



Accident de l'avion EMBRAER – EMB-500
immatriculé **9H-FAM**
survenu le 8 février 2021
à Paris-Le Bourget (93)

Heure	Vers 10 h ¹
Exploitant	Luxwing
Nature du vol	Transport commercial de passager
Personnes à bord	Commandant de bord (PM), copilote (PF), un passager
Conséquences et dommages	Avion détruit

Note : un glossaire est disponible en annexe du rapport.

**Décrochage en courte finale par conditions givrantes,
atterrissage dur, rupture des trains principaux et du train
avant, incendie, sortie latérale de piste**

1	Organisation de l'enquête.....	- 2 -
2	Déroulement du vol	- 2 -
3	Renseignements sur l'avion et ses systèmes.....	- 4 -
4	Renseignements sur l'exploitation	- 13 -
5	Conclusions	- 18 -
6	Recommandations	- 21 -

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

1 ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale et au règlement européen (UE) n°996/2010 relatif aux enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, les autorités d'enquêtes des pays suivants ont été informées et ont désigné des représentants accrédités :

- Brésil (CENIPA) en tant qu'État de construction de l'aéronef ;
- Malte (BAAI) en tant qu'État d'immatriculation de l'aéronef.

Le Brésil et Malte ont également désigné des spécialistes du constructeur (Embraer) et de l'exploitant (LUXWING) en tant que conseillers techniques.

Après la phase de consultation du projet de rapport final, à la demande du CENIPA, les observations formulées par le Brésil ont été annexées au présent rapport (voir annexe 1).

2 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de vol phonique (CVR) et de paramètres (FDR), des témoignages et des enregistrements des radiocommunications.

L'équipage, composé d'un commandant de bord (CDB) et d'un copilote, effectue un vol de transport commercial de passager au départ de Venise (Italie) et à destination du Bourget (France). Il décolle de Venise à 8 h 17 avec un passager à bord. Pour cette étape, le copilote est PF.

Au cours du vol, l'équipage échange sur les conditions météorologiques prévues à l'arrivée et mentionne la possibilité de neige et de contamination de la piste. Il effectue un test du système d'anti-givrage de l'avion et constate qu'il fonctionne.

Entre 9 h 16 et 9 h 20, l'équipage détermine les vitesses à suivre pour l'approche et l'atterrissage en consultant les abaques du Manuel de vol. Il retient les vitesses de 97 kt pour la VRef, 102 kt pour la VAC et 121 kt pour la VFS². Les valeurs de ces vitesses correspondent à celles adaptées à un atterrissage dans des conditions non givrantes.

À 9 h 20, l'avion est au FL 340, l'équipage écoute l'ATIS du Bourget qui mentionne notamment la présence de givrage sévère entre 3 000 et 5 000 ft. Le CDB indique au copilote qu'il n'y a finalement pas de neige comme cela était prévu et évoque le givrage en expliquant que ce phénomène est courant au Bourget.

L'équipage effectue le briefing arrivée et prévoit une approche ILS pour la piste 27 avec les volets en configuration « FULL » avec le pilote automatique engagé.

² Le manuel de vol de l'avion définit ces vitesses comme étant les vitesses suivantes : VRef: *Landing Reference Speed*, VAC: *Approach Climb Speed*, VFS: *Final Segment Speed*.

À 9 h 50, l'équipage contacte le contrôleur d'approche de Paris-Charles de Gaulle qui l'autorise à descendre vers 5 000 ft. L'anti-givrage des moteurs et le système de désembuage/dégivrage du pare-brise sont activés. Le contrôleur autorise la descente vers 3 000 ft QNH puis l'approche ILS 27 du Bourget.

En palier à 3 000 ft QNH, l'avion intercepte le signal du *localizer* à environ 14 NM du Bourget. Le commandant de bord annonce l'activation du système de dégivrage des ailes et de l'empennage (*WINGSTAB*, voir § 3.3) et confirme qu'il observe de la glace accumulée se briser. Le copilote ajoute qu'il voit une petite partie se détacher de son côté. Le système de dégivrage est désactivé 21 s plus tard.

À 9 h 58, l'avion intercepte le signal du *glide* à environ 8,5 NM de l'aéroport du Bourget. L'équipage est transféré au contrôleur tour du Bourget qui l'autorise à l'atterrissage en piste 27 et lui communique un vent du 350° pour 4 kt.

À 10 h, l'avion est à 3,8 NM du Bourget, il passe 1 380 ft QNH en descente à -360 ft/min et à une vitesse indiquée de 135 kt. Les volets sont en configuration *FULL* et les trains d'atterrissage sont sortis. L'équipage effectue la check-list avant atterrissage. Le commandant de bord annonce que le système d'anti-givrage des moteurs est désactivé et ajoute qu'il pourrait aussi le laisser activé car la température est de 0 °C. Il annonce avoir la piste 27 en vue.

À 468 ft QNH à une vitesse air de 100 kt, l'approche est stabilisée et le pilote automatique est désengagé. À 10 h 01, peu avant d'atteindre la DH³ (200 ft), le commandant de bord annonce que l'avion est haut sur le plan.

Cinq secondes après le passage des 50 ft radio sonde, la vitesse de l'avion diminue de 94 vers 90 kt et l'angle d'incidence augmente de 10 vers 28°. L'avion s'enfonce brutalement, l'accélération normale atteint -0,4 G, la vitesse verticale augmente de -700 à -960 ft/min et le roulis alterne de 2° à gauche vers 10° à droite.

Le commandant de bord annonce qu'il reprend les commandes et débute une remise de gaz. L'alarme sonore de décrochage « STALL, STALL » s'active.

L'avion décroche en très courte finale avec une inclinaison à droite de l'ordre de 10° et touche durement la piste. Les enregistreurs de vol FDR et CVR s'arrêtent lors de l'impact⁴.

Un incendie se déclenche sous le fuselage au niveau de l'emplanture des ailes et l'avion glisse sur la piste puis s'immobilise sur la bordure gauche de la piste 27. Le service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes (SSLIA) éteint l'incendie et les occupants évacuent l'avion indemnes.

³ Hauteur minimale à laquelle le pilote décide de poursuivre l'atterrissage s'il a la piste en vue ou d'interrompre l'approche.

⁴ Cet enregistreur est équipé d'un capteur d'accélération qui stoppe les enregistrements lorsque l'accélération normale atteint un seuil de 5 G. L'enregistreur s'est arrêté lors de l'impact.

3 RENSEIGNEMENTS SUR L'AVION ET SES SYSTÈMES

3.1 Examen du site et de l'épave

L'observation des marques sur la piste, la répartition des débris et l'analyse des enregistrements vidéo des caméras de surveillance de l'aéroport du Bourget permettent de déterminer la séquence de l'accident après l'impact avec la piste :

- l'avion a touché la piste 10 m après le seuil décalé de la piste 27 avec une inclinaison à droite d'environ 10° ;
- le train droit s'est rompu et a traversé l'aile droite en perçant le réservoir de carburant ;
- le train avant s'est rompu ;
- l'avion a pris feu au niveau des moteurs et de l'emplanture de l'aile ;
- l'avion a glissé sur la piste sur une distance d'environ 1 050 m ;
- l'avion est sorti latéralement de piste par la gauche en pivotant en lacet et s'est immobilisé au cap 160° environ.

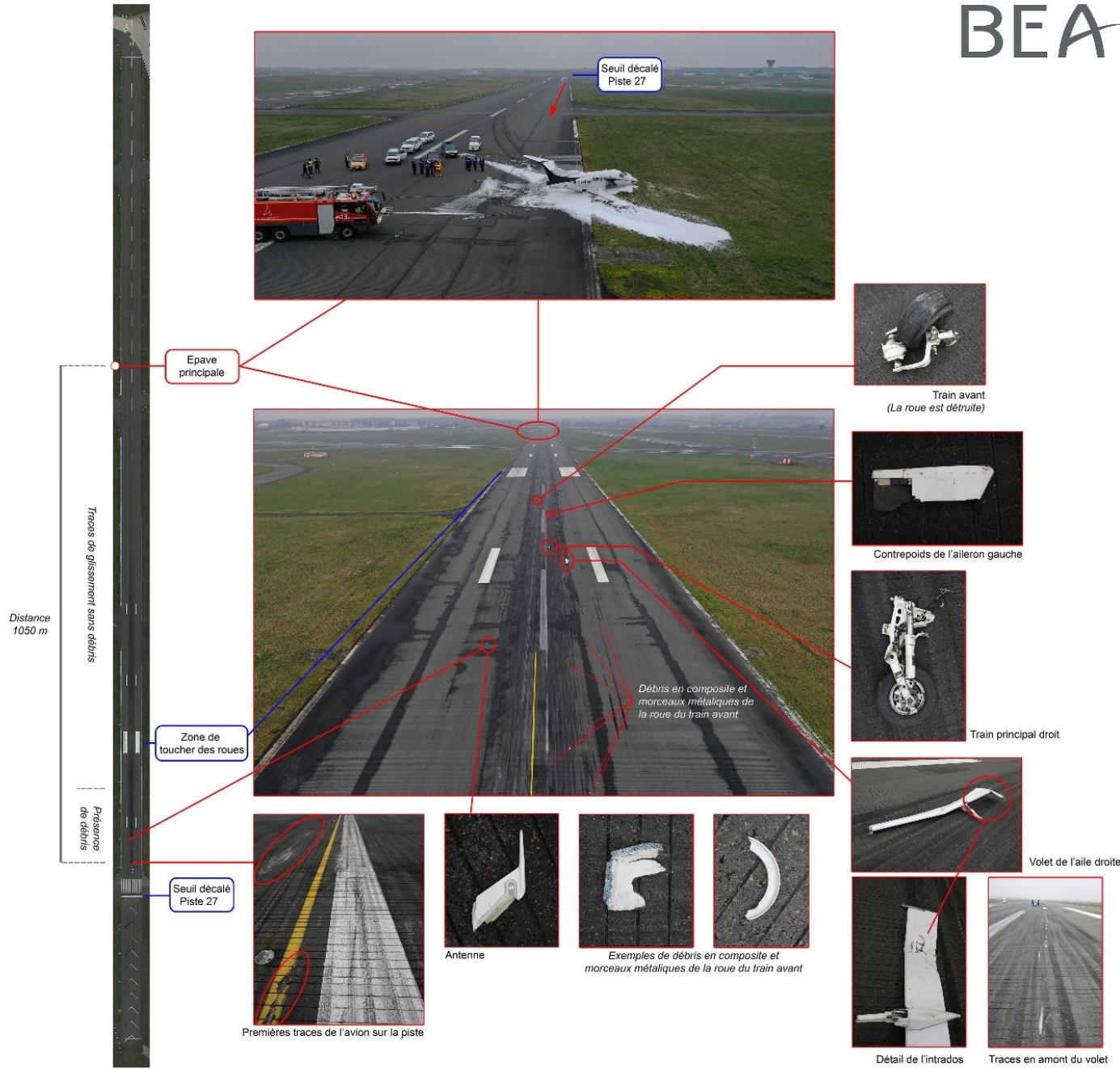


Figure 1 : répartition des pièces de l'avion sur la piste

L'équipe d'enquête du BEA a constaté sur site la présence d'une accumulation de glace sur les bords d'attaque de la voilure et de l'empennage.



Figure 2 : givrage sur le bord d'attaque de l'aile gauche encore observé trois heures après l'accident. Les traces blanches sur l'extrados de l'aile sont les résidus du produit utilisé par les pompiers. (Source : BEA)



Figure 3 : givrage sur le bord d'attaque du plan de profondeur encore observé trois heures après l'accident. (Source : BEA)

3.2 Généralités

L'Embraer EMB-500 « Phenom 100 » est un avion d'affaire léger certifié CS-23 permettant de transporter jusqu'à six passagers. C'est un avion à ailes basses, muni d'un empennage en "T" et équipé de deux turboréacteurs Pratt & Whitney Canada situés à l'arrière du fuselage.



Figure 4 : EMB-500 immatriculé 9H-FAM (Source : www.jetphotos.com)

Constructeur	EMBRAER
Type	EMB-500 Phenom 100
Numéro de série	50000100
Moteurs	2 Pratt & Whitney Canada PWF617-E
Immatriculation	9H-FAM
Certificat d'examen de navigabilité	25/11/2020 valide jusqu'au 07/12/2021
Mise en service	2009

L'étude de la documentation de maintenance n'a pas mis en évidence d'élément contributif à l'accident.

3.3 Description des systèmes de dégivrage/anti-givrage

Les systèmes de protection contre le givrage sont composés de systèmes de réchauffage thermique (entrées d'air des moteurs), électrique (sondes extérieures et pare-brise) et pneumatique (bords d'attaque des ailes et empennage).

3.3.1 Description du système de dégivrage des ailes et de l'empennage WINGSTAB⁵

Ce système pneumatique, activé par l'équipage, permet de briser la glace accumulée sur les bords d'attaque des ailes et de l'empennage en gonflant puis dégonflant alternativement les chambres de boudins gonflables installés sur les bords d'attaque (quatre sur les bords d'attaque de l'aile et deux sur ceux de l'empennage). L'ordre de gonflage/dégonflage est décrit sur la Figure 5.

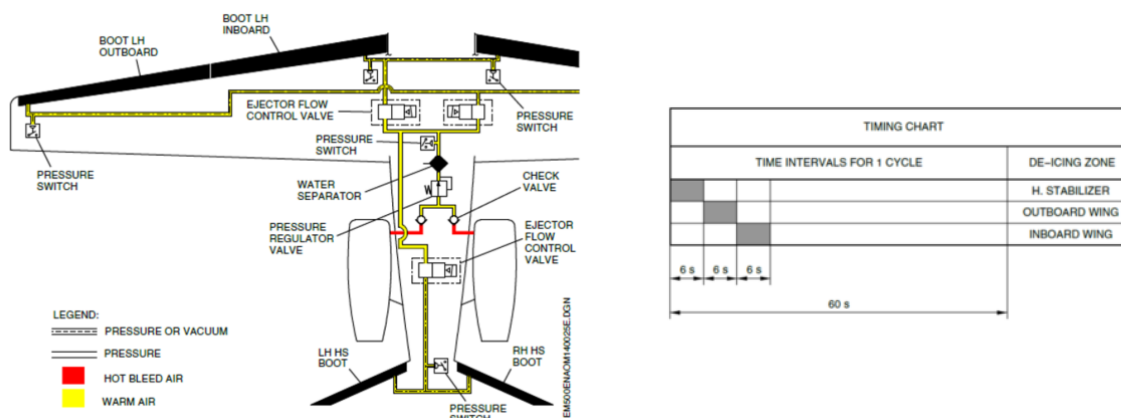


Figure 5 : schéma du système de dégivrage aile et empennage à gauche et cycle de fonctionnement du système à droite (Source : Embraer)

⁵ Wing and Stabilizer DE-ICE System.

L'exploitation des données de vol enregistrées dans le FDR et plus particulièrement les informations issues des capteurs de pression et d'état d'ouverture/fermeture des différentes valves des systèmes de dégivrage indiquent que le système de dégivrage fonctionnait nominalement.

Aide à la détection de conditions givrantes

Tous les EMB-500 Phenom 100 équipés d'une avionique Garmin G3000 disposent en série d'un détecteur de glace. En octobre 2019, Embraer a publié un bulletin de service optionnel⁶ pour également permettre l'installation d'un détecteur de glace sur les EMB-500 équipés d'une avionique G1000⁷. L'accumulation de glace modifie la fréquence de résonance de la sonde du détecteur et déclenche l'apparition du message *ICE CONDITION* sur l'écran central MFD⁸.

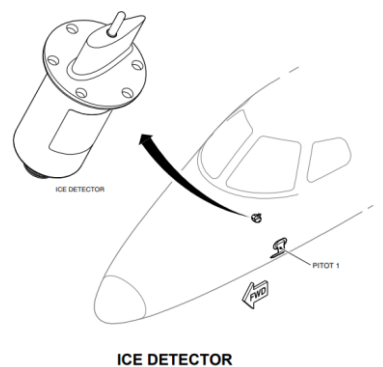


Figure 6 : schéma du détecteur de glace (Source : Embraer)

Le 16 novembre 2021, EMBRAER a indiqué au BEA que 373 avions EMB-500 Phenom 100 étaient en service et que 39 d'entre eux avaient été équipés de ce détecteur. Le 9H-FAM n'en était pas équipé.

⁶ SB-500-30-0006.

⁷ Les EMB-500 équipés d'une avionique G1000 ne sont pas équipés de série d'un tel détecteur.

⁸ *Multifunctional Display*.

3.3.2 Procédure Embraer liée à l'exploitation en conditions givrantes

Lors de vols en conditions givrantes, le Manuel de vol de l'avion indique :

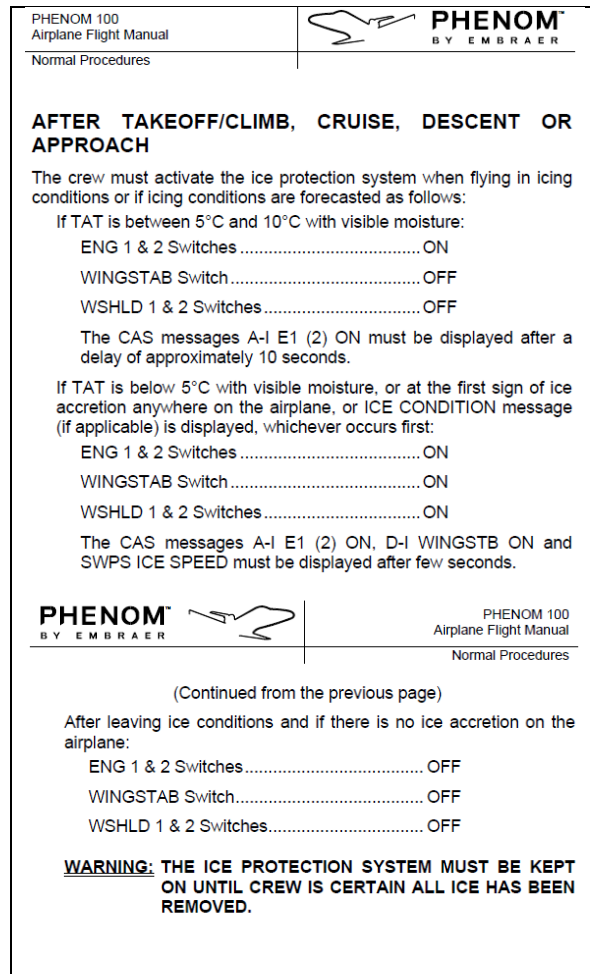


Figure 7 : extrait du Manuel de vol (Source : Embraer)

Le message « *ICE CONDITION* » n'apparaît que si l'avion est équipé du détecteur de glace. Les équipages doivent donc considérer qu'ils sont en conditions givrantes et qu'ils doivent activer le système de dégivrage *WINGSTAB* sitôt que la température extérieure totale descend sous 5 °C en présence d'humidité visible (vol en nuages), même en l'absence de signes d'accrétion.

Le constructeur souligne également que lors de vol en conditions givrantes, il est préférable de déconnecter le pilote automatique afin de pouvoir ressentir aux commandes les éventuelles conséquences de l'accumulation de glace sur le comportement de l'avion. Ce comportement pourrait être masqué par l'utilisation des compensateurs si le pilote automatique est activé.

Le constructeur interdit l'utilisation du pilote automatique en conditions givrantes sévères.

Le constructeur a également réalisé une [vidéo](#) informative à destination des pilotes d'EMB-500 Phenom 100 sur l'exploitation en conditions givrantes.

3.4 Système de protection et d'alarme de décrochage (SWPS⁹)

Le SWPS possède deux fonctions principales :

- informer l'équipage d'un décrochage imminent par l'activation de l'alarme sonore « *STALL STALL* » et l'apparition d'indications spécifiques sur le bandeau de vitesse du PFD ;
- activer la fonction de pousseur de manche (*stick pusher*) lorsque l'avion est dans des conditions de vol proches du décrochage.

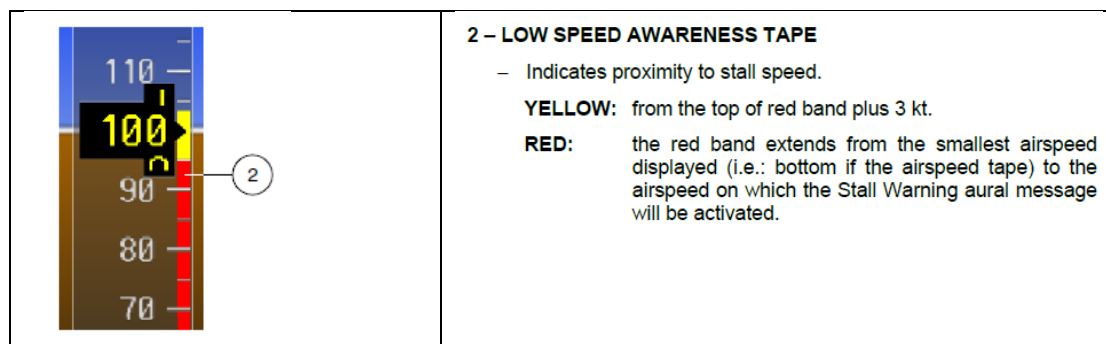


Figure 8 : extrait du Manuel de vol (Source : Embraer)

L'alarme sonore de décrochage, l'apparition d'informations sur le bandeau des vitesses et le *stick pusher* sont activées lorsque l'angle d'incidence mesuré de l'avion est supérieur à des valeurs seuils prédéfinies. Ces dernières sont modifiées par le SWPS en fonction de la configuration de l'avion et du fonctionnement du système de dégivrage des ailes et empennage *WINGSTAB*.

Ainsi, le constructeur indique qu'en configuration atterrissage avec le train sorti, les volets en configuration *FULL* et le système de dégivrage *WINGSTAB* désactivé, les valeurs de l'angle d'incidence pour le déclenchement de l'alarme « *STALL STALL* » est 21° et pour celui du *Stick Pusher* est 28,4°. Dans la même configuration mais avec le système *WINGSTAB* activé ces valeurs sont respectivement 9,5° et 15,5°.

À partir des données de vol du FDR, le constructeur a simulé le fonctionnement du SWPS avec le système de dégivrage *WINGSTAB* activé. En considérant les vitesses retenues par l'équipage lors du vol de l'accident ($V_{ref} = 97$ kt), l'alarme sonore de décrochage se serait déclenchée à deux reprises : à une altitude comprise entre 1 000 et 850 ft QNH puis juste après 150 ft. Le *stick pusher* se serait ensuite déclenché peu après le passage des 50 ft de hauteur radio sonde.

3.5 Calcul des performances à l'atterrissage

Au moment de l'accident les conditions étaient les suivantes :

- piste 27 en service, 1 847x45 m, longueur disponible à l'atterrissage (LDA): 1 847 m, seuil (THR) : 166 ft ;
- piste sèche ;
- vent : 350° 4 kt ;
- température : 0 °C.

⁹ Stall Warning and Protection System.

La configuration de l'avion était la suivante :

- volets : *Flaps* FULL ;
- masse atterrissage : 4 080 kg (information extraite des données du FDR).

Au moment de l'accident, la masse et le centrage de l'avion étaient dans les limites recommandées par le constructeur.

Dans ces conditions, le Manuel de vol du constructeur indique que les distances et les limitations d'atterrissage sont les suivantes :

	Sans système d'anti/dégivrage	Avec les systèmes de dégivrage <i>WINGSTAB</i> et de réchauffage des moteurs
VRef (<i>Landing Reference Speed</i>)	96 kt	119 kt
VAC (<i>Approach Climb Speed</i>)	102 kt	119 kt
Distance d'atterrissage	1 296 m	2 301 m
Pente de montée un moteur en panne (OEI)	4,1 %	-0,2 %
Pente de montée tous moteurs en fonctionnement (AEO)	17,7 %	10,1 %

Avec le système de dégivrage *WINGSTAB* activé, les performances de l'avion ne permettaient pas d'atterrir en piste 27 ou en piste 25. En effet, les distances d'atterrissage en piste 27 et 25 étaient supérieures à la longueur de piste disponible respectivement d'environ 450 m (LDA de la piste 27 de 1 847 m) et 200 m (LDA de la piste 25 de 2 100 m).

De plus, les performances de l'avion ne permettaient pas la remise de gaz avec un moteur en panne.

Le constructeur a également indiqué que les vitesses caractéristiques (dans les conditions de l'accident) étaient les suivantes :

	Vitesse de décrochage (kt)	Vitesse d'atterrissage (kt)
Systèmes de dégivrage non activés	73,9	96,3
Systèmes de dégivrage activés	91,3	118,7

Les données enregistrées dans le FDR juste avant l'impact indiquent que l'avion évoluait dans des plages de vitesse et d'incidence où l'avion était susceptible de décrocher en cas de contamination par de la glace. Cinq secondes après le passage des 50 ft radio sonde, la vitesse de l'avion diminuait de 94 vers 90 kt et l'incidence augmentait de 10 vers 28°.

3.6 Effets de la contamination des ailes et de l'empennage sur les performances des avions

Le dépôt de contaminants givrés sur une aile, même en faible quantité, modifie localement l'écoulement aérodynamique et peut provoquer le décollement du flux d'air de la surface. Les caractéristiques aérodynamiques de l'aile peuvent ainsi être détériorées de façon significative. On observe notamment la diminution de :

- la portance pour une incidence donnée ;
- la portance maximale ;
- l'angle d'incidence auquel apparaît le décrochage.

Dans ces conditions, l'incidence réelle de décrochage peut être très inférieure aux seuils prévus pour l'alarme de décrochage calibrée pour une aile « propre ».

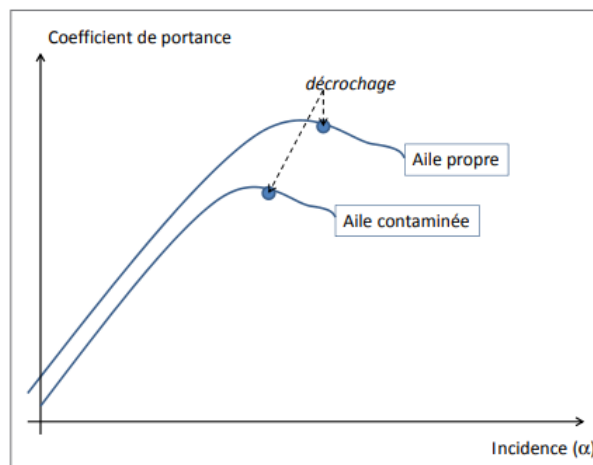


Figure 9 : effets de la contamination sur la portance (Source : BEA)

L'accrétion de givre peut également provoquer une instabilité en roulis caractérisée par des départs successifs incontrôlés à gauche et à droite. À ces effets néfastes sur la portance s'ajoutent l'augmentation de la traînée et de la masse de l'avion. Les effets de la contamination de glace sont présentés dans de nombreuses études parmi lesquelles on peut citer celles de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)¹⁰ et de l'autorité des États-Unis en charge de l'aviation civile (FAA)¹¹.

¹⁰ [Flight in Icing Conditions.](#)

¹¹ [Experimental Investigation of Ice Accretion Effects on a Swept Wing.](#)

4 RENSEIGNEMENTS SUR L'EXPLOITATION

4.1 Renseignements météorologiques

4.1.1 Conditions météorologiques disponible avant le vol

Le dossier de vol remis à l'équipage avant le vol par les services des opérations aériennes mentionnait la présence probable de neige à destination.

4.1.2 Conditions météorologiques au moment de l'accident (ATIS)

L'ATIS en vigueur mentionnait notamment une température de -1 °C, un point de rosée à -3 °C et la présence de givrage sévère à une altitude comprise entre 3 000 et 5 000 ft.

4.1.3 Analyse Météo-France

Le jour de l'accident, une perturbation régnait sur le nord de la France avec des précipitations éparses, le plus souvent sous forme de neige. Le Bourget était sous une couche nuageuse dense mais peu épaisse avec une base comprise entre 1 000 et 1 500 ft et des sommets nuageux compris entre 5 000 et 6 000 ft localement 6 500 ft. La température au niveau du sol était de -1 °C et celle au sommet de la couche nuageuse était estimée entre -10 et -12 °C.

La couche nuageuse était entièrement à température négative et contenait de l'eau liquide surfondue et de la glace en quantité significative. Ces conditions étaient propices au givrage sévère.

4.1.4 Témoignage du pilote de l'avion derrière le 9H-FAM en finale 27

Le pilote de l'avion qui était en finale derrière le 9H-FAM indique que les conditions étaient particulièrement givrantes et qu'il avait activé tous les systèmes de dégivrage. Il ajoute qu'il est basé au Bourget et qu'il y avait rarement rencontré une telle situation. Il précise qu'il pilotait un Piaggio P180 équipé d'une sonde de détection visuelle de givrage qui avait tellement accumulé de glace qu'il l'avait prise en photo, environ dix minutes avant l'accident du 9H-FAM (voir Figure 10).

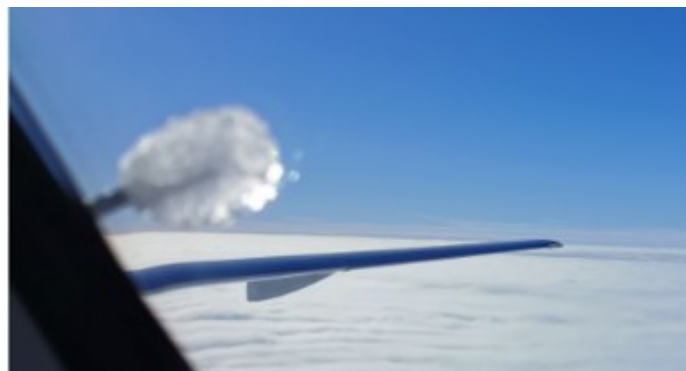


Figure 10 : Photo prise en vol par le pilote de l'avion en finale derrière le 9H-FAM, dix minutes avant l'accident

4.2 Renseignements sur l'équipage

4.2.1 Commandant de bord PM

Le commandant de bord (CDB), âgé de 40 ans, est titulaire d'une licence de pilote commercial (CPL) délivrée le 01/04/2014 et assortie d'une qualification de type EMB-500 délivrée le 01/03/2019.

Il totalisait environ 3 625 heures de vol dont 2 961 h sur Embraer EMB-500 et environ 2 500 h en tant que CDB. Il a été recruté par l'exploitant en 2013.

4.2.2 Copilote PF

Le copilote, âgé de 25 ans, est titulaire d'une CPL délivrée le 13/08/2020 et assortie d'une qualification de type EMB-500 délivrée le 10/09/2020.

Il totalisait environ 625 heures de vol dont 425 h sur Embraer EMB-500. Il a été recruté par l'exploitant en 2020.

4.2.3 Formation, entraînements et contrôles périodiques

L'autorité du Brésil en charge de l'aviation civile (ANAC) dès la certification initiale en 2013, puis la FAA et l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA) ont imposé que la formation permettant d'obtenir la qualification de type pour les pilotes d'Embraer EMB-500 comporte, en complément de la formation classique, une formation spécifique dénommée TASE (*Training Areas of Special Emphasis*) relative à l'exploitation en conditions givrantes et à la relation entre le système de dégivrage et le SWPS.

Les équipages d'EMB-500 de l'opérateur sont formés et entraînés dans un organisme de formation approuvé (ATO) situé en Finlande. Le responsable de la formation EMB-500 de l'opérateur a indiqué au BEA que cet ATO délivre les formations spécifiques imposées par le TASE et validées par son autorité de surveillance.

L'équipage avait notamment réalisé :

- la formation *DE/ANTI-ICING Procedures* le 24 août 2020 pour le CDB et le 17 février 2020 pour le copilote ;
- la formation sur les systèmes de dégivrage le 4 septembre 2020 pour le CDB et le copilote ;
- la formation *Cold Weather Operations – CWO* le 11 septembre 2020 pour le CDB et le 28 décembre 2020 pour le copilote.

4.2.4 Témoignage de l'équipage

Le jour de l'accident, le copilote indique qu'il a effectué la visite pré-vol et n'a rien noté d'anormal. Lors de la préparation du vol Venise - Le Bourget, l'aéroport d'Orly a été sélectionné en tant qu'aéroport de décollage. Le dossier météorologique prévoyait la présence de neige à l'arrivée. Le CDB ajoute qu'il avait conscience que les performances à l'atterrissage de l'aéronef ne permettaient pas d'atterrir sur l'aéroport du Bourget si des conditions givrantes à l'arrivée imposaient d'utiliser les systèmes de dégivrage en continu jusqu'à l'atterrissage.

L'équipage indique que le vol s'est déroulé normalement jusqu'à l'approche du Bourget. Il précise que lors du palier à 5 000 ft, il était en conditions VMC juste au-dessus de la couche nuageuse et qu'il a activé l'anti-givrage des moteurs avant la mise en descente. Lors de la descente, l'équipage ajoute qu'il a détecté visuellement du givre sur l'aile et décidé d'activer le système de dégivrage des ailes et de l'empennage WINGSTAB.

Il a constaté que la glace était brisée et a désactivé le système de dégivrage. Il est sorti de la couche vers 2 000 ft et a traversé de nouveau une fine couche vers 1 500 ft. Constatant visuellement l'absence d'accumulation de glace sur les bords d'attaque de l'aile, l'équipage n'a pas activé de nouveau le système WINGSTAB.

Le CDB explique qu'il a l'expérience des vols en conditions givrantes et précise qu'il n'utilise le système WINGSTAB que lorsqu'il constate visuellement la présence de glace sur les bords d'attaque de l'aile et le désactive dès que cette glace est brisée. Il ajoute que les limitations de performance à l'atterrissage imposées par l'utilisation du système de dégivrage sont telles qu'elles ne permettent pas l'atterrissage sur certains des aéroports que l'exploitant dessert. Pour éviter le déroutement, l'équipage ne laisse pas ce système activé en permanence contrairement à la procédure.

L'équipage explique qu'il a déconnecté le pilote automatique environ 100 ft au-dessus des minima et a ressenti l'avion s'enfoncer comme s'il subissait un fort courant descendant. Le CDB ajoute qu'ils étaient hauts sur le plan et qu'après avoir passé les minima, il a décidé de reprendre les commandes et de remettre les gaz. Il se souvient que juste après la mise en poussée, l'alarme « *STALL STALL* » s'est déclenchée et qu'il a perdu le contrôle de l'avion qui a touché durement la piste.

Le CDB précise qu'il n'a pas d'expérience récente de vol dans des conditions de givrage sévère et qu'il n'a pas eu à utiliser le système de dégivrage des ailes et de l'empennage au cours de l'année précédente. Il explique qu'il a néanmoins déjà rencontré des conditions givrantes similaires et que l'activation temporaire du système WINGSTAB lui avait permis d'atterrir sans difficulté. Le copilote précise qu'il n'avait jamais volé dans des conditions givrantes.

4.2.5 Témoignages de pilotes de Phenom 100

Un pilote de Phenom 100 a indiqué au BEA que, lors de vols en conditions givrantes en approche sur des aéroports où l'activation des systèmes de dégivrage ne permettait plus l'atterrissage (longueur de piste disponible insuffisante), on lui avait enseigné officieusement qu'il était possible de désactiver les systèmes de dégivrage après le passage des 1 000 ft si les bords d'attaque des ailes n'étaient pas contaminés par de la glace.

La consultation de forums de pilotes de Phenom 100 montre également que cette dérive de la procédure du constructeur est courante. À titre d'exemple, on peut citer un forum sur lequel un pilote anonyme explique : « *Frequently, in Northeast, accompanied by bad weather and icing. Phenom book Vref increases when hots are on. For some reason Cessna does not have same requirements. Spoke with one pilot who did a lot of 100 flying in cold wx. Said that as soon as he cleared the clouds on approach would turn off the hots so that he could approach & land at normal speeds. Seems reasonable, as long as you remember to turn them back on if you need to go missed.* »

4.3 Renseignements sur l'opérateur

Luxwing est un opérateur disposant d'un certificat de transporteur aérien (CTA) délivré par l'autorité de Malte en charge de l'aviation civile. Cet opérateur exploite une flotte de 21 avions d'affaires dont 7 EMB-500 Phenom 100 et effectue des vols commerciaux non réguliers à la demande.

Luxwing dispose d'un service des opérations en vol qui effectue entre autres la préparation des vols et fournit le dossier de vol aux équipages. Dans son Manuel d'exploitation, un chapitre mentionne que ce service doit s'assurer que les performances des avions exploités sont en adéquation avec

les caractéristiques des pistes des aérodromes desservis.

4.4 Événements similaires

4.4.1 Accident de l'Embraer EMB-500 survenu le 8 décembre 2014 en approche vers l'aéroport de Gaithersburg (États-Unis)

Au cours de l'approche dans des conditions givrantes, l'avion a décroché et est entré en collision avec des bâtiments. Les trois personnes à bord et trois autres personnes au sol sont décédées.

En juin 2016, l'autorité d'enquête de sécurité des États-Unis (NTSB) a publié le [rapport final](#) et déterminé que la cause probable de cet accident était la réalisation par le pilote d'une approche à une vitesse d'atterrissage inférieure à celle recommandée par les procédures normales du constructeur en conditions givrantes et sans l'activation du système de dégivrage des ailes et de l'empennage. La combinaison de ces deux facteurs a entraîné un décrochage à une altitude à laquelle la récupération n'a pas été possible.

La vitesse d'atterrissage retenue par le pilote était cohérente avec les procédures normales du constructeur en conditions non givrantes.

La LDA (piste 14) était d'environ 1 280 m. Dans les conditions de l'événement (masse, configuration et vitesses retenues par le pilote) la distance d'atterrissage était de 700 m en conditions non givrantes avec le système de dégivrage désactivé. Avec ce dernier activé, l'avion ne pouvait plus atterrir en raison d'un taux de montée insuffisant en cas de panne d'un moteur.

Dans son rapport, le NTSB mentionne trois scénarios probables permettant d'expliquer pourquoi le pilote n'a pas activé le système de dégivrage des ailes et de l'empennage :

- le pilote était préoccupé par les distances d'atterrissage ;
- le pilote a oublié d'activer le système de dégivrage ;
- le pilote n'a pas correctement évalué les effets de l'accumulation de glace en conditions givrantes sur les performances de l'avion.

Le NTSB a émis des recommandations de sécurité adressées à :

- la FAA et l'association des constructeurs GAMA¹² afin qu'ils développent un système automatique d'alerte de vol en conditions givrantes ;
- l'association NBAA¹³, les constructeurs et les centres de formation et d'entraînement afin d'améliorer la formation des pilotes à l'exploitation en conditions givrantes.

4.4.2 Accident de l'Embraer EMB-500 survenu le 15 février 2013 sur l'aéroport de Berlin-Schönefeld (Allemagne)

Lors de l'arrondi à l'atterrissage sur la piste 07L de l'aéroport de Berlin-Schönefeld, l'avion s'est incliné à gauche puis a heurté la piste et s'est immobilisé sur le bord droit de la piste. Les deux pilotes et le passager n'ont pas été blessés.

¹² *General Aviation Manufacturers Association.*

¹³ *National Business Aviation Association.*

En décembre 2018, l'autorité d'enquête de sécurité d'Allemagne (BFU) a publié le [rapport final](#) dans lequel les causes de l'accident étaient les suivantes :

- l'équipage a effectué l'approche dans des conditions givrantes connues et n'a pas activé le système de dégivrage des ailes et de l'empennage, contrairement à ce qui est demandé dans les procédures normales du constructeur (SOP) ;
- en raison de l'accumulation de glace sur les ailes et l'empennage et du non-respect de la vitesse d'approche requise, l'avion s'est retrouvé dans une attitude anormale durant la phase d'arrondi et a décroché.

Le BFU a également considéré que la connaissance insuffisante de l'équipage de la relation entre le système de dégivrage et le SWPS était un facteur contributif à l'accident.

Le BFU a émis, entre autres, des recommandations de sécurité à destination de l'AESA et de l'ANAC afin qu'elles s'assurent que le constructeur Embraer améliore la formation liée à la qualification de type de l'EMB-500 dans le but de mieux sensibiliser les pilotes à l'importance, le fonctionnement et l'utilisation des systèmes de protection contre le givre.

5 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

5.1 Scénario

Avant la mise en descente à destination, l'équipage a écouté l'ATIS de l'aéroport du Bourget qui indiquait la présence d'un givrage sévère entre 3 000 et 5 000 ft. Il a effectué l'approche en appliquant la procédure normale du constructeur relative à une approche en conditions non givrantes, la vitesse d'approche retenue par l'équipage (Vref de 97 kt) était alors inférieure de 22 kt à la vitesse d'approche en conditions givrantes et était, selon le constructeur, proche de la vitesse de décrochage en cas de contamination par de la glace.

À 3 000 ft, l'équipage a activé le système de dégivrage des ailes et de l'empennage durant 21 s, ce qui correspondait à un cycle de dégivrage complet. L'équipage a indiqué qu'il a observé par la fenêtre du poste de pilotage que la glace accumulée sur les bords d'attaque des ailes s'était brisée. Il a alors désactivé le système de dégivrage et ne l'a plus réactivé. Cette décision reposait uniquement sur l'observation visuelle des bords d'attaque des ailes.

La présence de glace sur les bords d'attaque des ailes et de l'empennage observée après l'accident montre que l'avion a accumulé de la glace lors de la finale. Cela conduit à formuler les hypothèses suivantes :

- soit la luminosité et les nuages ne permettaient pas à l'équipage d'évaluer le degré de contamination réelle des ailes ;
- soit les formes et l'épaisseur de cette accumulation de glace étaient visibles depuis le poste de pilotage et dans ce cas :
 - après avoir désactivé le système de dégivrage, l'équipage n'a plus surveillé activement les bords d'attaque afin de s'assurer de l'absence de formation de glace ou,
 - l'équipage a constaté cette accumulation de glace mais en a sous-estimé les conséquences.

Dans les conditions du jour, à la masse de l'avion et avec la configuration retenue par l'équipage, l'application de la procédure du constructeur pour une approche en conditions givrantes ne permettait pas l'atterrissage de l'avion sur l'aéroport du Bourget. D'une part, en cas de remise de gaz avec un moteur en panne, le taux de montée de l'avion n'était pas suffisant pour assurer une marge de sécurité suffisante pour le survol des obstacles. D'autre part, les distances de pistes disponibles étaient inférieures à la distance d'atterrissage nécessaire à l'avion. L'équipage a indiqué au BEA qu'il connaissait ces limitations avant même le décollage et qu'il savait que s'il devait activer le système de dégivrage en continu jusqu'à l'atterrissage, il devrait alors se dérouter.

Face à l'impossibilité de répondre aux contraintes opérationnelles en appliquant strictement la procédure, la stratégie retenue par l'équipage était de réaliser l'atterrissage en appliquant les procédures du constructeur relatives à une approche et un atterrissage en conditions non givrantes tout en s'assurant que l'avion n'avait pas accumulé de la glace. Le commandant de bord explique qu'il s'agit d'une adaptation usuelle de la procédure.

La désactivation du système de dégivrage a eu les conséquences suivantes :

- la glace éventuellement accumulée sur le bord d'attaque de l'empennage n'a peut-être pas été totalement brisée ;
- de la glace s'est à nouveau accumulée sur l'avion lors de la fin de l'approche ;
- le système de protection et d'alarme de décrochage SWPS n'était pas configuré pour se déclencher de manière efficace dans les conditions givrantes de l'accident : le bandeau des vitesses affichées sur le PFD n'était pas configuré pour alerter l'équipage qu'il évoluait à une vitesse proche du décrochage et l'alarme sonore de décrochage ainsi que la protection « stick pusher » n'étaient pas configurées pour se déclencher aux incidences adéquates.

Juste avant l'impact, l'avion évoluait dans des plages de vitesses faibles et d'incidences importantes où l'avion était susceptible de décrocher en cas de contamination de sa structure par de la glace. Les données de vol enregistrées ne permettent pas de déterminer le degré de contamination exact, mais la présence de glace sur les bords d'attaque des ailes et de l'empennage observée après l'accident confirme que l'avion avait accumulé de la glace.

5.2 Facteurs contributifs

Les trois accidents évoqués dans ce rapport présentent des similarités et mettent en évidence la difficulté pour un équipage de prendre une décision adéquate quant à l'utilisation des systèmes de dégivrage dans des conditions givrantes.

Cette décision est influencée par les fortes contraintes opérationnelles résultant des limitations de performance à l'atterrissage en conditions givrantes sur ce type d'avion.

L'ampleur des pénalités de performances d'atterrissage en conditions givrantes par rapport aux performances d'atterrissage en conditions non givrantes sur ce type d'avion conduit les équipages à rencontrer fréquemment des situations dans lesquelles l'aérodrome de destination est accessible, avec des marges de sécurité confortables en conditions non givrantes mais devient inaccessible si les conditions sont givrantes (i. e. température totale inférieure à 5 °C et humidité visible lors de l'approche, même en l'absence de signes d'accrétion sur l'avion). Ceci peut conduire les équipages, tant lors de la préparation du vol que lors de la conduite du vol, à sous-estimer le risque de rencontrer des conditions givrantes lors de l'approche et de l'atterrissage, pour respecter le programme de vol demandé ou pour éviter un déroutement.

Bien que le respect des procédures du Manuel de vol soit obligatoire, les pressions commerciales liées à ce type d'exploitation peuvent inciter des équipages à ne pas appliquer les procédures adéquates relatives à l'approche et l'atterrissage en conditions givrantes en désactivant les systèmes de dégivrage dès qu'ils constatent visuellement que les bords d'attaque des ailes sont exempts de givre et qu'ils estiment que le risque d'une nouvelle contamination avant l'atterrissage est faible. Les témoignages recueillis au cours de l'enquête suggèrent que cette pratique inadéquate est communément appliquée parmi la communauté des pilotes de Phenom 100.

Ont pu contribuer à l'absence de déroutement et à la poursuite de l'approche sans activation du système de dégivrage :

- le choix de l'opérateur d'utiliser un type d'avion pour des vols vers des destinations pour lesquelles des conditions givrantes en approche ne sont pas improbables, alors que les performances de ce type d'avion sont dégradées en conditions givrantes, et deviennent incompatibles avec les longueurs de pistes disponibles, alors même que ces longueurs de pistes offrent des marges conséquentes en l'absence de conditions givrantes ;
- les performances à l'atterrissage de l'Embraer EMB-500 Phenom 100 en conditions givrantes dégradées par rapport aux performances en conditions non givrantes si bien que les équipages rencontrent fréquemment des situations dans lesquelles l'aérodrome de destination est accessible, avec des marges de sécurité confortables en conditions non givrantes mais devient inaccessible si les conditions sont givrantes ;
- une dérive dans l'application de la procédure d'activation des systèmes de givrage, résultant des pénalités importantes de performance d'atterrissage en conditions givrantes sur ce type d'avion, qui ne semble limitée ni à cet équipage ni à cet exploitant. Au lieu d'activer le système de dégivrage des ailes et de l'empennage dès que la température descend en dessous de 5 °C en présence d'humidité visible, ce système est uniquement activé par les équipages lorsqu'ils constatent visuellement la présence de glace sur les bords d'attaque des ailes. Il est ensuite désactivé dès lors que ces équipages constatent l'absence de glace sur les bords d'attaques des ailes et estiment que le risque d'une nouvelle accumulation de givre avant l'atterrissage est faible.

6 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.

6.1 Amélioration de la conscience de la situation des équipages lors des opérations en conditions givrantes

Lorsque les équipages sont confrontés à des conditions d'accrétion de givre ou susceptibles de conduire à une accrétion de givre (température totale inférieure à 5 °C et humidité visible), ils doivent appliquer les procédures du constructeur et utiliser les systèmes de dégivrage. Leur activation augmente les vitesses d'évolution afin de se prémunir contre une perte de contrôle provoquée par la dégradation des caractéristiques aérodynamiques de l'avion.

Les performances à l'atterrissage de l'Embraer EMB-500 Phenom 100 en conditions givrantes sont dégradées par rapport aux performances en conditions non givrantes si bien que les équipages rencontrent fréquemment des situations dans lesquelles l'aérodrome de destination est accessible, avec des marges de sécurité confortables, en conditions non givrantes, mais devient inaccessible en conditions givrantes. Ces aéroports, tels que celui du Bourget, représentent pourtant l'une des destinations classiques des passagers, clients de ce type d'exploitation commerciale à la demande.

Les équipages qui effectuent des vols à destination de ce type d'aéroports peuvent considérer que l'activation temporaire du système suffira à prévenir l'accumulation de glace et prennent le risque de ne pas respecter les procédures publiées du constructeur afin d'éviter le déroutement. Cette décision repose sur une appréciation visuelle limitée à une partie de la structure de l'avion (bords d'attaque des ailes) et sur l'estimation du faible risque d'une nouvelle accrétion de givre après l'arrêt du système de dégivrage.

Dans le cas de l'accident du 9H-FAM, la présence du détecteur de glace aurait alerté l'équipage et amélioré sa conscience de la situation sur le niveau de contamination de l'avion.

Plus généralement, dans les situations de conditions météorologiques marginalement givrantes, le détecteur de glace permet de fournir aux équipages une information pour les aider à décider, de façon plus objective, de la nécessité d'appliquer la procédure d'approche en conditions givrantes, et/ou d'un déroutement vers un terrain accessible.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que les pénalités de performances d'atterrissage en conditions givrantes des avions de type Embraer EMB-500 Phenom 100 incitent les équipages à appliquer une interprétation déviante et potentiellement dangereuse des procédures prévues par le constructeur pour l'approche et l'atterrissage en conditions givrantes ;*
- *considérant qu'Embraer met à disposition des opérateurs un système optionnel sur l'EMB-500 Phenom 100 équipé d'un avionique G1000 qui permet d'améliorer la conscience de la situation des équipages lors de vols en conditions givrantes ;*
- *considérant que ce système est installé de série sur d'autres versions de l'EMB-500 Phenom 100 équipées de l'avionique G3000 ;*
- *considérant que ce système, en fournissant une information objective sur la présence de conditions givrantes, est de nature à aider à la décision sur le besoin d'appliquer intégralement et strictement les procédures de vol en conditions givrantes ;*
- *considérant qu'une faible proportion des Embraer EMB-500 Phenom 100 équipés de l'avionique G1000 en service est pourvue de ce détecteur ;*

l'ANAC en coordination avec Embraer évalue l'amélioration en termes de sécurité de l'installation d'un détecteur de glace sur tous les EMB-500 Phenom 100 et le besoin d'imposer cette modification sur tous les Phenom 100 autorisés de vol en conditions givrantes. [Recommandation FRAN-2023-001]

6.2 Prise en compte par les opérateurs des contraintes opérationnelles liées à l'exploitation en conditions givrantes

Il demeure de la responsabilité finale de l'équipage de s'assurer que les performances à l'atterrissage de son aéronef sont compatibles avec les conditions météorologiques rencontrées.

Les performances à l'atterrissage de l'Embraer EMB-500 Phenom 100 en conditions givrantes sont dégradées par rapport aux performances en conditions non givrantes, si bien que les équipages rencontrent fréquemment des situations dans lesquelles l'aérodrome de destination est accessible, avec des marges de sécurité confortables, en conditions non givrantes, mais devient inaccessible en conditions givrantes. Ces aéroports, tels que celui du Bourget, représentent pourtant l'une des destinations classiques des passagers, clients de ce type d'exploitation commerciale à la demande.

Les équipages qui doivent effectuer des vols en conditions givrantes sont alors amenés à faire des choix difficiles : soit refuser l'exécution du vol, soit accepter une probabilité très importante de déroutement, soit enfin entériner une déviation des procédures et prendre le risque d'atterrir avec un avion contaminé.

Dès lors, l'exploitant, dès la préparation du vol, pourrait prendre en considération ces limitations dans le choix de l'aéronef par rapport aux destinations proposées.

L'autorité du Royaume-Uni en charge de l'aviation civile (CAA-UK) a publié en juillet 2022, le document [Safety Notice SN-2022/005 Commercial, Organisational and Client Pressure in Flight Operations](#). Il y est indiqué que la pression commerciale, organisationnelle ou imposée par le client est un facteur contributif à un certain nombre d'incidents d'aéronefs. Qu'elle soit perçue ou réelle, cette pression peut avoir un impact négatif sur les décisions opérationnelles clés, en particulier dans des conditions marginales.

Ce thème du choix d'un aéronef dont les performances sont adaptées au programme commercial prévu a également été mentionné dans un rapport de l'autorité d'enquête de sécurité de Norvège (AIBN) relatif à [l'incident grave de l'ATR 72-212A immatriculé OY-JZC exploité par Jet Time survenu le 14 novembre 2016](#).

Ce rapport mentionne notamment que l'AIBN considère que le givrage devrait être un élément prioritaire dans les analyses de risque pour les exploitants qui envisagent d'opérer en Norvège pendant la saison où les conditions sont givrantes. L'AIBN souligne qu'il est important de prendre en compte les caractéristiques du type d'avion. Une telle analyse devrait conjointement tenir compte des routes empruntées, des niveaux de vol, des conditions de givrage prévues et des mesures d'atténuation des conditions défavorables, y compris le givrage, en fonction du type d'aéronef et de ses performances spécifiques.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant l'importance des écarts entre les performances opérationnelles en conditions givrantes et celles en conditions non givrantes de certains aéronefs à réaction relevant des règles de certification CS-23, tels que celui impliqué dans l'accident ;*
- *considérant que certains exploitants ne prennent pas systématiquement en considération les contraintes opérationnelles liées aux performances en conditions givrantes des avions qu'ils exploitent ;*

l'AESA, en coordination avec les autorités nationales de surveillance, sensibilisent, dans une optique de promotion de la sécurité, les exploitants à mieux prendre en considération dès la préparation des vols les performances à l'atterrissage des aéronefs dont les performances en conditions givrantes et en conditions non givrantes présentent des écarts significatifs. [Recommandation FRAN-2023-002]

6.3 Prise en compte des contraintes opérationnelles lors du processus de certification

Lors du processus de certification, les autorités ont pris en compte les particularités de l'Embraer EMB-500 Phenom 100 lors de l'exploitation en conditions givrantes. Elles ont notamment imposé une formation spécifique aux équipages (TASE – *Training Areas of Special Emphasis*) relative à la conduite des vols en conditions givrantes et la relation entre le système de dégivrage et le SWPS (*Stall and Warning Protection System*).

Cette formation a pour objectif une meilleure compréhension de la part des équipages des opérations en conditions givrantes. Cependant, l'ampleur des pénalités de performances d'atterrissage en conditions givrantes par rapport aux performances d'atterrissage en conditions non givrantes sur ce type d'avion conduit les équipages à rencontrer fréquemment des situations au cours desquelles l'aérodrome de destination est accessible avec des marges de sécurité confortables en conditions non givrantes, mais devient inaccessible en conditions givrantes.

Pour respecter le programme de vol demandé ou pour éviter un déroutement, certains équipages peuvent être amenés, tant lors de la préparation du vol que lors de la conduite du vol, à sous-estimer le risque de rencontrer des conditions givrantes lors de l'approche et de l'atterrissage.

Bien que le respect des procédures du Manuel de vol soit obligatoire, les pressions commerciales liées à ce type d'exploitation peuvent inciter des équipages à ne pas appliquer les procédures adéquates relatives à l'approche et l'atterrissage en conditions givrantes en désactivant les systèmes de dégivrage dès qu'ils constatent visuellement que les bords d'attaque des ailes sont exempts de givre et qu'ils estiment que le risque d'une nouvelle contamination avant l'atterrissage est faible. Les témoignages recueillis au cours de l'enquête suggèrent que cette pratique inadéquate est communément appliquée parmi la communauté des pilotes de Phenom 100.

Ces pratiques, résultant directement des pressions commerciales et des performances en conditions givrantes de cette catégorie d'avions, conduisent à un niveau de sécurité réel en exploitation inférieur au niveau de sécurité théorique prévu lors de la certification de ces avions, et qui s'appuie sur l'hypothèse, infirmée par l'expérience en service, que les procédures de vol en conditions givrantes resteront strictement respectées.

En conséquence, le BEA recommande que l'AESA envisage de revoir les critères de certification (en appliquant par exemple des conditions spéciales) quand un aéronef présente des écarts entre ses performances en conditions givrantes et non givrantes tels que cela conduit à des contraintes opérationnelles difficilement gérables par les équipages. [Recommandation FRAN-2023-003]

Annexe 1 : Observations formulées par l'autorité d'enquête de sécurité du Brésil (CENIPA) sur le projet de rapport final du BEA

Après la phase de consultation du projet de rapport final, le CENIPA a demandé, conformément aux dispositions de l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale (Annexe 13 de l'OACI), à ce que les observations suivantes soient annexées.

Dans le rapport final, ces observations ont été partiellement prises en compte.

Recommendation #3 relative to consideration given to operational constraints during the certification process

Extract from the draft final report

“During the certification process, the authorities took into account the specificities of the Embraer EMB-500 Phenom 100 when operating in icing conditions. In particular, they imposed specific training for crews (Training Areas of Special Emphasis (TASE)) with respect to flights in icing conditions, and the relationship between the de-ice system and the Stall and Warning Protection System (SWPS).

The purpose of this training is to improve crew understanding of operations in icing conditions. However, the extent of the landing performance penalties in icing conditions, compared to landing performance in non-icing conditions on this type of aircraft results in crews frequently encountering situations where the destination airport is accessible with comfortable safety margins in non-icing conditions, but becomes inaccessible in icing conditions.

In order to comply with the requested flight schedule or to avoid a diversion, some crews, both during flight planning and while carrying out the flight, may underestimate the risk of encountering icing conditions during the approach and landing. In addition, although compliance with Flight Manual procedures is mandatory, these high operational constraints may encourage crews to implement a divergent interpretation of the procedures concerning the approach and landing in icing conditions and deactivate the de-icing systems as soon as they visually observe that the leading edges of the wings are free of ice, and they consider that the risk of further contamination before landing is low. The statements gathered during the investigation suggest that this practice is common among the Phenom 100 pilot community.

These practices, which are a direct result of the characteristics of the aircraft, lead to an actual operating safety level that is much lower than the theoretical safety level envisaged at the time of certification of the aircraft, and which is based on the assumption, invalidated by in-service experience, that the procedures for flight in icing conditions will be strictly complied with.”

*Consequently, the BEA recommends that EASA consider revising the certification criteria (by applying special conditions, for example) **when the differences between an aircraft's performance in icing and non-icing conditions lead to operational constraints that are difficult for crews to manage.** [Recommendation FRAN - 20xx-xxx]¹⁴”*

¹⁴ [Recommandation FRAN-2023-003]

Comments

As discussed on the conference call held on Dec 1st, 2022 between Embraer, BEA and CENIPA, proper adherence to operational procedures guarantee the safety of the flight in icing conditions. While Embraer understands the meaning and the intent of the text, its wording (in red) may lead the reader to conclude that the operation of the Phenom 100 in icing conditions imposes a significant reduction in the safety levels and important operational difficulties, which is not true.

Also, the timing for the application of special conditions may not be adequate to achieve BEA's goal addressed in this recommendation. Embraer suggests keeping it in a more generic way so the certification authority can assess the best way to do so.

As the recommendation is not limited to the Phenom 100, Embraer requests the removal of the text highlighted in red above and the adjustment of the text to make the rationale more generic with the intent to avoid incorrect conclusions related to the operation of the Phenom 100 in icing conditions. Embraer requests the BEA to consider using the text below:

"During the certification process, the authorities took into account the specificities of the Embraer EMB-500 Phenom 100 when operating in icing conditions. In particular, they imposed specific training for crews (Training Areas of Special Emphasis (TASE)) with respect to flights in icing conditions, and the relationship between the de-ice system and the Stall and Warning Protection System (SWPS).

*The purpose of this training is to improve crew understanding of operations in icing conditions. However, the extent of the landing performance penalties in icing conditions, compared to landing performance in non-icing conditions on this type of aircraft results in crews frequently encountering situations where the destination airport is accessible with comfortable safety margins in non-icing conditions, but becomes inaccessible in icing conditions. In order to comply with the requested flight schedule or to avoid a diversion, some crews, both during flight planning and while carrying out the flight, may underestimate the risk of encountering icing conditions during the approach and landing. In addition, although compliance with Flight Manual procedures is mandatory, *the commercial demands associated with the operation* may encourage crews *to not follow proper procedures* concerning the approach and landing in icing conditions *by deactivating* the de-icing systems as soon as they visually observe that the leading edges of the wings are free of ice, and they consider that the risk of further contamination before landing is low. The statements gathered during the investigation suggest that *this inadequate* practice is common among the Phenom 100 pilot community.*

*Consequently, the BEA recommends that EASA consider revising the certification criteria *of this aircraft category within the framework of the Agency's rulemaking process, taking into consideration the differences between performance in icing and non-icing conditions.* [Recommendation FRAN - 20xx-xxx]"*

Annexe 2 : Glossaire

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
AEO	All Engine Operative	Tous moteurs en fonctionnement
AESA	European Aviation Safety Agency (EASA)	Agence européenne de la sécurité aérienne
AIBN	Accident Investigation Board Norway	Autorité d'enquête de sécurité de Norvège
ANAC		Autorité du Brésil en charge de l'Aviation civile
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Service automatique d'information de région terminale
ATO	Approved Training Organization	Organisme de formation approuvé
BAAI	Bureau of Air Accident Investigation	Autorité d'enquête de sécurité de Malte
BFU		Autorité d'enquête de sécurité d'Allemagne
CAA-UK	Civil Aviation Authority – United Kingdom	Autorité du Royaume-Uni en charge de l'Aviation civile
CDB		Commandant de bord
CENIPA		Autorité d'enquête de sécurité du Brésil
CPL	Commercial Pilot Licence	Licence de pilote commercial
CTA	Air Operator's Certificate (AOC)	Certificat de Transporteur Aérien
CVR	Cockpit Voice Recorder	Enregistreur phonique
CWO	Cold Weather Operations	
DGAC		Direction générale de l'Aviation civile
DH	Decision Height	Hauteur de décision
FAA	Federal Aviation Administration	Autorité des États-Unis en charge de l'Aviation civile
FDR	Flight Data Recorder	Enregistreur de paramètres
FL	Flight Level	Niveau de vol
ft	Feet	Pieds
GAMA	General Aviation Manufacturers Association	
ILS	Instrument Landing System	Système d'atterrissage aux instruments
LDA	Landing Distance Available	Longueur disponible à l'atterrissage
MFD	Multifunctional Display	
NBAA	National Business Aviation Association	
NM	Nautical Mile	Mille marin

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
NTSB	National Transportation Safety Board	Autorité d'enquête de sécurité des États-Unis
OACI	International Civil Aviation Organization (ICAO)	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OEI	One Engine Inoperative	Un moteur en panne
PF	Pilot Flying	Pilote aux commandes
PFD	Primary Flight Display	Écran de vol primaire
PM	Pilot Monitoring	
QNH		Calage altimétrique requis pour lire une altitude
SOP	Standard Operating Procedures	Procédures standards d'exploitation
SSLIA		Service de Sauvetage et de Lutte contre l'Incendie des Aéronefs sur les aérodromes
SWPS	Stall Warning and Protection System	Système de protection et d'alarme de décrochage
TASE	Training Areas of Special Emphasis	
THR	Threshold	Seuil de piste
UTC	Universal Time Coordinated	Temps universel coordonné
VMC	Visual Meteorological Conditions	Conditions météorologiques de vol à vue

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.