

**Perte de contrôle par conditions givrantes, rupture en vol,
collision avec le sol**

Aéronef	Avion Pilatus PC-12/47 immatriculé HB-FPZ
Date et heure	24 août 2012 vers 16 h 00 ⁽¹⁾
Exploitant	Air Sarina
Lieu	Solemont (25)
Nature du vol	Aviation générale, affaires
Personnes à bord	Pilote, trois passagers
Conséquences et dommages	Pilote et passagers décédés, avion détruit

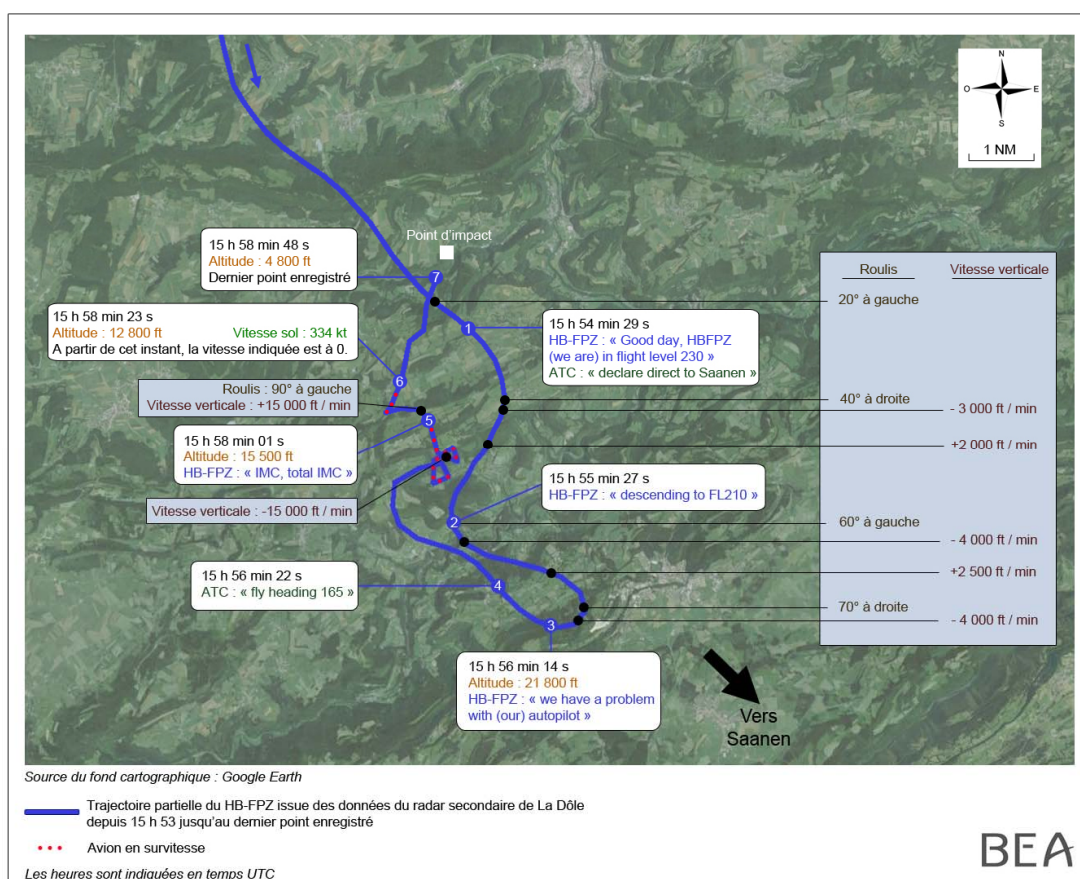
⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC).

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote décolle d'Anvers (Belgique) vers 14 h 40 à destination de Saanen (Suisse) où il doit déposer ses trois passagers. Le vol est réalisé sous plan de vol IFR puis VFR, à une altitude de croisière de 26 000 ft.

Après environ 1 h 15 min de vol, encore en IFR, le contrôleur de Genève autorise le pilote à descendre vers le FL 210 et à faire route vers Saanen en vue de l'approche. Peu après, les données radar montrent que l'avion s'écarte de la trajectoire prévue. A la suite d'une interrogation du contrôleur, le pilote fait état d'un problème de pilote automatique. Le contrôleur lui demande alors de suivre le cap 165°, ce que collationne le pilote, puis lui demande « *si c'est bon pour la sécurité* ». Le pilote répond qu'il a un « *gros problème* ». Les données radar montrent des virages serrés en descente. Au cours de ces évolutions, le pilote indique qu'il est « *totalement en IMC* » en réponse à une demande du contrôleur. Lors de cette communication, l'alarme de survitesse de l'avion peut être perçue. L'avion est alors en descente à 15 500 ft/min. Une dizaine de secondes plus tard, il est en montée à 15 500 ft/min. L'aile droite se rompt une vingtaine de secondes après. La vitesse indiquée est alors de 274 kt et l'altitude de 12 750 ft.

L'épave est retrouvée dans un bois sur la commune de Solemont (25). Un morceau de l'aile droite est retrouvé à environ 2,5 km de l'épave principale ; des débris, tous issus de l'aile droite, sont retrouvés sur un axe sud-ouest / nord-est. L'élément le plus lointain est retrouvé à 10 km du site principal.



2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Examens de l'épave

Les examens réalisés sur le site de l'accident et sur l'épave ont permis d'établir les faits suivants :

- ☐ l'avion a heurté le sol avec une vitesse indiquée de 305 kt (anémomètre marqué) et une assiette à piquer de l'ordre de 80° ;
- ☐ une partie de l'aile droite de l'avion s'est rompue en vol et désolidarisée du reste de la cellule ;
- ☐ les commandes de vol étaient continues au moment de la rupture en vol ;
- ☐ le longeron avant de l'aile droite est rompu par surcharge et ne présentait pas d'endommagement antérieur ;
- ☐ l'état des embrayages du pilote automatique sur les trois axes indique que ce dernier était probablement déconnecté au moment de la collision avec le sol ;
- ☐ la violence de la collision ne laissait pas de possibilité de survie aux occupants.

En outre, une analyse spectrale des communications avec le contrôleur a permis d'indiquer que le moteur fonctionnait de façon nominale.

2.2 Renseignements sur le pilote

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote professionnel depuis 2005. Il volait sur PC-12 depuis mai 2004 et avait obtenu sa qualification de vol aux instruments en 2005. Il détenait par ailleurs des qualifications d'instructeur (avion et montagne) et d'examineur (avion).

L'expérience du pilote se répartissait comme suit :

- ☐ 5 971 heures de vol ;
- ☐ dont 5 691 heures de vol en qualité de commandant de bord ;
- ☐ 1 785 heures de vol sur PC-12 ;
- ☐ 1 226 heures de vol en IFR.

Un proche, pilote également, a indiqué que le pilote était à l'aise avec l'utilisation des automatismes comme en pilotage manuel et qualifiait son pilotage de « *souple sur les commandes* ». Il connaissait bien le fonctionnement du radar météo et contournait toujours largement les cellules orageuses.

L'enquête n'a pas permis de déterminer l'expérience de vol en IMC du pilote. Il a été déclaré apte lors de ses derniers vols de prorogation de qualification de type et de vol aux instruments. Seul un ajournement a été prononcé concernant la prorogation de la qualification de vol aux instruments en 2007. L'échec était lié à un manque d'entraînement aux approches.

2.3 Renseignements météorologiques

Lorsque le pilote est autorisé à descendre par le contrôleur de Genève, l'avion évolue dans une zone orageuse.

La carte TEMSI EUROCC valide à 15 h fait état des informations suivantes dans la région de l'accident :

- ☐ une couche nuageuse s'étendant de 3 000 ft au FL 400 ;
- ☐ des cumulonimbus noyés dans la masse dont le sommet atteint le FL 400 ;
- ☐ des averses de pluie et de grêle ;
- ☐ du givrage modéré entre les FL 130 et 230 ;
- ☐ une isotherme 0° au FL 130.

La carte TEMSI France indique également que le pilote a traversé des zones de pluie pendant la montée après le décollage de Belgique.

Les messages de prévisions et d'observations des aérodromes à proximité de la route suivie font état d'orages, de précipitations et de cumulonimbus.

L'analyse faite par Météo France après l'accident mentionne l'existence de zones de givrage fort le long du Jura, liées à la présence de cellules convectives. Elle indique également « *une atmosphère très humide voire saturée* ». La zone de givrage fort couvre la zone de l'accident.

Note :

- ☐ La répartition des débris de l'aile droite est cohérente avec la direction du vent au moment de l'accident.
- ☐ L'avion est certifié pour le vol en conditions givrantes connues. Il est équipé d'un radar météo et d'un système de dégivrage. L'enquête n'a pas permis de déterminer l'état de fonctionnement de ces systèmes au moment de l'accident.

Un proche du pilote a indiqué qu'il avait l'habitude d'utiliser des supports numériques pour consulter les informations météorologiques. L'enquête n'a pas permis de déterminer les éléments dont disposait le pilote pour préparer et conduire son vol.

2.4 Autres événements

❑ Défaillance du pilote automatique sur le HB-FPZ

- Le pilote avait signalé à Pilatus qu'au cours d'une approche ILS sous pilote automatique quelques jours avant l'accident, l'avion s'était mis soudainement en virage à gauche. Le pilote avait alors déconnecté le pilote automatique et poursuivi l'approche sans difficulté. L'avion devait être acheminé chez Pilatus le lundi suivant l'accident pour y être examiné. Le pilote n'avait pas rapporté d'autres problèmes de pilote automatique.

❑ Difficultés de contrôle en roulis sur un PC-12 au Canada

- Pilatus a été notifié d'un incident survenu en février 2012 au Canada. Peu après le décollage, le pilote a volé quinze minutes environ sous une pluie intense, avant d'être autorisé à monter et effectuer sa croisière au FL 260. Le pilote a alors noté de légères oscillations en roulis et en assiette. Pensant à un problème de pilote automatique, il l'a déconnecté. En reprenant les commandes, il a constaté que le pilotage en roulis nécessitait des efforts importants, comme si le pilote automatique était resté connecté. Le pilotage en tangage était normal. L'utilisation de tous les moyens de déconnection du pilote automatique, y compris le disjoncteur, restaient sans effet sur la rigidité constatée sur la commande de roulis. Une tentative de reconnexion du pilote automatique a déclenché l'allumage d'une alarme relative au fonctionnement du pilote automatique sur l'axe de roulis.

Lors de la descente, le pilotage en roulis est redevenu normal en passant 5 000 ft, alors que la température extérieure était de -1°. Le vol a été poursuivi sans incident.

Au sol, de l'humidité a été retrouvée au niveau d'un guide de la bielle de commande d'aileron. La rigidité de la commande en roulis a été alors attribuée au givrage de l'eau présente à cet endroit lorsque l'avion a évolué dans un air plus froid.

Des essais réalisés au sol par Pilatus ont montré que lorsque de l'eau s'infiltrait dans cette zone et gelait, les efforts nécessaires pour actionner les ailerons étaient augmentés d'environ 31 N. En vol à une vitesse indiquée de 180 kt, ces efforts sont de 97 N, ce qui reste inférieur à la limite de 222 N imposée par la certification pour un effort temporaire.

2.5 Manuel de vol

Le manuel de vol de l'avion indique, dans la section 2 *Limitations, partie Conditions Givrantes fortes*, que, lorsque le vol se fait en conditions givrantes connues, une attention doit être portée aux indications tactiles comme un durcissement des commandes afin de vérifier que ces efforts ne sont pas masqués par l'utilisation du pilote automatique. Il est recommandé de déconnecter ce dernier à intervalles réguliers afin de détecter un durcissement anormal.

Le manuel indique qu'en cas de dysfonctionnement du pilote automatique, sa déconnection peut engendrer des efforts importants. Ces derniers peuvent être compensés en agissant manuellement sur les compensateurs.

Le manuel précise également que l'utilisation du pilote automatique est interdite à la suite d'un fonctionnement anormal ou d'une panne de ce dernier et tant qu'une opération de maintenance corrective n'a pas été réalisée.

Il n'a pas été possible de déterminer si le pilote avait connaissance et conscience de ces informations.

2.6 Données disponibles

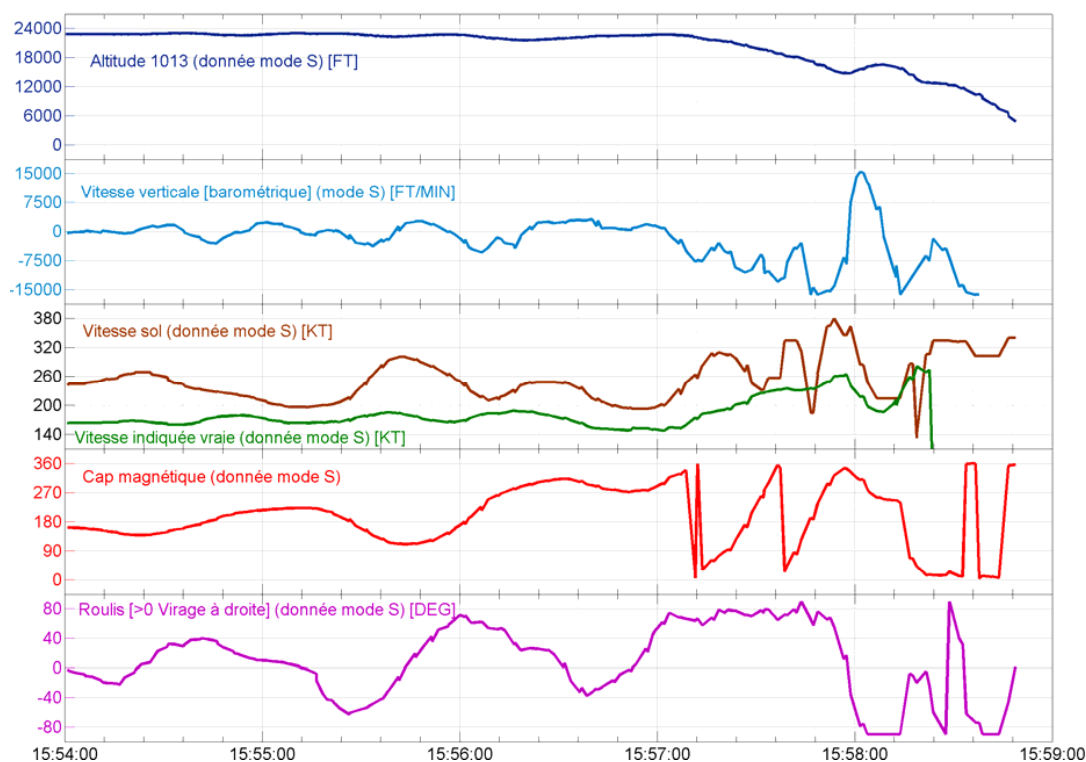
L'avion n'était pas équipé d'enregistreurs de vol, la réglementation ne l'exige pas.

Il était équipé d'un EGPWS et d'un CAWS (Central Advisory and Warning System) pouvant enregistrer des alarmes et certains paramètres de vol. Leur destruction totale lors de l'accident n'a pas permis d'en extraire de données.

L'avion était équipé également d'un transpondeur mode S étendu. Le mode S basique permet de transmettre l'identification, l'altitude et le code transpondeur de l'avion. Le mode S étendu transmet en plus des paramètres de vol mesurés par les instruments de l'avion (vitesse indiquée, roulis, vitesse verticale, cap magnétique notamment).

A la date de l'accident, ces données étendues n'étaient pas traitées en temps réel par les radars français. Les radars sont capables de réaliser une surveillance étendue recevant les paramètres de cap, de vitesse, de route, de roulis et d'altitude sélectionnée de l'avion. Cette capacité n'est cependant activée que sur un radar, à des fins de tests et d'études. La limitation de la bande passante actuelle du réseau de communication de la DSNA ne permet pas une activation généralisée de ces capacités. Cette dernière est prévue pour la fin de l'année 2015. A cette date, les données de la surveillance étendue seront alors centralisées et enregistrées.

Les radars suisses ont enregistré les données étendues de l'avion pendant ses trente dernières minutes de vol. Celles-ci montrent des oscillations lentes (périodes comprises entre 45 et 80 secondes) et d'amplitude croissante du roulis et de la vitesse verticale. Ces oscillations semblent débiter avant l'enregistrement du mode S et avant que le pilote ne fasse part de ses difficultés au contrôleur de Genève. La période et l'amplitude de ces variations suggèrent qu'elles ne sont pas liées à des turbulences et que le pilote automatique n'était pas connecté.



Paramètres de vol mode S étendu du HB-FPZ (heures UTC)

2.7 Vol en conditions givrantes

⁽²⁾Cette circulaire n'est pas propre au PC12.

Transports Canada a publié en mai 2010 une circulaire d'information⁽²⁾ à l'attention des exploitants aériens. Le document vise à aider les exploitants à définir leurs programmes de formation et à « sensibiliser davantage les pilotes aux dangers réels liés au vol dans des conditions givrantes ».

Cette circulaire précise notamment :

- ☐ « Le signe annonciateur d'un roulis intempestif pour un pilote est de constater, après avoir débranché le pilote automatique lorsqu'il évolue dans des conditions givrantes, que ses ailerons sont mous ou réagissent anormalement à ses sollicitations ».
- ☐ La circulaire préconise, en guise de mesure correctrice, de « débrancher le pilote automatique et reprendre le pilotage manuel de l'avion. Le pilote automatique peut masquer d'importants indices ou peut se débrancher lui-même lorsque l'effort déployé dépasse les limites et le pilote se retrouve alors face à des assiettes et des efforts brusques et inhabituels ».
- ☐ « Lorsque le pilote automatique est utilisé en conditions de givrage, il peut masquer des changements de performance causés par les effets aérodynamiques du givrage, qui autrement seraient détectés par le pilote si l'avion était piloté manuellement. Il est fortement recommandé que les pilotes débraient le pilote automatique et pilotent l'avion manuellement lorsqu'ils volent dans des conditions de givrage. Si cela n'est pas désirable pour des raisons de sécurité, telles que trop de travail au poste de pilotage ou lors d'opérations avec un seul pilote à bord, les pilotes devraient surveiller de près le pilote automatique. Cela peut se faire en débrayant fréquemment le pilote automatique tout en tenant fermement le volant de commande. Le pilote devrait alors pouvoir sentir tout changement d'assiette et être mieux en mesure d'évaluer l'effet de toute accumulation de glace sur la performance de l'avion ».

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Diagnostic du pilote et perte de contrôle

Les oscillations et attitudes inusuelles de l'avion sont présentes dans les premiers instants de l'événement, avant que le pilote ne fasse état de problème de pilote automatique au contrôleur aérien. En outre, les attitudes successivement prises par l'avion sont incompatibles avec le fonctionnement seul du pilote automatique, même bloqué dans une position. Celui-ci était donc probablement déconnecté au cours des oscillations. En revanche, cette situation et le cas récent de dysfonctionnement du pilote automatique ont pu conduire le pilote à diagnostiquer à tort une panne de ce dernier, expliquant ainsi les messages transmis au contrôleur de Genève.

Les informations météorologiques disponibles font état de conditions givrantes probables dans la zone de l'accident. Il n'est pas possible de déterminer la gravité du phénomène, qui a pu néanmoins engendrer le givrage de la cellule de l'avion. Les oscillations en altitude et en vitesse montrées par les données du mode S étendu sont cohérentes avec une contamination de la cellule et/ou de la voilure par du givre. L'incident survenu au Canada présente quant à lui des similitudes avec cet accident (conditions météorologiques, oscillations en altitude et en vitesse) mais il ne peut être établi avec certitude que le même phénomène se soit reproduit.

Il est alors possible que le pilote ait rencontré des difficultés de contrôle de la trajectoire en raison du givre accumulé sur la voilure et/ou autour de la commande d'aileron. Cette contamination a pu conduire le pilote à exercer des actions inadaptées sur les commandes, à travers notamment une sur-correction des écarts d'attitudes de l'avion.

Deux hypothèses pourraient expliquer la perte de contrôle de l'avion alors que la cellule est contaminée par du givrage ou que la commande d'aileron est rendue dure par de la glace :

- ☐ le pilote ayant des difficultés à maîtriser sa trajectoire, il est possible que l'avion soit rentré dans un cumulonimbus ou des turbulences fortes, rendant l'avion incontrôlable ;
- ☐ le pilote, a pu sur-corriger les oscillations en roulis et en altitude, conduisant à une amplification du phénomène au lieu de son amortissement.

La vérification périodique en vol des commandes de vol ou l'absence d'utilisation du pilote automatique à la suite de son dysfonctionnement, comme le prévoit le manuel de vol, aurait pu améliorer la conscience de la situation du pilote et contribuer à prévenir la perte de contrôle.

3.2 Enregistreurs de bord sur les aéronefs légers

L'emport d'enregistreurs de bord sur les avions à turbomachines de masse maximale certifiée au décollage égale ou inférieure à 5 700 kg et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré après le 1^{er} janvier 2016 est recommandée par l'Annexe 6 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale sur l'Exploitation technique de aéronefs. Par ailleurs, plusieurs recommandations de sécurité ont été émises par des autorités d'enquête pour étendre l'emport d'enregistreur à d'autres types d'aéronefs.

Ce sujet est actuellement étudié par l'AESA au travers d'une tâche réglementaire (RMT.0271 Recorders for Small Aircraft) débutée en 2013 et dont l'achèvement est prévu en 2016.

Il est à noter, par ailleurs, que depuis le numéro de série 1271, les PC-12/47E sont équipés d'enregistreurs combinés CVFDR protégés.

Cette tâche réglementaire étant en cours à l'AESA, il n'est pas émis à ce stade de recommandation de sécurité.

3.3 Causes

La rupture en vol de l'aile droite est due à un dépassement des charges admissibles par la structure de l'avion au cours de la perte de contrôle par le pilote.

En l'absence d'enregistreurs de bord, l'enquête n'a pas permis de déterminer les causes de cette perte de contrôle. Il est possible qu'elle ait été induite par une perte de conscience de la situation du pilote aux commandes d'un avion affecté par un phénomène de givrage. Ce phénomène a pu toucher la voilure de l'avion ou une zone localisée autour de la commande de roulis.