



Incident grave survenu au CESSNA – 340A
immatriculé **N340YZ**
le dimanche 6 février 2022
en croisière entre Lille - Lesquin (59) et Aix-les-Milles (13)

Heure	Vers 12 h 35 ¹
Exploitant	Privé
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Un pilote et trois passagers
Conséquences et dommages	Avion endommagé

Difficultés de contrôle en tangage en croisière en conditions givrantes, descente d'urgence et déroutement

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, des données radar ainsi que des données du calculateur Garmin TXI.

Le pilote prépare un vol au départ de l'aérodrome Lille - Lesquin à destination de l'aérodrome Aix-les-Milles sous plan de vol IFR². Il active la fonction de commande électrique du compensateur de profondeur (voir § 2.1.4) et met en fonctionnement les protections antigivrage. Il décolle, accompagné de trois passagers, à 12 h 02. Le pilote monte initialement vers le FL 110. Il engage le pilote automatique vers le FL 100. Pendant la montée, le pilote observe un léger dépôt de givre blanc sur le pare-brise. Il poursuit vers le FL 180 que l'avion atteint à 12 h 21. L'avion évolue par moment dans les nuages. Au FL 180, niveau de vol prévu pour la croisière, la vitesse indiquée est de 150 kt, la température enregistrée est de l'ordre de -15 °C. L'altitude est stable ; l'assiette de l'avion, contrôlée par le pilote automatique, fluctue entre 0 et 2°. Le pilote demande alors au contrôleur de monter vers le FL 200 pour voler au-dessus de la couche nuageuse.

À 12 h 28, le pilote commence la montée vers le FL 200, que l'avion atteint à 12 h 31. Il se trouve hors de la couche nuageuse. Le pilote observe que les bords d'attaque des ailes sont recouverts d'un givrage « léger » qu'il estime à un demi-centimètre d'épaisseur. Il décide de ne pas utiliser le système de dégivrage. La vitesse indiquée oscille autour de 150 kt (voir **Figure 8**) et la température est de l'ordre de -19 °C. La tenue d'altitude par le pilote automatique n'est plus aussi précise que précédemment. Elle oscille de + ou -100 ft autour du FL 200, avec une assiette qui fluctue entre -2 et +4°.

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

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

À 12 h 34 min 43, l'assiette atteint une valeur minimale de -3° et la vitesse verticale $-1\,450$ ft/min. Le pilote détecte une perte d'altitude de l'ordre de 200 à 300 ft et applique en réaction une légère action à cabrer sur le manche. L'avion revient vers le FL 200 et le pilote, ayant le sentiment que l'avion se comporte de manière anormale, déconnecte le pilote automatique. L'assiette augmente alors jusqu'à atteindre 5° à cabrer.

À 12 h 35 min 09, la vitesse verticale atteint $+1\,300$ ft/min. Le pilote indique qu'il pousse sur le manche et qu'il utilise la commande électrique du compensateur de profondeur pour trimmer à piquer. Cette action n'étant pas suivie d'effet, il désengage le trim électrique. Il tente alors d'utiliser la commande manuelle du compensateur de profondeur, mais elle lui semble bloquée. Il pousse alors énergiquement sur le manche en réduisant la puissance. Il explique qu'il suspecte un givrage du compensateur ou des gouvernes de profondeur et estime devoir perdre de l'altitude au plus vite pour retrouver des températures positives.

À 12 h 35 min 50, le pilote déclare une situation d'urgence et demande au contrôleur une assistance pour atterrir sur l'aérodrome le plus proche. Il décide de se dérouter sur l'aéroport Châlons-Vatry (51). Le pilote demande au passager assis à l'avant de l'aider à pousser sur le manche pour descendre avec l'objectif de maintenir une vitesse de 200 kt (VNO³). À 12 h 36 min 41, le pilote annonce à la radio que l'avion « vibre trop ». La vitesse verticale est alors de $-3\,000$ ft/min, la vitesse indiquée de 204 kt, au FL 163. D'après le pilote, malgré ses efforts conjugués à ceux du passager, l'avion ne peut pas atteindre la VNE⁴ (234 kt). La vitesse indiquée maximale atteinte lors de la descente est de 214 kt.

Le pilote surveille la température extérieure pendant la descente et il lui semble que, la température augmentant, l'avion retrouve un comportement normal. La température devient positive à un niveau inférieur au FL 50. Le pilote indique qu'il retrouve le contrôle total de l'avion vers 4 500 ft d'altitude. À cet instant, la température extérieure est de $+1^\circ\text{C}$. Il peut à nouveau utiliser le compensateur de profondeur, manuellement puis par la commande électrique.

À 12 h 56, le pilote atterrit sans autre incident à Châlons-Vatry. Un impact important sur le fuselage au droit du moteur gauche est visible (voir **Figure 6**).

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'avion

2.1.1 Généralités

Le Cessna 340A est un avion pressurisé pouvant embarquer six personnes. Il est équipé de deux moteurs à pistons Continental de 310 ch chacun. Le N340YZ n'est pas autorisé à voler en conditions givrantes connues⁵, car il n'est pas équipé d'un pare-brise chauffé électriquement. Une plaque située devant les manettes de puissance indique : « FLIGHT IN KNOWN ICING IS PROHIBITED WITH THIS AIRPLANE » (voir **Figure 1**).

³ Vitesse maximale structurelle en croisière.

⁴ *Velocity Never Exceed*, vitesse à ne jamais dépasser.

⁵ Ces conditions sont définies par l'AESA comme des conditions dans lesquelles de la glace est observée visuellement sur l'aéronef par le pilote ou identifiée par des capteurs de l'aéronef (GM1 NCO.OP.170(b)).



Figure 1 : panneau d'avertissement situé dans le poste de pilotage du N340YZ (Source : BEA)

Il est néanmoins doté des dispositifs d'antigivrage électriques des hélices, des sondes Pitot et de l'avertisseur de décrochage, d'un système de dégivrage du pare-brise par alcool isopropylique ainsi que d'un système pneumatique de dégivrage des bords d'attaque des ailes et de l'empennage horizontal.

2.1.2 Chaîne de commande des gouvernes de profondeur

L'avion est équipé de deux gouvernes de profondeur reliées par un tube de torsion. Leur commande est assurée par des câbles, qui sont guidés sous le plancher et à travers le fuselage par un système de poulies.

2.1.3 Chaîne de commande manuelle du compensateur de profondeur (trim)

Le compensateur de profondeur (voir **Figure 2**), est assuré par un tab de compensation fixé sur la gouverne de profondeur droite. Il est commandé manuellement par une molette située sur le côté gauche de la console centrale du cockpit (**Figure 2**, détail A) ou bien par une commande électrique située sur le manche du pilote (voir **Figure 3**). La molette de commande manuelle entraîne un pignon relié à une chaîne et des câbles qui sont guidés par des poulies à travers la console centrale, puis sous le plancher jusqu'à l'arrière de l'avion. Ces câbles actionnent une chaîne qui entraîne un vérin à vis (voir **Figure 2**, détail B), relié au tab de compensation.

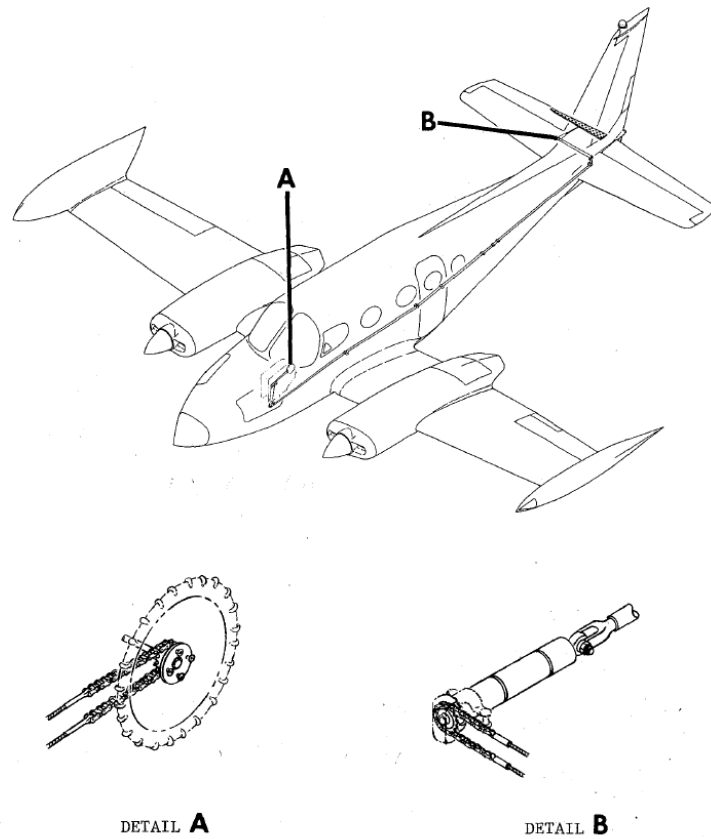


Figure 2 : compensateur de profondeur (Source : manuel de vol)

2.1.4 Chaîne de commande du trim électrique

Le volant du pilote intègre plusieurs commandes (voir **Figure 3**), dont :

- la commande de trim de profondeur électrique : lorsqu'elle est actionnée vers l'avant (position DN), le tab s'oriente de manière à provoquer une variation d'assiette à piquer ; lorsqu'elle est actionnée vers l'arrière (position UP), le tab induit une variation d'assiette à cabrer ;
- un interrupteur de désengagement du trim électrique.

Le volant comporte également un interrupteur de désengagement du pilote automatique⁶.

⁶ En opération normale, le désengagement du pilote automatique est réalisé préférentiellement en utilisant cet interrupteur. L'engagement du pilote automatique est réalisé à l'aide de l'interrupteur ON/OFF situé sur la console centrale, sous les manettes de puissance.



Figure 3 : volant du N340YZ (Source : BEA)

L'actionneur du trim électrique (voir **Figure 4**, détail D) est installé dans la queue de l'avion. Le câble du trim est enroulé autour d'un tambour relié à l'embrayage de l'actionneur. Lorsque la commande du trim électrique est actionnée vers le haut ou vers le bas, le moteur électrique de l'actionneur entraîne l'embrayage qui fait tourner le câble du trim.

Il est possible de surpasser le moteur électrique en agissant sur la molette de commande manuelle située sur le côté gauche de la console centrale. L'interrupteur de désengagement du trim électrique peut aussi être utilisé et permet de désactiver l'actionneur électrique.

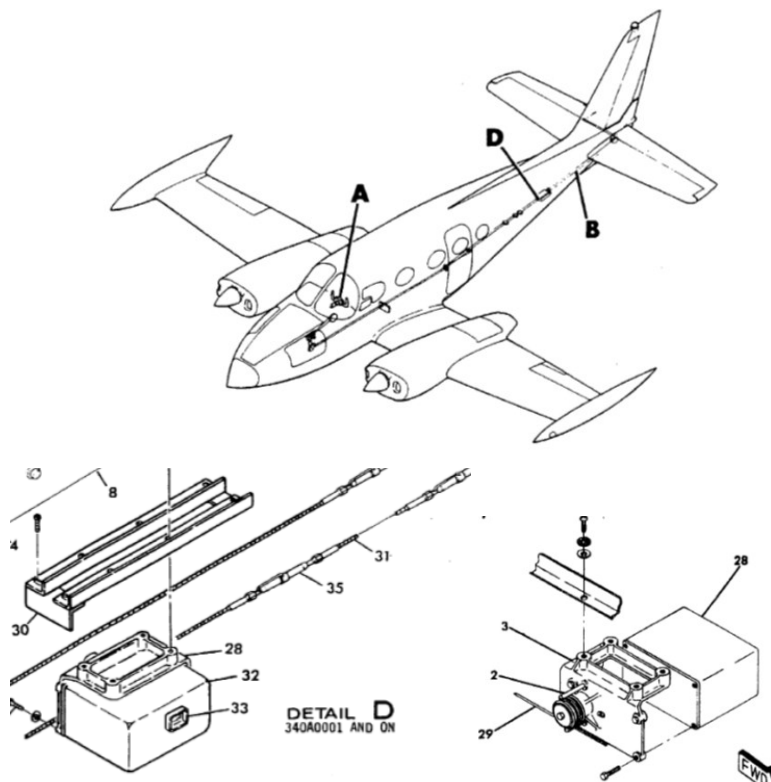


Figure 4 : actionneur du trim électrique (Source : manuel de maintenance)

2.1.5 Utilisation des systèmes d'antigivrage

Le manuel de vol préconise que les dispositifs d'antigivrage de la sonde Pitot et de l'avertisseur de décrochage soient activés au moins cinq minutes avant d'entrer dans des conditions de givrage potentielles (deux minutes si l'avion est au sol) afin que ces éléments soient suffisamment chauds pour prévenir la formation de glace.

Le système de dégivrage du pare-brise peut être utilisé comme un système antigivrage en fonctionnement continu et doit être utilisé de cette manière pendant l'approche à l'atterrissage. Cependant, l'autonomie maximale avec un réservoir de 3 gallons est d'environ une heure de fonctionnement continu. La vitesse indiquée devrait être de 140 kt ou moins pour obtenir les meilleurs résultats.

2.1.6 Utilisation des systèmes de dégivrage

Le système pneumatique de dégivrage fonctionne par cycle de gonflement et de dégonflement pour briser la glace accumulée. Le manuel de vol préconise qu'il soit activé lorsqu'une couche suffisamment importante de glace s'est accumulée, soit une épaisseur comprise entre 0,6 et 1,3 cm (1/4 à 1/2 pouce). L'opération peut être répétée au cours du vol si nécessaire.

2.1.7 Condition d'avitaillement à Lille avant le départ

Le pilote a indiqué que lors des préparatifs du départ du vol, une très forte averse l'avait conduit à interrompre l'avitaillement. Durant cet intervalle, l'avion était stationné de telle sorte que les empennages étaient exposés à une pluie soutenue. Il précise que la gouverne de direction est restée un long moment braquée à gauche, avec les gouvernes de profondeur en position basse de repos, c'est-à-dire à piquer.

2.1.8 Examen de l'avion après l'incident grave

Examen de la cellule

Un endommagement du fuselage est visible au droit du moteur gauche (voir **Figure 5** et **Figure 6**). La taille de l'endommagement est d'environ six centimètres de diamètre et un centimètre de profondeur. La projection d'un morceau de glace, accumulée sur une ou des pales d'hélice lors de la traversée d'une zone givrante par l'avion, peut causer ce genre de dommage.

Le système d'antigivrage des hélices a été testé par l'atelier avant et après le vol de l'incident grave et son fonctionnement était nominal. L'atelier de maintenance a indiqué que cet endommagement n'était pas présent lors du dernier passage de l'avion dans leur atelier la veille du vol de l'accident.

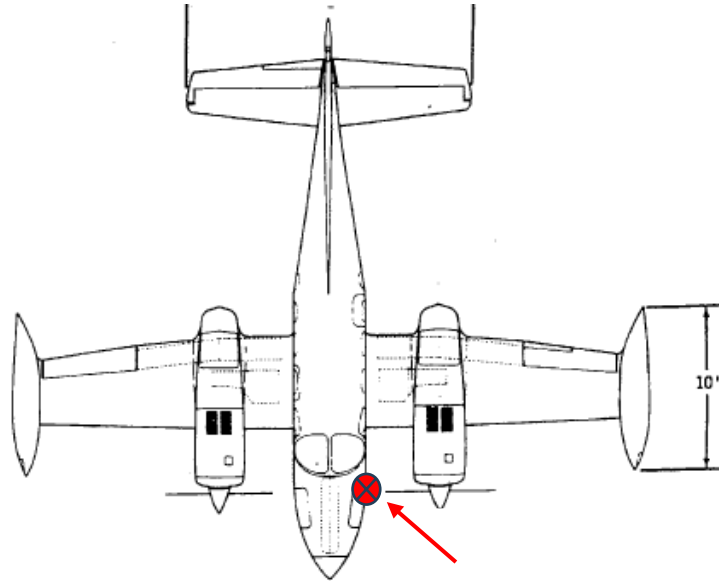


Figure 5 : emplacement de l'impact sur le fuselage (Source : manuel d'entretien du Cessna 340A)



Figure 6 : photos de l'impact de glace sur le fuselage au droit du moteur gauche (Source : BEA)

Examens des commandes de vol

Les examens de la chaîne de commande des gouvernes de profondeur et de celle du compensateur de profondeur n'ont révélé aucune anomalie susceptible d'entraîner un dysfonctionnement.

Le BEA a prélevé la graisse du vérin actionnant le compensateur de profondeur, ainsi que de la graisse neuve utilisée par l'atelier. Ces échantillons ont été analysés par un laboratoire. Il a été déterminé que :

- la graisse usagée présente les mêmes caractéristiques que la graisse neuve ;
- ses caractéristiques correspondent bien à celles mentionnées dans la documentation de Cessna ;
- la teneur en eau de la graisse usagée est très faible et exclut très probablement un blocage de l'actionneur du compensateur de profondeur dans des conditions givrantes.

En conclusion, les différents examens n'ont pas permis de mettre en évidence d'élément susceptible d'expliquer un blocage des gouvernes de profondeur ou du compensateur de profondeur en vol.

2.2 Renseignements sur le pilote et le passager avant et témoignages

2.2.1 Pilote

Le pilote, âgé de 72 ans, est détenteur d'une licence de Pilote de Ligne ATPL(A) depuis 1969 et d'un PPL(A) avec les qualifications SEP, IRSE(PBN) et IRI(A)⁷ valides. Il totalisait environ 23 000 heures de vol. Il n'avait pas renouvelé sa qualification IRME⁸ depuis fin 2013. Il détenait un certificat médical classe 2 valide.

Le pilote indique que lors du vol aller de la veille, les conditions météorologiques étaient « excellentes » et que la totalité du vol avait été conduite en conditions VMC. Il indique que les prévisions météorologiques qu'il avait recueillies le matin du vol retour indiquaient des conditions « peu encourageantes » au départ du fait notamment de la pluie, mais qu'elles ne posaient pas de problème particulier par la suite, avec notamment une situation très favorable à l'arrivée à Aix-en-Provence.

Le pilote estime que seul, il ne serait pas parvenu à mettre l'avion en descente.

2.2.2 Passager assis en place avant

Le passager avant, âgé de 74 ans, est détenteur d'une licence de pilote privé PPL(A) depuis 2010 assortie d'une qualification MEP à jour. Il volait régulièrement en VFR sur le N340YZ. Il était le propriétaire du N340YZ.

2.3 Renseignements sur les conditions météorologiques

2.3.1 Préparation du vol

Le pilote a indiqué qu'il avait uniquement utilisé le site « gramet » qui fournit des indications telles que l'épaisseur de la couche nuageuse et les altitudes de givrage possibles pour préparer le vol.

La carte TEMSI de 12 h UTC (voir **Figure 7**) prévoyait au nord de la France :

- du givrage modéré au-dessus des FL 40 à FL 60 ;
- de la pluie et de la bruine ;
- un ciel couvert et des nuages en couche au-dessus du FL 10 ;
- une isotherme 0 °C au FL 50.

⁷ Instructeur avion de qualification de vol aux instruments

⁸ Cette qualification est nécessaire pour réaliser un vol en régime IFR sur le N340YZ en tant que commandant de bord.

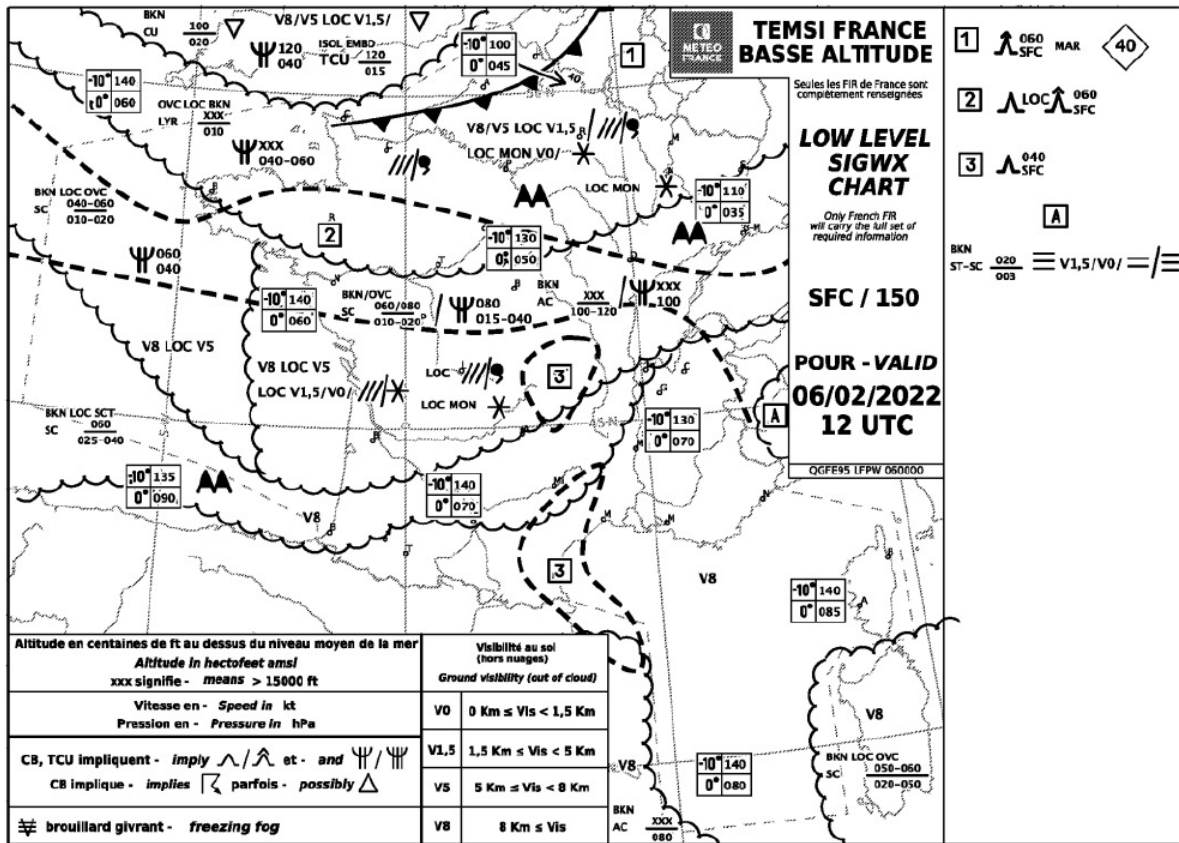


Figure 7 : carte TEM SI de 12 h UTC

2.3.2 Conditions météorologiques rencontrées

Lors de la première montée et de la descente, d'après les profils verticaux calculés par le modèle AROME de Météo-France, l'avion a pu, avec une probabilité faible, rencontrer une tranche de givrage fort d'une épaisseur d'environ 3 000 ft située autour du FL 80.

Dans la zone de vol en croisière, le modèle permet de déceler une tranche d'air instable avec des nuages cumuliformes, dont la base se situait vers le FL 160 et le sommet vers le FL 260 et qui pouvaient être le siège d'un givrage modéré à fort.

2.4 Analyse des données enregistrées

Les informations suivantes sont issues des données enregistrées par le calculateur GARMIN TXI de type EFIS. Les paramètres moteurs, les positions des gouvernes et des trims, l'engagement du pilote automatique et les modes associés ne sont pas enregistrés.

À partir du moment où l'avion est arrivé au FL 200, des oscillations assez marquées sur l'altitude, la vitesse et l'assiette sont présentes. L'amortissement du système d'asservissement du pilote automatique semble alors ne plus avoir été efficace. Néanmoins, le constructeur de l'avion indique que les données disponibles ne permettent pas d'affirmer avec certitude que ce comportement est révélateur d'un compensateur de profondeur bloqué.

De telles oscillations ne sont pas observées lors de la phase de croisière au FL 180 quelques minutes auparavant. Plus généralement, avant l'apparition des oscillations au FL 200, les données enregistrées ne mettent pas en évidence de variations anormales des paramètres de vol, telles qu'une dégradation progressive de la vitesse ou une augmentation de l'assiette en palier par exemple.

La vitesse indiquée lors de la croisière au FL 180 et au FL 200 est en moyenne d'environ 150 kt. D'après le manuel de vol, cette vitesse semble cohérente avec les paramètres moteurs que le pilote indique avoir affichés.

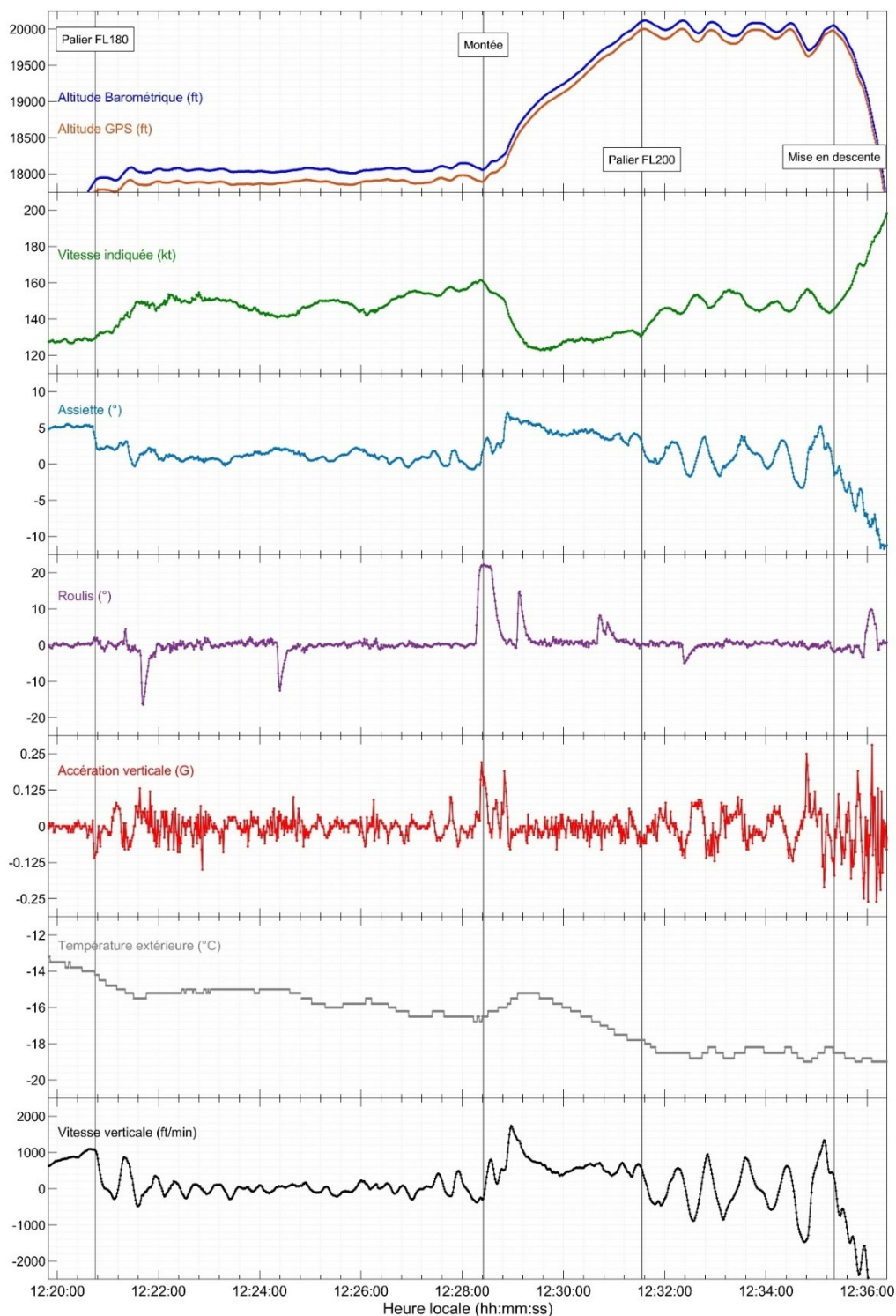


Figure 8 : données de vol enregistrées par le calculateur Garmin TXI

2.5 Procédures associées à la gestion d'un blocage de compensateur de profondeur et des gouvernes de profondeur

Le constructeur n'a pas publié de document concernant les blocages de compensateur de profondeur ou des gouvernes de profondeur pour le Cessna 340A. Il indique ne pas avoir connaissance d'événement de ce type avec ce modèle d'avion. Il ajoute que si le compensateur de profondeur devenait inutilisable, le pilote pourrait contrôler le tangage de l'avion en utilisant les gouvernes de profondeur.

Enfin, le constructeur de l'avion recommande d'inspecter annuellement les drains du fuselage et les tubes de drainage de l'empennage pour vérifier qu'ils sont bien dégagés afin de permettre l'évacuation de l'eau qui se serait accumulée après une forte pluie. Les drains n'ont pas été examinés à la suite de l'événement.

2.6 Événement similaire

Le BEA a publié un rapport concernant un incident grave similaire survenu au Beech 1900 D immatriculé [F-GLNH](#) le 10 décembre 2021. En croisière, l'équipage avait été confronté à un blocage du compensateur de profondeur et avait ressenti de la dureté sur la commande de profondeur. Avant le décollage, une forte averse avait probablement permis l'infiltration d'eau dans le fuselage, augmentant l'humidité dans les zones non pressurisées et non réchauffées. Lors de la montée, l'avion avait traversé une masse d'air très froide et humide, favorisant la formation de glace. Cette glace avait pu se former aux passages des câbles ou des tiges de commande du compensateur et de la profondeur et entraîner des frictions importantes ou des blocages, perturbant le bon fonctionnement des commandes.

3 CONCLUSIONS

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

Scénario

Lors des préparatifs du vol, une très forte averse de pluie avait conduit le pilote à interrompre l'avitaillement. L'empennage était alors resté exposé à une pluie soutenue. Après son décollage de Lille-Lesquin réalisé sous la pluie, le pilote indique qu'il a identifié la présence de dépôts de givre sur le pare-brise lors de la montée, et sur le bord d'attaque des ailes lors de la mise en palier au FL 200. L'épaisseur de ces dépôts n'était toutefois pas suffisante, selon le pilote, pour mettre en œuvre les dispositifs de dégivrage pneumatiques des bords d'attaque.

Les paramètres de vol mettent en évidence des oscillations en altitude et en vitesse lors de la mise en palier au FL 200. Le pilote rapporte que la commande du compensateur de profondeur électrique n'était plus efficace et que la commande manuelle était bloquée. Les examens réalisés n'ont pas permis de mettre en évidence d'élément susceptible d'expliquer un tel blocage. Le compensateur de profondeur a probablement été bloqué par de l'eau qui se serait solidifiée pendant la montée vers le FL 200, réalisée à une vitesse indiquée moyenne de 130 kt.

Ceci a probablement dégradé la tenue d'altitude par le pilote automatique et engendré des oscillations anormales en tangage qui ont amené le pilote à désengager le pilote automatique et réaliser une descente rapide pour rejoindre une tranche d'altitude où régnaient des températures positives. La vitesse indiquée était d'environ 200 kt lors de la descente. Le pilote, aidé par son passager, a dû exercer un effort à piquer important sur le manche jusqu'à ce que l'avion atteigne une altitude d'environ 4 500 ft où régnaient des températures positives. La commande manuelle, puis électrique, du compensateur de profondeur est redevenue opérante.

Enseignements de sécurité

Gestion de la descente en cas de givrage d'une gouverne

En cas de suspicion de givrage affectant une gouverne ou sa chaîne de commande, si l'altitude de sécurité le permet, une descente vers des altitudes où la température est positive peut permettre de récupérer le contrôle de la gouverne. Dans le cas d'un blocage du compensateur de profondeur, la gestion de la vitesse lors de la descente doit tenir compte à la fois des efforts au manche soutenables par le pilote et des vitesses maximales (VNO, VNE) et minimales en conditions givrantes.

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.