cette AD, le NTSB a indiqué dans la correspondance relative à sa recommandation de sécurité de 2001 que la survenue de nouveaux événements graves après la publication du SAIB CE-02-05 montrait les limites de l'efficacité de ce dernier.

En 2019, la FAA a publié le [SAIB CE-19-13](#) qui se concentre spécifiquement sur les raccords de connexion fixés (sertis) aux câbles de commande de vol et vissés sur les tendeurs. Selon la FAA, ces raccords sont généralement fabriqués à partir d'un type d'acier inoxydable susceptible de se fissurer sous l'effet de la corrosion sous contrainte dans certaines conditions, au fil du temps. La FAA précise que les facteurs favorisant cette corrosion sont variés. Ils peuvent être liés à l'environnement d'exploitation (environnement chaud, humide et salin notamment) mais aussi à la conception des aéronefs puisque dans certains cas ces pièces sont à proximité d'une source de chaleur (ex. : échappement) ou de condensation (ex. : conduit de ventilation). La FAA précise qu'elle a reçu de nombreux rapports faisant état de défaillances des raccords de câbles qui ont provoqué ou pourraient provoquer la perte des commandes de vol selon un axe de contrôle. La FAA ajoute que, dans de nombreux cas, les défaillances ont été découvertes lors d'inspections ou d'opérations au sol. La FAA ajoute que pour celles qui se sont produites en vol, le pilote a souvent pu atterrir sans dommage, bien que cela puisse être très difficile. Dans certains cas, des accidents avec des dommages importants se sont produits. Il est indiqué que le problème de sécurité décrit dans ce SAIB n'est pas considéré comme une condition compromettant la sécurité de l'aéronef qui justifierait une AD, à l'exception des avions concernés par l'AD de 2012. Par le biais de ce bulletin, la FAA recommande notamment que pour tous les avions susceptibles d'être équipés de tels raccords de câble, leur inspection minutieuse soit réalisée au moins annuellement avec une attention portée sur la présence de corrosion et qu'en présence de signes de corrosion ces raccords soient remplacés. Également, la FAA recommande que pour les avions qui ont été ou

⁵ Voir la [correspondance entre le NTSB et la FAA](#) concernant cette recommandation de sécurité.

⁶ *Special Airworthiness Information Bulletin*.

⁷ [Consigne de navigabilité amendée en 2013](#).

⁸ Câbles en fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se.

sont exposés à des environnements chauds, en atmosphère humide et saline, tous les câbles de commande de vol primaires qui sont en service depuis 15 ans ou plus soient remplacés, ainsi que tous ceux installés à proximité de sources de chaleur ou d'humidité par conception de l'aéronef.

Le SAIB CE-19-13 a été repris par l'AESA dans le [bulletin d'information de sécurité SIB n° 2019-12](#), publié en septembre 2019.

En 2019 également, la FAA a publié deux nouvelles AD (2019-21-08 abrogée par la 2019-23-10) à la suite de ruptures observées sur des raccords de câbles de commande d'aileron droit sur des avions Textron Aviation (anciennement Beechcraft) Bonanza et Debonair. Dans les types d'avions concernés par la seconde AD, ces raccords de câbles sont proches de certaines sources de chaleur et d'humidité susceptibles de favoriser l'apparition de corrosion.

2.5.2 Évaluation d'une condition compromettant la sécurité

Le BEA a contacté la FAA dans le cadre de l'enquête sur l'incident grave du F-OOOO. L'autorité précise qu'une recherche a été faite par ses services depuis la publication du SAIB CE-19-13. Cette recherche n'a révélé aucun cas de défaillance en vol d'un raccord de câble de commande de vol primaire au sein de la flotte Cessna 172. Un seul événement a été identifié, qui s'est produit après l'intervalle de temps utilisé pour évaluer le risque à l'échelle de la flotte, mais avant la publication du SAIB. Sur cette base et sans préciser comment elle intègre dans son analyse l'incident grave du F-OOOO, ce SAIB serait toujours considéré comme une action corrective efficace et suffisante. Implicitement, la FAA maintient l'avis formulé dans ce SAIB selon lequel cette défaillance sur les avions de type Cessna 172 ne constitue pas une condition compromettant la sécurité, qui justifierait l'émission d'une AD. Au cours de l'enquête, ni la FAA ni Textron Aviation n'ont été en mesure de fournir au BEA les analyses de sécurité justifiant que le niveau de sécurité des flottes non concernées par les AD déjà émises était acceptable vis-à-vis du risque de perte de contrôle due à la rupture d'un raccord de câble par corrosion sous tension.

L'historique des SAIB et des AD publiés par la FAA, les éléments de réponse apportés au NTSB à la suite de la recommandation de sécurité émise en 2001 ainsi que cette réponse apportée au BEA dans le cadre de l'enquête sur l'incident grave du F-OOOO montrent que la FAA a conscience depuis plus de vingt ans du risque de rupture des raccords de câble de commande de vol primaire sur un grand nombre de types d'avions de constructeurs différents (dont le Cessna 172) en raison de la possible corrosion de ces pièces. La détermination d'une condition compromettant la sécurité étant applicable à un unique type d'aéronef à la fois, la démarche de la FAA a été et reste de ne publier une AD que lorsqu'il est démontré que les objectifs de sécurité ne sont plus atteints pour un type d'avion en particulier.

2.5.3 Gestion du maintien de la navigabilité et veille des SIB

Avant l'incident grave, l'atelier indépendant chargé de la maintenance du F-OOOO veillait et appliquait les AD. En revanche, il ne procédait pas à la veille systématique des bulletins d'information tels que les SAIB (FAA) ou les SIB (AESA). À la suite de cet incident grave, l'atelier de maintenance a effectué une vérification complète de la flotte qu'il suit en maintenance. Cette vérification a entraîné six changements de câbles sur une flotte de dix avions environ dont sept Cessna 172. L'atelier de maintenance a également prévenu d'autres ateliers et aéroclubs environnants afin de les sensibiliser sur les deux SAIB et la possible rupture de câble.

L'AESA indique que la veille des publications de sécurité disponibles, comme les SIB, doit faire partie des procédures des organismes impliqués dans la [gestion du maintien de la navigabilité](#) et les [activités d'entretien](#). Par ailleurs, le programme d'entretien de l'aéronef (PAA) doit identifier toutes les tâches d'entretien supplémentaires à effectuer en raison des spécificités de l'aéronef ou de l'environnement d'exploitation.

L'OSAC indique que la veille des SIB est un axe de surveillance qu'il a mis en place en 2020. Désormais, cet organisme demande aux organismes en charge de la gestion du maintien de la navigabilité et de la maintenance de présenter la liste des SIB dont ils ont pris connaissance, complétée par l'information de leur mise en œuvre ou une justification dans le cas contraire. Selon l'OSAC, la mise en place de cet axe de surveillance a montré que rares étaient les organismes qui réalisaient cette veille jusque-là, notamment parce qu'ils y étaient peu sensibilisés.

Au cours de l'enquête, le BEA a contacté deux organismes assurant, en France métropolitaine, la maintenance de plusieurs Cessna 172. Il ressort des échanges avec eux que la veille des SIB n'a pas toujours été une priorité dans le métier, notamment en raison du caractère non obligatoire de leur mise en œuvre. Les deux ateliers expliquent toutefois qu'ils assurent cette veille, soit à partir du site Internet des autorités de certification américaine ([FAA](#)) et européenne ([AESA](#)), soit à partir du site Internet des constructeurs voire des équipementiers qui peuvent mettre à disposition les SIB des autorités en plus de leurs propres publications.

Concernant le risque de corrosion des raccords de câbles, un des deux organismes a indiqué qu'il avait bien pris connaissance d'un bulletin de sécurité ; il ne l'avait pas considéré comme pertinent au regard de l'environnement d'exploitation. L'autre n'avait pas connaissance de ce phénomène et des publications associées avant l'échange avec le BEA ; toutefois il n'est a priori pas concerné au regard de l'environnement d'exploitation.

Les échanges avec ces organismes ainsi que les tests réalisés par le BEA de manière indépendante, montrent que cette veille se heurte à des limites pratiques, notamment dans le référencement des documents.

Par exemple, sur les interfaces mises à disposition par l'AESA et la FAA, une recherche par type d'avion (Cessna 172 S ou Cessna 172) ne fait pas ressortir le SIB n°2019-12 de l'AESA ou le SAIB CE-19-13 de la FAA. Ces SIB/SAIB peuvent être retrouvés par leur référence ou en saisissant des mots-clés adaptés. Dans les deux cas, cela suppose de disposer d'une information préalable, ce qui ne correspond pas au principe de la veille.

Dans le cadre de l'enquête, le BEA n'a pas cherché à savoir si le sujet de ce SIB et de ce SAIB constituait un cas particulier ou si des bulletins sur d'autres thèmes souffraient des mêmes difficultés de référencement par type d'avion. Sur le site Internet de la FAA, le SAIB CE-19-13 peut également être retrouvé en sélectionnant « Small Airplane » dans le champ « Make » du [moteur de recherche](#). Ce critère de recherche est peu intuitif et ne retourne que le SAIB CE-19-13, ce qui tend à montrer le caractère particulier du sujet et de son traitement par la FAA.

3. CONCLUSIONS

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

Scénario

Après avoir subi une légère turbulence en montée initiale, le pilote a agi sur le volant pour remettre les ailes à plat. Lors de cette action, un raccord de câble de commande d'aileron a rompu, très probablement à l'issue d'un phénomène de corrosion sous contrainte en environnement chaud, humide et salin. Cette rupture a empêché de commander du roulis à droite avec le volant sans empêcher de commander du roulis à gauche. Ce dysfonctionnement a induit un risque élevé de perte de contrôle en vol. Le pilote et le passager, tous deux expérimentés, sont parvenus à établir un diagnostic de la situation et à adopter une stratégie pour revenir atterrir en maîtrisant ce risque.

Lors de l'examen de l'avion par l'atelier de maintenance, le raccord du câble de commande du volet gauche s'est rompu, également à l'issue d'un phénomène de corrosion sous contrainte.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la poursuite de l'exploitation d'un avion dont certains raccords de câbles de commande de vol n'étaient plus dans un état garantissant la sécurité des vols :

- l'absence, de la part de l'atelier de maintenance, de veille des bulletins d'information émis par les autorités de certification relatifs à la navigabilité des types d'aéronefs dont il assurait l'entretien. En méconnaissant le SAIB publié par la FAA et le SIB publié par l'AESA, l'atelier de maintenance se privait d'un support pour attirer son attention sur d'éventuelles marques de corrosion à la surface des raccords de câbles et pour comprendre quel était le risque pour la sécurité des vols ;
- l'absence d'AD émise par l'autorité primaire de certification concernant un dysfonctionnement identifié, non isolé et qui, du fait qu'il peut affecter des commandes de vol primaires, expose à un risque élevé de perte de contrôle en vol ;
- le manque de visibilité du SIB et du SAIB sur le site de l'AESA et de la FAA.

Enseignements de sécurité

Analyse et traitement en vol d'une anomalie touchant les commandes de vol

Dès que le pilote et le passager ont entendu le bruit de rupture du câble, ils ont effectué une recherche de panne immédiatement. Le pilote a rapidement identifié la perte d'efficacité d'une partie de la commande des ailerons.

Le dysfonctionnement d'une commande de vol primaire est un événement qui ne fait pas l'objet de procédures d'urgence et auquel un pilote privé n'est généralement pas entraîné. Cet incident grave montre que, même s'il expose à un risque élevé de perte de contrôle, un tel dysfonctionnement peut rester gérable dans certains cas. Pour cela, il est important que la recherche de panne se fasse dans les meilleures conditions (hauteur suffisante par exemple) et par le biais d'actions de faible amplitude, afin que le mouvement reste réversible, même au moyen d'une action indirecte (roulis induit par une action sur la commande de lacet par exemple).

Dans le cas de l'incident grave du F-0000, le fait que le passager soit également un pilote expérimenté a probablement contribué au traitement approprié de cette situation dégradée. Le pilote a gardé les commandes pendant que le passager s'est occupé de la radio. Cette répartition des tâches a permis au pilote de se concentrer sur le pilotage de l'avion et d'atterrir en sécurité.

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 Prise en compte du risque de rupture d'une commande de vol

Le risque de fissuration ou de rupture de certains raccords de câble de commande de vol fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se, sous l'effet de corrosion, est connu depuis au moins 2001. Ce risque a donné lieu à plusieurs bulletins d'information dont l'efficacité a été mise en défaut par la survenue de nouveaux événements. La FAA a publié des consignes de navigabilité à ce sujet pour les types d'avions dont les objectifs de sécurité n'étaient plus démontrés par l'expérience en service. Pour ceux-ci, il a été déterminé une condition dangereuse compromettant la sécurité au sens de la réglementation. Sur certains types d'avions, notamment ceux concernés par les consignes de navigabilité, le risque d'oxydation peut être favorisé par des caractéristiques propres à leur conception. Il demeure que le risque est aussi dépendant de facteurs environnementaux auxquels tous les types d'avions susceptibles d'être équipés de tels raccords de câbles de commande de vol, comme le Cessna 172, peuvent être exposés.

L'enquête n'a pas permis de justifier que la probabilité d'occurrence restait acceptable pour le Cessna 172 comme pour les autres types d'avions. Le BEA n'a pas eu connaissance d'autres éléments permettant de justifier l'absence d'actions correctives pour limiter le nombre d'occurrences. Ni la FAA, ni Textron Aviation n'ont été en mesure de fournir au BEA les analyses de sécurité justifiant que le niveau de sécurité des flottes non concernées par les AD déjà émises était acceptable vis-à-vis du risque de perte de contrôle due à la rupture d'un raccord de câble par corrosion sous tension.

La rupture d'une commande de vol primaire expose à un risque élevé de perte de contrôle en vol.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *Considérant que le phénomène de corrosion sous contrainte auquel certains raccords de câble de commande de vol fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se sont particulièrement sensibles est identifié depuis de nombreuses années ;*
- *Considérant que la rupture d'une commande de vol primaire expose à un risque élevé de perte de contrôle en vol ;*
- *Considérant que la FAA a publié des consignes de navigabilité pour prendre en compte ce phénomène sur certains types d'avions ;*

- *Considérant que la survenue d'événements tels que celui du F-0000 illustre la persistance du risque sur d'autres types d'avions que ceux concernés par les consignes de navigabilité émises par la FAA et met en défaut pour la gestion de ce risque l'efficacité globale du processus fondé sur la publication de SAIB et/ou SIB par les autorités de certification ;*

la FAA identifie parmi tous les types d'avions dont elle est autorité primaire de certification, ceux susceptibles d'être équipés des raccords de câble de commande de vol fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se et, pour ceux-là, impose des actions correctives adaptées ; [FRAN-2024-012]

l'AESA identifie parmi tous les types d'avions exploités par les États membres, ceux susceptibles d'être équipés des raccords de câble de commande de vol fabriqués en acier inoxydable AISI 303 Se et, pour ceux-là, impose des actions correctives adaptées, le cas échéant en coordination avec les autorités primaires de certification. [FRAN-2024-013]

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.