

# Rapport

Accident survenu le **4 mars 2013**  
**peu après le décollage d'Annemasse (74)**  
à l'**avion Beechcraft Premier 1A**  
immatriculé **VP-CAZ**



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses  
pour la sécurité de l'aviation civile

---

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

## ***Les enquêtes de sécurité***

*Le BEA est l'autorité française d'enquêtes de sécurité de l'aviation civile. Ses enquêtes ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement la détermination des fautes ou responsabilités.*

*Les enquêtes du BEA sont indépendantes, distinctes et sans préjudice de toute action judiciaire ou administrative visant à déterminer des fautes ou des responsabilités.*

# ***Table des matières***

<b>LES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ</b>	<b>2</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>5</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>6</b>
<b>ORGANISATION DE L'ENQUETE</b>	<b>7</b>
<b>1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE</b>	<b>8</b>
1.1 Déroulement du vol	8
1.2 Tués et blessés	9
1.3 Dommages à l'aéronef	9
1.4 Autres dommages	10
1.5 Renseignements sur le pilote	10
1.6 Renseignements sur l'aéronef	11
1.6.1 Cellule	11
1.6.2 Moteurs	11
1.6.3 Protection antigivrage	11
1.6.4 Système de protection en incidence	12
1.6.5 Volets	12
1.6.6 Masse et centrage	12
1.7 Renseignements météorologiques	13
1.7.1 Conditions météorologiques le jour de l'accident	13
1.7.2 Conditions météorologiques la veille de l'accident	13
1.8 Aides à la navigation	13
1.9 Télécommunications	13
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	14
1.10.1 Annemasse	14
1.10.2 Autres aérodromes voisins	14
1.11 Enregistreurs de bord	14
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	17
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.14 Incendie	18
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	18
1.16 Essais et recherches	18
1.16.1 Examen des systèmes d'antigivrage	18
1.16.2 Examen des volets	18
1.16.3 Etude de performance	19

1.16.4 Effets de la contamination des ailes sur les performances des avions	20
1.16.5 Phénomène de « <i>Cold-Soaked Fuel Frost</i> »	21
1.16.6 Systèmes de détection de glace	21
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	23
1.17.1 Inspection de l'état extérieur de l'avion avant décollage	23
1.17.2 Formation aux opérations en conditions givrantes	25
1.17.3 Exploitation des aérodromes en conditions hivernales	25
1.18 Renseignements supplémentaires	26
1.18.1 Événements antérieurs	26
1.18.2 Témoignages	28
<b>2 - ANALYSE</b>	<b>30</b>
2.1 Scénario	30
2.1.1 Givrage de la voilure	30
2.1.2 Scénario de l'accident	30
2.2 Conscience des risques liés au givrage au sol	31
2.3 Exploitation des aérodromes en période hivernale	32
<b>3 - CONCLUSION</b>	<b>33</b>
3.1 Faits établis par l'enquête	33
3.2 Causes de l'accident	33
<b>4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE</b>	<b>34</b>
4.1 Formation sur les risques liés au décollage avec ailes contaminées	34
4.2 Système de détection de givre au sol	34
4.3 Moyens de dégivrage/antigivrage sur les aérodromes	35
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	<b>36</b>

# Glossaire

AAIB	Air Accidents Investigation Branch (Royaume-Uni)
AESA	Agence Européenne de la Sécurité Aérienne
AET	Administration des Enquêtes Techniques (Luxembourg)
AFM	Airplane Flight Manual
CVR	Cockpit Voice Recorder
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile (France)
FAA	Federal Aviation Administration (Etats-Unis)
GPWS	Ground Proximity Warning System
NTSB	National Transportation Safety Board (Etats-Unis)
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
VOR	VHF Omnidirectional Range

# Synopsis

## Décrochage après le décollage en conditions givrantes, collision avec le sol, incendie

<b>Aéronef</b>	Avion Beechcraft Premier 1A Model 390 immatriculé VP-CAZ
<b>Date et heure</b>	4 mars 2013 à 7h39 <sup>(1)</sup>
<b>Exploitant</b>	Privé
<b>Lieu</b>	A proximité de l'aérodrome d'Annemasse, sur la commune de Cranves-Sales (74)
<b>Nature du vol</b>	Aviation générale
<b>Personnes à bord</b>	Un pilote et deux passagers
<b>Conséquences et dommages</b>	Pilote et un passager décédés, un passager blessé, avion détruit

<sup>(1)</sup>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.

Le pilote et deux passagers arrivent à l'aérodrome d'Annemasse vers 7 h 00 pour un vol privé d'environ cinq minutes vers l'aéroport de Genève. La température est de - 2 °C et le taux d'humidité est de 98 % avec des nuages bas. L'avion est stationné sur le parking de l'aérodrome depuis la veille au soir. Le roulage et la course au décollage se déroulent nominalement. Dès que les roues du train principal quittent le sol, l'avion décroche en raison de la présence de givre sur la surface des ailes. La faible hauteur atteinte par l'avion ne permet pas au pilote de sortir de la situation de décrochage et d'éviter la collision avec le sol. Le pilote et le passager assis à sa droite décèdent. La passagère assise à l'arrière est grièvement blessée.

L'enquête a montré que la sensibilisation insuffisante du pilote sur les risques liés au givrage au sol l'a conduit à décoller alors que du givre était présent sur les surfaces critiques de l'avion. Ceci a pu contribuer à la survenue de 32 accidents recensés depuis 1989 pour lesquels aucun dégivrage de l'avion n'a été effectué avant le décollage. L'enquête a aussi montré qu'un dispositif embarqué d'aide à la détection de givre au sol aurait pu prévenir l'accident et que l'aérodrome d'Annemasse ne dispose pas de moyens de dégivrage au sol.

Le BEA a adressé à l'AESA et la DGAC trois recommandations de sécurité relatives à :

- ☐ la formation sur les risques liés au décollage avec ailes contaminées ;
- ☐ l'installation de systèmes de détection de givre ;
- ☐ la disponibilité de moyens de dégivrage/antigivrage sur les aérodromes.

## ORGANISATION DE L'ENQUETE

Le 4 mars 2013, le BEA a été informé de l'accident d'un avion de type Beechcraft Premier 1A, immatriculé VP-CAZ survenu peu après le décollage de l'aérodrome d'Annemasse (74), sur la commune de Cranves-Sales. Conformément aux dispositions du règlement (UE) 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 enquête de sécurité a été immédiatement ouverte par le BEA.

Une équipe de quatre enquêteurs du BEA s'est rendue sur le site de l'accident du 4 au 6 mars 2013. Ceci a notamment permis d'étudier la répartition des débris, recueillir les premiers témoignages et récupérer l'enregistreur phonique (CVR). Ce dernier a été lu dans les locaux du BEA au Bourget le 6 mars 2013.

Trois groupes de travail ont été constitués dans les domaines suivants : aéronef, systèmes avion et exploitation.

En application de l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, le BEA a associé à cette enquête ses homologues étrangers, qui ont désigné des représentants accrédités :

- ☐ du NTSB (Etats-Unis), l'avion et les moteurs étant de construction américaine. Ceci a permis de bénéficier de l'assistance de conseillers techniques de Beechcraft, le constructeur de l'avion, et de Williams International, le constructeur des moteurs ;
- ☐ de l'AAIB (Royaume-Uni), l'avion étant immatriculé aux îles Caïmans, territoire britannique d'outre-mer ;
- ☐ de l'AET (Luxembourg), le pilote étant salarié d'une société luxembourgeoise.

L'une des victimes étant de nationalité italienne, un expert de l'ANSV (Italie) a été désigné.

Le projet de rapport final a été soumis pour consultation à ces représentants accrédités conformément aux dispositions de l'Annexe 13. Il a également été envoyé à l'ANSV, l'AESA et la DGAC française.

## 1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

*Note : les éléments suivants sont issus de données enregistrées dans le CVR, de radiocommunications, de témoignages et de l'étude du site de l'accident.*

Le lundi 4 mars 2013, le pilote et deux passagers arrivent à l'aérodrome d'Annemasse (74) vers 7 h 00. Ils ont prévu d'effectuer un vol privé d'environ cinq minutes vers l'aéroport de Genève à bord du Beechcraft Premier 1A, immatriculé VP-CAZ. La température est de - 2 °C et le taux d'humidité est de 98 % avec des nuages bas. L'avion est stationné sur le parking de l'aérodrome depuis la veille au soir.

A 7 h 28, le service de contrôle aérien de Genève fournit la clairance de départ pour une montée initiale vers 6 000 ft au QNH de 1018 hPa vers le VOR de Chambéry (CBY).

Vers 7 h 30, lorsque l'enregistrement CVR du vol de l'accident débute, les moteurs ont déjà été mis en route.

Vers 7 h 34, le pilote annonce que les vitesses suivantes seront utilisées lors du roulement au décollage :

- ☐ V1 : 101 kt ;
- ☐ VR : 107 kt ;
- ☐ V2 : 120 kt.

Vers 7 h 35, le pilote effectue la check-list avant roulage. Durant ses vérifications, il annonce « *anti-ice ON* », le fonctionnement correct des commandes de vol, et la position des volets sur 10°.

Le roulage vers la piste 12 débute à 7 h 36.

A 7 h 37 min 43, le pilote annonce la fin du briefing décollage, puis la mise en route de système d'antigivrage moteur.

A 7 h 38 min 03, le pilote annonce le début de roulement au décollage. Quinze secondes plus tard, les moteurs atteignent la poussée de décollage.

L'avion quitte le sol à 7 h 38 min 37. Plusieurs témoins indiquent qu'il prend une forte assiette à cabrer, avec un faible taux de montée.

A 7 h 38 min 40, une première annonce GPWS « *Bank angle - Bank angle* » est enregistrée dans le CVR. Elle indique une inclinaison excessive.

Une seconde et demie plus tard, le pilote marque sa surprise par une interjection. Elle est suivie du signal sonore de l'alarme de décrochage durant plus d'une seconde et d'une nouvelle annonce GPWS « *Bank angle - Bank angle* ».

Vers 7 h 38 min 44, l'avion est détecté par les radars de la Dôle et de Genève à une hauteur d'environ 80 ft au-dessus du sol (points ❶ de la figure 1).

D'autres annonces « *Bank Angle* » et alarmes de décrochage sont enregistrées dans le CVR à plusieurs reprises. Plusieurs témoins voient l'avion virer fortement à droite, puis à gauche.

A 7 h 38 min 49 l'avion est détecté par les radars à une hauteur d'environ 150 ft au-dessus du sol (points ❷ de la figure 1).



A 7 h 38 min 52, le train principal gauche heurte le toit d'une première maison. L'avion entre ensuite en collision avec le sol. Lors de la séquence d'impact, les trois trains d'atterrissage et l'aile gauche se désolidarisent du reste de l'avion. Ce dernier glisse sur le sol sur une distance d'environ 100 m avant d'entrer en collision avec une cabane de jardin, un muret et des arbres dans le jardin d'une deuxième maison. L'avion prend feu et s'immobilise.

Le pilote et le passager assis à sa droite décèdent. La passagère assise à l'arrière et sur la droite est grièvement blessée.

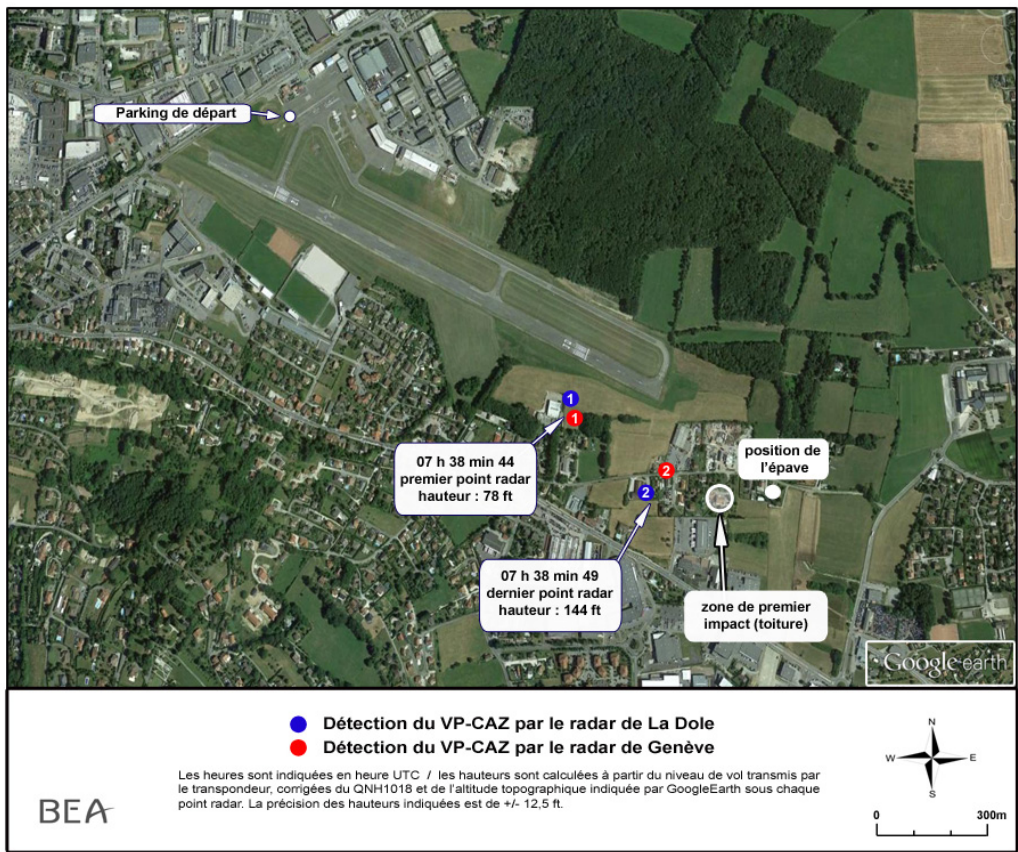


Figure 1 - Positions radar et emplacement de l'épave

### 1.2 Tués et blessés

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/ Aucune
Membres d'équipage	1	-	-
Passagers	1	1	-
Autres personnes	-	-	-

### 1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est détruit et a brûlé quasiment en totalité.

## 1.4 Autres dommages

L'avion a heurté la toiture d'une maison à environ 500 m du seuil de piste 30 d'Annemasse, puis des arbres situés entre 10 et 20 m plus loin. La partie endommagée du toit se situe à environ 5 m de hauteur. La personne présente dans la maison au moment de l'accident n'a pas été blessée.



Figure 2 - Dommages sur la maison

L'avion a aussi détruit un muret de jardin et une cabane d'une deuxième propriété.

## 1.5 Renseignements sur le pilote

Homme, 49 ans

- ☐ Licence CPL(A) française de 2002, validée en 2005 par la Confédération Helvétique.
- ☐ Qualification initiale de type de 2007.
- ☐ Dernière prorogation de qualification de type obtenue en mai 2012 au centre de Philadelphie/Wilmington de Flight Safety International.
- ☐ Aptitude médicale valide avec port de verres correcteurs.
- ☐ Expérience :
  - totale : 7 050 heures de vol ;
  - sur type : 1 386 heures de vol ;
  - dans les 30 derniers jours : 17 heures 17 minutes de vol ;
  - dans les 7 derniers jours : 2 heures 26 minutes de vol.

Le pilote, salarié de Global Jet Luxembourg, ne volait que sur le VP-CAZ, au profit unique du propriétaire de cet avion.

*Note : le carnet de vol du pilote n'ayant pas été retrouvé et les informations des vols des derniers jours n'ayant pas encore été transmises par le pilote à Global Jet Luxembourg au moment de l'accident, les heures de vol des derniers jours peuvent être incomplètes.*

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le Beechcraft Premier 1A est un biréacteur léger mono-pilote construit par Beechcraft (division de Hawker Beechcraft). Il a été certifié en 2005 selon les critères américains du 14 CFR Part 23. C'est une évolution du Premier 1, dont le premier vol a eu lieu en 1998. Il a une masse maximale au décollage certifiée (MTOW) de 5 670 kg, et une capacité totale de huit personnes, équipage compris.

L'avion VP-CAZ était exploité en aviation générale par son propriétaire.

### 1.6.1 Cellule

Constructeur	Hawker Beechcraft
Type	RA390 (Premier 1A)
Numéro de série	RB-202
Immatriculation	VP-CAZ
Mise en service	Août 2007
Certificat de navigabilité	N° 1019 du 7 août 2012 délivré par l'Autorité de l'aviation civile des Iles Caïmans et valide jusqu'au 9 août 2013.
Propriétaire	Société CHAKIBEL Associates Limited, basée à Tortola aux Iles Vierges britanniques
Utilisation au 4 mars 2013	1 388 heures de vol et 1 404 cycles

Le revêtement du fuselage et des ailes du VP-CAZ est de couleur blanche. Les bords d'attaque sont métallisés.

### 1.6.2 Moteurs

L'avion était équipé de deux turboréacteurs FJ44-2A construits par Williams International.

	Moteur n° 1	Moteur n° 2
Numéro de série	105 317	105 314
Temps total de fonctionnement	1 388 heures et 1 408 cycles	1 303 heures et 1 353 cycles

### 1.6.3 Protection antigivrage

Le Beechcraft Premier 1A est équipé de systèmes de dégivrage de la voilure (ailes et gouverne de profondeur) et des moteurs.

La protection antigivrage des ailes et des entrées d'air des moteurs s'effectue par l'injection d'air chaud prélevé en sortie des moteurs. Cet air circule dans un réseau de tuyauteries placées dans les bords d'attaque de l'aile et dans les entrées d'air des moteurs.

La protection antigivrage de la gouverne de profondeur s'effectue par le réchauffage électrique des bords d'attaques du plan horizontal, et par la mise en œuvre de systèmes électromagnétiques qui génèrent une déformation de la surface de l'empennage. Cette déformation vise à briser la glace en formation afin qu'elle soit évacuée par le flux d'air circulant à la surface de la gouverne. S'il est utilisé en mode automatique, le système est piloté par un calculateur de dégivrage à partir de l'information de détection de glace fournie par les deux détecteurs placés de part et d'autre du nez de l'appareil.

Tous ces systèmes sont dédiés à l'utilisation en vol en conditions givrantes. Ils ne sont pas conçus pour dégivrer un avion au sol.

La protection antigivrage des sondes (incidence, Pitots, prises statiques), et des pare-brises est assurée par un réchauffage électrique.

Le panneau de contrôle « *ICE PROTECTION* » permet au pilote de contrôler ces fonctions.



Figure 3 – Panneau de contrôle « *ICE PROTECTION* »

#### 1.6.4 Système de protection en incidence

Un dispositif d'alarme, se déclenchant si l'angle d'incidence mesuré dépasse un seuil prédéfini, permet d'anticiper la situation de décrochage par l'émission :

- ☐ d'une alerte sonore audible dans le poste de pilotage ;
- ☐ d'un avertissement mécanique par le biais d'un vibreur de manche (« *stick shaker* ») et d'un effort à piquer (« *stick pusher* »).

#### 1.6.5 Volets

L'avion est équipé de quatre volets (deux sur la voilure gauche et deux sur celle de droite), déployés ou rétractés par huit actionneurs. Le mouvement des volets est contrôlé par un boîtier électronique et actionné électriquement. Leur position est vérifiée continuellement grâce à des capteurs sur chaque actionneur. En cas de braquage asymétrique, un voyant « *FLAP FAIL* » s'allume sur le panneau d'alarme. Il n'y a pas d'alarme sonore associée.

L'avion n'est pas équipé de becs.

#### 1.6.6 Masse et centrage

Le plein de carburant avait été effectué à l'aéroport du Bourget la veille de l'accident. L'estimation de la consommation pour le vol Le Bourget-Annemasse du 3 mars permet d'évaluer la masse de l'avion au moment de l'accident à environ 11 500 livres (soit 5 200 kg), et la quantité de carburant restant à 2 700 livres (soit environ 75 % de la capacité totale).



Par ailleurs, la connaissance de la répartition des personnes à bord et de leur faible nombre de bagages permet d'affirmer que la masse et le centrage de l'avion étaient dans les limites définies par le constructeur.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Conditions météorologiques le jour de l'accident

L'aérodrome d'Annemasse n'est pas équipé de moyens de mesures météorologiques.

Les observations<sup>(2)</sup> faites à 7 h 20 sur l'aéroport de Genève, distant de 13 km, indiquaient un vent nul, une visibilité de 4 500 m, de la brume, une température de - 3 °C, un point de rosée à - 4 °C et un QNH de 1018 hPa. A 7 h 50, la température observée était de - 1 °C et le point de rosée de - 2°C.

Les conditions estimées par Météo France sur l'aérodrome d'Annemasse au moment de l'accident étaient : risque de brouillard, température - 2°C, humidité 98 %<sup>(3)</sup> et un vent calme.

Une photo de l'aérodrome prise environ 50 minutes avant l'accident, montre la présence de stratus bas, ainsi que de la neige au sol.



Figure 4 - Photo prise le matin de l'accident sur l'aérodrome

Selon des témoins, le pilote a consulté les informations météorologiques sur son portable, peu avant le départ.

### 1.7.2 Conditions météorologiques la veille de l'accident

La veille de l'accident, le pilote avait décollé de Paris-Le Bourget vers Annemasse où il avait atterri vers 16 h 00. Il avait volé à une altitude de croisière de 27 000 ft, où la température de l'air était d'environ - 40 °C. Dans la soirée, la température au sol à Annemasse était de 0 °C. Elle a encore diminué dans la nuit.

## 1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9 Télécommunications

L'aérodrome d'Annemasse est réservé aux aéronefs munis de radio. Les communications n'y sont pas enregistrées.

Le passager en place droite avait contacté par radio l'organisme de contrôle de Genève pour une clairance de départ.

<sup>(2)</sup>METAR LSGG  
040720Z 00000KT  
4500 BR NSC  
M03/M04 Q1018  
BECMG 6000  
METAR LSGG  
040750Z 00000KT  
5000 BR NSC  
M01/M02 Q1018  
BECMG 6000.

<sup>(3)</sup>Soit un point de rosée de - 2,25 °C.

Il est ensuite revenu sur la fréquence auto-information de l'aérodrome d'Annemasse pour le roulage et le décollage.

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

### 1.10.1 Annemasse

L'aérodrome d'Annemasse est situé à une altitude de 1 620 ft. Il dispose d'une piste 12/30 d'une longueur de 1 300 mètres. La piste 12 est préférentielle.

Il n'est pas contrôlé et ne dispose pas de service AFIS. Il n'existe pas de moyen de dégivrage sur cet aérodrome.

La piste était sèche le matin de l'accident.

En 2012, 27 924 mouvements d'avions ont eu lieu à Annemasse. Parmi ceux-ci, 978 ont concerné des départs sous plan de vol aux instruments, soit un peu moins de trois par jour y compris en hiver. Environ la moitié a été effectuée sur des avions de catégorie de masse similaire à celle d'un Beechcraft Premier 1A, tels que des Pilatus PC12, des Socata-Daher TBM700, ou des biréacteurs d'affaires comme des Cessna Citation (C510 ou C525).

### 1.10.2 Autres aérodromes voisins

En 2012, 22 680 mouvements ont été observés sur l'aérodrome d'Annecy, 37 872 sur celui de Chambéry et 37 892 sur celui de Grenoble-Isère. Ces trois aérodromes accueillent du trafic aérien commercial et sont équipés de moyens de dégivrage. Les avions d'affaires, notamment ceux évoqués au paragraphe 1.10.1, utilisent les moyens de dégivrage de ces aérodromes en cas de nécessité.

## 1.11 Enregistreurs de bord

L'avion était équipé d'un enregistreur de vol. Cet emport n'est pas imposé par la réglementation en vigueur. Il s'agit d'un enregistreur phonique (CVR)<sup>(4)</sup> d'une capacité d'enregistrement d'au moins trente minutes. Il a été endommagé dans l'incendie qui a suivi l'accident. La lecture des données, réalisée au BEA, a révélé deux périodes distinctes.

La première correspond à la fin de l'approche et à l'arrivée sur l'aérodrome d'Annemasse la veille de l'accident. L'écoute de la fin de ce vol a permis de noter les éléments suivants :

- ☐ une seule personne est présente dans le cockpit. Elle est identifiée comme étant celle assise en place gauche (place pilote) au moment de l'accident ;
- ☐ il n'y a aucune évocation des conditions météorologiques en cours sur le terrain d'Annemasse (pluies, perturbations, ...).

La seconde période correspond au temps écoulé entre le démarrage du CVR le jour de l'évènement et l'instant de l'accident. Elle dure 8 min 35 s. L'enregistrement CVR débute au cours de la phase de vérification avant le roulage. Les deux moteurs étaient déjà en fonctionnement. Les vérifications avant le roulage ont été enregistrées, et le pilote a notamment annoncé « *Flight controls okay and correct* ».

<sup>(4)</sup>- Constructeur :  
L3-COM  
- Modèle : FA2100  
- Numéro de type :  
2100-1010-51  
- Numéro de  
série : 314209

Les données du CVR ont été synchronisées à partir des informations horaires obtenues sur les détections radar du VP-CAZ. La chronologie des bruits et alarmes est la suivante :

- ❑ 7 h 38 min 37 / Décollage ;
- ❑ 7 h 38 min 39,6 / Annonce GPWS « *Bank angle – Bank angle* » ;
- ❑ 7 h 38 min 41,4 / Alarme de décrochage (durée : 1,2 s) ;
- ❑ 7 h 38 min 41,9 / Annonce GPWS « *Bank angle, ... , Bank angle* » ;
- ❑ 7 h 38 min 45,2 / Alarme de décrochage (durée : 1,8s) ;
- ❑ 7 h 38 min 47,1 / Annonce GPWS « *Bank angle – Bank angle* » ;
- ❑ 7 h 38 min 48,2 / Alarme de décrochage (jusqu'au premier impact) ;
- ❑ 7 h 38 min 52 / Premier bruit d'impact ;
- ❑ 7 h 38 min 52,3 / Second bruit d'impact ;
- ❑ 7 h 38 min 52,5 / Dernier bruit d'impact ;
- ❑ 7 h 38 min 52,9 / Fin de l'enregistrement.

Le pilote ne mentionne aucune alarme visuelle. Le vibreur de manche n'a pas pu être identifié en raison du bruit environnant.

L'analyse spectrale de l'enregistrement a permis de déterminer les vitesses de rotation des parties tournantes des deux moteurs, de la roue du train avant et des roues des trains principaux. Il a été possible d'en déduire les différents régimes des deux moteurs (N1 et N2), ainsi que les vitesses de rotation des roues, et donc une vitesse sol lors du roulage.

Les informations issues du CVR sont synthétisées sur la figure suivante.

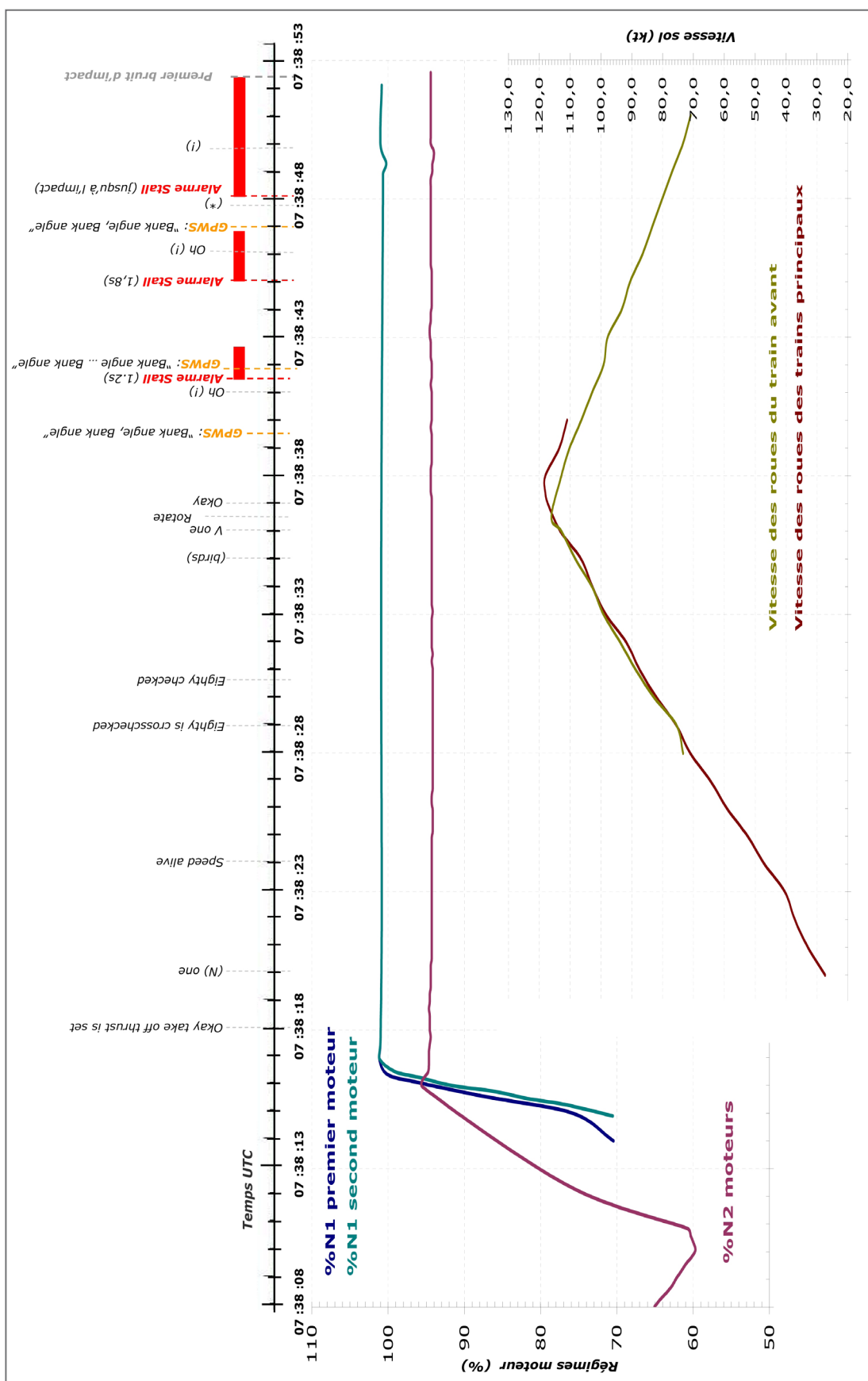


Figure 5 - Synthèse des informations issues du CVR



## 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'épave se situe à environ 600 mètres au sud-est du seuil de la piste 30 de l'aérodrome d'Annemasse, sur la commune de Cranves-Sales (74). Elle est localisée dans le jardin d'un particulier. Sa partie principale est constituée notamment du fuselage, de l'empennage, des deux turboréacteurs, de l'aile droite et de l'emplanture de l'aile gauche. L'aile droite, le longeron central et un tronçon de l'aile gauche se sont, quant à eux, séparés de la cellule et ont été retrouvés à quelques mètres en amont du reste de l'épave. Une grande quantité de carburant était présente dans l'aile droite.

Le plan horizontal réglable est retrouvé proche de la position neutre correspondant au calage de décollage.

Un premier impact de l'aéronef avec la toiture de la maison d'un autre particulier a été observé à environ 150 m à l'ouest de l'épave principale.

Les autres éléments de l'aéronef ont été retrouvés principalement dans un champ entre les deux propriétés, en particulier :

- ❑ l'aile gauche, qui présente des traces de même couleur que celles des tuiles appartenant à la première maison endommagée. Des traces de feu (suie) ont été observées sur cette aile, au niveau de la zone de rupture ;
- ❑ le train principal gauche, sur lequel des morceaux de charpente en bois et des traces de dépôt de la couleur des tuiles ont été retrouvés.

Une première trace importante d'impact avec le sol a été observée dans le champ, à 20 m de sa limite ouest, sur une longueur de 15 m. Elle présente une légère courbure vers la gauche (dans le sens de la trajectoire). Le train principal droit a été retrouvé à l'extrémité de cette trace.

Une deuxième trace, moins étendue mais plus profonde, a été observée à gauche de la précédente.

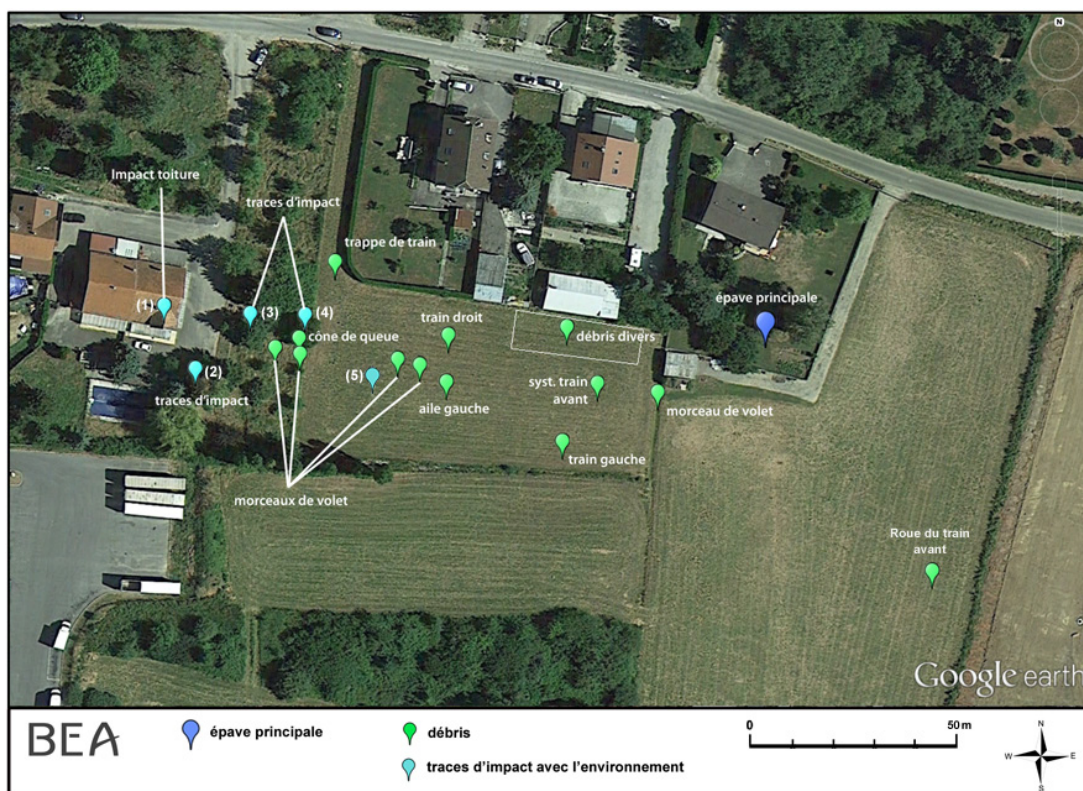


Figure 6 - Répartition des principaux débris

### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Des examens médicaux et biologiques ont été réalisés sur le pilote et le passager. Ils n'ont pas mis en évidence d'élément susceptible d'expliquer l'accident.

### 1.14 Incendie

L'ensemble de l'épave principale a brûlé dans l'incendie consécutif à l'impact, à l'exception de la partie supérieure de l'empennage. La cellule en composite a été entièrement détruite par le feu.

### 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Les occupants avant sont décédés du fait de l'importance des forces de décélération à l'impact et de l'ampleur de l'incendie.

La passagère survivante a été projetée dans le prolongement de la trajectoire finale de l'avion. Elle a été secourue. La végétation qui la séparait du foyer d'incendie d'une part et l'intervention rapide de passants d'autre part lui ont probablement évité d'être exposée au risque de brûlures.

### 1.16 Essais et recherches

#### 1.16.1 Examen des systèmes d'antigivrage

Ni le panneau de contrôle « *ICE PROTECTION* », ni aucun calculateur lié à la protection antigivrage n'ont été retrouvés sur le site de l'accident. Il n'a donc pas été possible de déterminer la position de leurs commandes au moment de la collision.

Les deux valves d'antigivrage des moteurs et les deux valves d'antigivrage des ailes ont été prélevées sur l'épave. Leur examen n'a pas permis de déterminer si elles étaient ou non en fonctionnement lors du vol de l'accident.

#### 1.16.2 Examen des volets

Parmi les huit actionneurs de volets, six ont été retrouvés et examinés. Le positionnement de cinq d'entre eux a pu être identifié (entourés sur la figure ci-dessous).

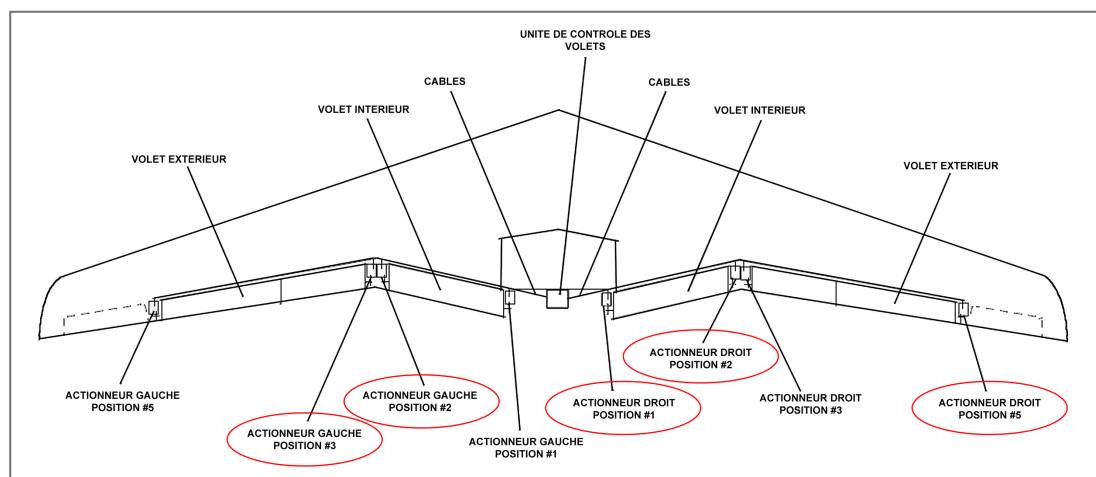


Figure 7 - Position des actionneurs des volets retrouvés sur le site

Chaque volet est actionné par deux actionneurs, l'un à chaque extrémité.

L'examen des actionneurs indique que leur extension correspond à une position des volets autour de 10°, pour :

- ☐ le volet extérieur gauche ;
- ☐ le volet intérieur gauche ;
- ☐ le volet extérieur droit.

L'actionneur n° 2 du volet intérieur droit indique une extension à 10°, ce qui n'est pas le cas du n° 1. Ce dernier a probablement été déformé lors de l'impact avec le sol. Il est en effet peu probable que deux actionneurs reliés au même volet aient eu en vol deux positions correspondantes à deux positions de volets différentes.

### 1.16.3 Etude de performance

Une simulation numérique réalisée par le constructeur a permis de déterminer les valeurs de distance de décollage parcourue, de vitesse et d'angle d'incidence. Ces travaux ont été réalisés en s'appuyant sur un modèle d'avion « *propre* », c'est-à-dire sans contamination<sup>(5)</sup> sur les surfaces. Cette simulation a été effectuée en reproduisant les conditions météorologiques du moment, la masse et le centrage estimés pour le vol de l'accident ainsi qu'une configuration de volets à 10° et une piste sèche. La simulation repose également sur l'hypothèse d'une assiette au décollage de 10°, ce qui est une valeur moyenne pour un décollage normal.

Dans ces conditions :

- ☐ les valeurs V1 / VR / V2 données par le manuel de vol sont respectivement de 101 kt / 107 kt / 120 kt. Ces vitesses sont également celles annoncées par le pilote avant le décollage ;
- ☐ le seuil de déclenchement de l'alarme de décrochage et du vibreur de manche est de 10,3° d'incidence.

La comparaison entre les résultats de la simulation et les calculs dérivés des données CVR montre que la course au décollage du VP-CAZ le jour de l'accident était similaire à celle du modèle avec un aéronef « *propre* » :

	Modèle avec aéronef « <i>propre</i> »	VP-CAZ le jour de l'accident
Distance de la course au décollage depuis l'instant où les roues du train principal sont détectées en rotation par l'analyse spectrale	590 m	625 m environ
Temps de la course au décollage depuis l'instant où les roues du train principal sont détectées en rotation par l'analyse spectrale	16 s	17 s environ
Vitesse lors de l'envol	117 kt	118 kt

*Note : les vitesses issues du modèle sont des vitesses air, et celle issues des données CVR des vitesses sol. Comme le vent était calme le matin de l'accident, ces deux types de vitesses peuvent être considérés comme ayant les mêmes valeurs.*

<sup>(5)</sup> L'accumulation de givre, de glace, ou de neige sur les surfaces critiques d'un aéronef est appelée « contamination ».

La simulation montre également qu'un aéronef « *propre* » avec une assiette constante à  $10^\circ$  et ces vitesses au décollage aurait eu un taux de montée positif avec des angles d'incidence inférieurs au seuil de déclenchement de l'alarme de décrochage. Les hauteurs atteintes par le modèle « *propre* » et le VP-CAZ à différents moments du vol sont comparées ci-dessous :

Temps écoulé depuis l'envol	Modèle avec aéronef « <i>propre</i> »			VP-CAZ le jour de l'accident
	Vitesse verticale	Angle d'incidence	Hauteur	Hauteur
7 s (1 <sup>ère</sup> détection radar)	1 400 ft/min	$3,8^\circ$	120 ft	80 ft
12 s (2 <sup>ème</sup> détection radar)	1 700 ft/min	$2,7^\circ$	270 ft	150 ft
15 s (impact avec la 1 <sup>ère</sup> maison)	2 000 ft/min	$2,2^\circ$	370 ft	15 ft

#### 1.16.4 Effets de la contamination des ailes sur les performances des avions

Le dépôt de contaminants givrés sur l'aile, même en faible quantité, rend sa surface rugueuse. Cette rugosité modifie localement l'écoulement aérodynamique et provoque 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 ;
- ☐ de la portance maximale ;
- ☐ et de 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* ».

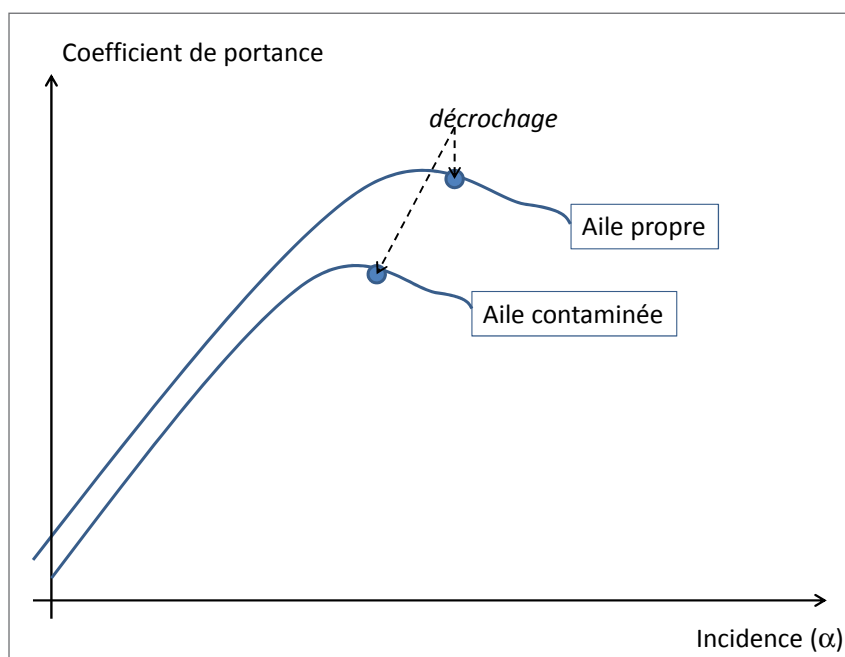


Figure 8 - Effets de la contamination sur la portance

L'accrétion de givre peut également provoquer une instabilité en roulis caractérisée par des départs successifs incontrôlés à gauche et à droite.

A ces effets néfastes sur la portance s'ajoutent l'augmentation de la traînée et de la masse de l'avion.

Des études<sup>(6)</sup> montrent que les avions équipés d'ailes :

- ☐ qui ont une faible longueur de corde,
- ☐ qui ne sont pas munies de becs,
- ☐ et qui ont un bord d'attaque en flèche,

sont plus particulièrement sensibles aux effets du givrage au sol. Les ailes du Beechcraft Premier 1A présentent ces trois caractéristiques.

#### 1.16.5 Phénomène de « *Cold-Soaked Fuel Frost* »

Le phénomène de « *Cold-Soaked Fuel Frost* » peut se produire lorsque les réservoirs d'un avion au sol contiennent suffisamment de carburant à des températures inférieures à 0 °C. Ceci peut être le cas à l'issue d'un vol à haute altitude. Pendant l'escale, l'eau contenue dans l'air peut alors se condenser, geler sur l'extrados de la voilure refroidie par le carburant et former une couche de givre qui peut s'avérer peu visible. Des expériences ont montré que lorsque les températures ambiantes sont comprises entre - 2° et + 15 °C, de la glace ou du givre peut se former en présence d'un fort taux d'humidité si la surface des ailes de l'avion au parking se maintient à une température inférieure ou égale à 0 °C.

Ce phénomène a contribué à la survenue de plusieurs accidents, dont :

- ☐ l'accident du Bombardier CL600-2B16 (Challenger 604), immatriculé N90AG, au décollage de Birmingham (Royaume-Uni) le 4 janvier 2002<sup>(7)</sup>.
- ☐ l'accident du CRJ100, immatriculé EW-101PJ, au décollage de Erevan (Arménie) le 14 février 2008<sup>(8)</sup>.

#### 1.16.6 Systèmes de détection de glace

Les risques associés aux effets de la contamination doivent conduire à ne pas entreprendre un décollage à moins que les surfaces externes ne soient dégagées de tout dépôt susceptible d'avoir une incidence négative sur les performances et/ou la maniabilité de l'avion (sauf dans les limites spécifiées dans le manuel de vol). C'est le concept d'« *aéronef propre* ».

Pour cela, un contrôle visuel et/ou tactile doit être effectué par le commandant de bord. Il vise à détecter sur les surfaces la présence de rugosité ou de sensations différentes de celles de la peau de l'aéronef, en particulier sur les surfaces critiques comme les ailes et l'empennage horizontal. Les ailes photographiées ci-dessous sont celles d'un Beechcraft Premier 1A ayant stationné toute une nuit à l'extérieur sur l'aéroport du Bourget par des conditions météorologiques similaires à celles qui régnaient à Annemasse le 4 mars 2013. Du givre blanc, présentant des rugosités à quelques endroits, s'est déposé sur toute la surface des ailes, sans qu'il y ait eu de précipitations au préalable.

<sup>(6)</sup>Voir le document de la DGAC « Flight in Icing Conditions » [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGAC\\_Icing\\_flight\\_manual.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGAC_Icing_flight_manual.pdf)

Voir aussi : étude de la FAA : DOT/FAA/AR-05/39 « Experimental Investigation of Ice Accretion Effects on a Swept Wing » <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar05-39.pdf>.

<sup>(7)</sup>Rapport AAIB : [http://www.aaib.gov.uk/publications/formal\\_reports/5\\_2004\\_n90ag.cfm](http://www.aaib.gov.uk/publications/formal_reports/5_2004_n90ag.cfm)

<sup>(8)</sup>Rapport MAK : [http://www.mak.ru/russian/investigations/2008/report\\_ew-101pj.pdf](http://www.mak.ru/russian/investigations/2008/report_ew-101pj.pdf)





Figure 9 - Rugosité sur une aile contaminée par du givre

Il existe parfois des aides visuelles, comme des bandes de couleur sur les ailes, permettant une meilleure détection de la présence de givre ou de neige sur une voilure peinte en blanc ou gris. Ces bandes de couleur sont cependant inefficaces lorsqu'elles sont recouvertes de glace transparente.

Par ailleurs, la contamination peut s'étendre à toutes les surfaces d'un avion, dont certaines peuvent être difficiles à observer sans l'aide d'un escabeau, en particulier le dessus des surfaces des empennages arrière.

Il existe de nombreux systèmes permettant de détecter la formation de givre ou de glace en vol. Le Beechcraft Premier 1A est équipé de l'un de ces systèmes. Celui-ci n'est pas conçu pour détecter la contamination d'une aile au sol.

La technologie actuelle peut cependant permettre de déterminer au sol si la surface de l'aéronef est contaminée et par quel type de contaminant<sup>(9)</sup>. L'objectif est de donner aux pilotes l'assurance que les surfaces critiques sont exemptes de contaminants gelés avant le décollage. Parmi ces technologies, on distingue les dispositifs au sol et les dispositifs embarqués.

- ❑ Les dispositifs au sol sont conçus pour déceler la glace, la neige, la neige fondante ou le givre sur les surfaces critiques de l'avion et/ou pour évaluer l'état du liquide antigivrant. Ce sont par exemple des caméras infra-rouge, portables ou embarquées sur des camions qui, grâce à un traitement informatique de l'image, permettent de visualiser les éventuelles zones contaminées d'une surface<sup>(10)</sup>.
- ❑ Les dispositifs embarqués permettent d'alerter le pilote en poste de pilotage de la présence de glace, de neige, de neige fondante ou de givre sur les surfaces critiques de l'avion. Ces systèmes sont par exemple basés sur :
  - la propagation d'ultra-sons : des capteurs sous le revêtement de l'aéronef permettent de détecter et de distinguer plusieurs types de contaminants en fonction de la réponse de la peau aux ondes transmises, ou
  - la mesure d'ondes électromagnétiques (dépendantes du type de contaminant) à l'aide de sondes affleurant la surface et installées dans des zones spécifiques, favorables aux accrétions.

Différents systèmes utilisant ces technologies sont proposés à l'industrie aéronautique depuis les années 1990. Certains systèmes, déjà certifiés par la FAA et opérationnels par exemple sur l'aéroport de Toronto au Canada, sont utilisés par des compagnies aériennes américaines majeures. La réglementation n'impose pas leur installation.

<sup>(9)</sup>Le manuel de l'OACI sur les activités de dégivrage et d'antigivrage au sol des aéronefs (Doc 9640) définit, dans son chapitre 12, les types et les objectifs des systèmes de détection et d'avertissement du givrage.

<sup>(10)</sup>Voir la note technique de la FAA et de Transport Canada, publiée en février 2006 <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/tc06-20.pdf>

## 1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

### 1.17.1 Inspection de l'état extérieur de l'avion avant décollage

#### 1.17.1.1 Réglementation en vigueur le jour de l'accident

Le jour de l'accident, l'avion VP-CAZ était exploité en aviation générale.

Conformément à la Convention relative à l'aviation civile internationale de l'OACI (Convention de Chicago), il devait être exploité à la fois selon les règlements du pays survolé (la France) et selon les règlements du pays d'immatriculation (Iles Caïman).

L'arrêté français du 24 juillet 1991 relatif aux conditions d'utilisation des aéronefs civils en aviation générale indique au paragraphe 5.10.2 « *Dépôts de neige, de glace ou autre* » que :

« *Aucun aéronef ne peut être utilisé s'il n'a été débarrassé de tout dépôt de neige, de glace ou autre pouvant affecter ses performances ou son bon fonctionnement.* »

L'avion étant immatriculé aux Iles Caïmans, il devait être exploité aussi selon les règles de la « *Overseas Territories Aviation Requirements (OTAR)* ». Il y est précisé au paragraphe 91.210 :

« *The pilot-in-command :*

- a. shall not operate an aircraft in conditions where ground icing is known or suspected to be present, unless the aircraft has been inspected for icing and if necessary given such de-ice and anti-ice treatment as may be required;*
- b. shall at no time perform a take-off in an aircraft that has snow, ice, or frost adhering to the wings, rotors, stabilisers, or control surfaces; and*
- c. may only perform a take-off in an aircraft that has frost adhering to a propeller, windscreen, or powerplant installation if such action is specifically permitted by the aircraft flight manual and the take-off is performed in accordance with the aircraft flight manual procedures.* »

Il est à noter que pour le transport commercial, le règlement européen n° 859/2008<sup>(11)</sup> précise dans son paragraphe OPS1.345 « *Givre et autres contaminants – Procédures au sol* » que :

- a) L'exploitant établit des procédures de dégivrage et d'antigivrage au sol, ainsi que les inspections de l'avion liées à celles-ci.*
- b) Le commandant de bord n'entreprend pas un décollage, à moins que les surfaces externes ne soient dégagées de tout dépôt susceptible d'avoir une incidence négative sur les performances et/ou la maniabilité de l'avion, sauf dans les limites spécifiées dans le manuel de vol.* »

#### 1.17.1.2 Evolution réglementaire

Le règlement européen n° 800/2013 du 14 août 2013 sera appliqué par tous les Etats membres de l'Union européenne au plus tard le 25 août 2016. Complétant la réglementation dite « *Air OPS* », ses dispositions s'appliqueront également aux opérations non-commerciales. Il imposera en particulier pour toutes les opérations non-commerciales avec un aéronef motorisé complexe (« *Non-commercial air operations with complex motor-powered aircraft* », dont l'abréviation est « *NCC* ») les mêmes exigences que pour les vols commerciaux. Le Beechcraft Premier 1A Model 390 est un aéronef motorisé complexe et le vol du VP-CAZ aurait été du type « *NCC* » si ce règlement avait été en vigueur le jour de l'accident.

<sup>(11)</sup>Règlement européen n° 859/2008 de la Commission du 20 août 2008 modifiant le règlement (CEE) n° 3922/91 du Conseil en ce qui concerne les règles techniques et procédures administratives communes applicables au transport commercial par avion.

**« NCC.OP.185 Givre et autres contaminants - procédures au sol**

- a) L'exploitant établit les procédures à suivre lorsque des opérations de dégivrage et d'antigivrage au sol, ainsi que les inspections de l'aéronef liées à celles-ci, sont nécessaires pour permettre une exploitation sûre de l'aéronef.
- b) Le pilote commandant de bord n'entreprend un décollage que si les surfaces externes sont dégagées de tout dépôt susceptible d'avoir une incidence négative sur les performances ou la maniabilité de l'aéronef, sauf dans les limites des procédures spécifiées au point a) et dans le manuel de vol de l'aéronef. »

**1.17.1.3 Manuels du constructeur**

Les procédures du constructeur de l'avion (partie « *Limitations* » de l'AFM - voir annexe 1) indiquent que le décollage est interdit si du givre, de la glace, de la neige ou de la neige fondue adhère aux surfaces des ailes, aux entrées d'air des moteurs ou sur toute autre surface critique.

Elles indiquent aussi que, lors de la visite pré-vol, un contrôle visuel et tactile doit confirmer l'absence de givre ou de tout autre contaminant sur les ailes si la température extérieure est inférieure à 10 °C ou s'il n'est pas certain que la température du carburant dans les ailes est supérieure à 0 °C et :

- ☐ s'il y a présence d'humidité visible (pluie, bruine, givre, neige, brouillard, etc...), ou
- ☐ si de l'eau est présente sur les ailes, ou
- ☐ si la différence entre le point de rosée et la température extérieure est inférieure ou égale à 3 °C, ou
- ☐ si les conditions atmosphériques sont propices à la formation de givre.

Les procédures (partie « *Normal procedures* » de l'AFM – voir annexe 1) prévoient également de s'assurer de l'absence de givre sur les ailes lors de la visite pré-vol extérieure.

Elles précisent également que :

- ☐ la protection antigivrage de la gouverne de profondeur doit être positionnée en mode automatique ;
- ☐ si l'humidité de l'air est visible et les températures inférieures ou égales à 5 °C, alors la protection antigivrage des ailes doit être en marche pour le décollage, et celle des moteurs pendant le roulage et le décollage.

Le manuel d'exploitation du constructeur précise par ailleurs les effets néfastes de la contamination des surfaces critiques de l'aéronef :

*« Ice buildup on unprotected surfaces will increase drag, add weight, reduce lift, and generally, adversely affect the aerodynamic characteristics and performance of the airplane. It can progress to the point where the airplane is no longer capable of flying. »*



## **1.17.2 Formation aux opérations en conditions givrantes**

### **1.17.2.1 Dispositions générales**

Les moyens de conformité à la Part-FCL (Annexe 1 au règlement (UE) 1178/2011 de la Commission du 3 novembre 2011) indiquent que la formation initiale des personnels navigants doit comprendre des cours sur les effets des contaminants comme le givre, la neige ou la glace sur les ailes, en particulier sur le décrochage et la perte de contrôle.

Lors des prorogations de qualification de type, ces thèmes ne sont pas obligatoirement abordés. La Part FCL 740.A ne l'impose pas : seule la connaissance de l'utilisation des systèmes d'antigivrage/dégivrage est évaluée lors des contrôles de compétences.

Lors des prorogations de qualification sur Beechcraft Premier 1A, Flight Safety International à Philadelphie/Wilmington rappelle l'obligation de s'assurer de l'absence de givre ou de tout autre contaminant sur les ailes, en présentant les limitations décrites dans le manuel du constructeur (*voir annexe 1*). Ce centre de Flight Safety International indique que ces rappels avaient été dispensés au pilote lors de sa prorogation de qualification de mai 2012. Les séances de simulateur effectuées lors des contrôles périodiques sont surtout orientées vers l'impact des conditions givrantes sur l'adhérence de la piste, l'ingestion de glace par les moteurs et l'augmentation de la masse de l'avion.

### **1.17.2.2 Transport commercial**

Le règlement européen n° 859/2008 impose aux exploitants en transport commercial de s'assurer du maintien des compétences et des contrôles périodiques des équipages. En particulier, l'entraînement périodique doit comprendre un cours de rafraîchissement au sol sur les procédures et règlements opérationnels, y compris le dégivrage et l'antigivrage. Les connaissances acquises lors du cours de rafraîchissement sont vérifiées au moyen d'un questionnaire ou par toute autre méthode adéquate.

Par ailleurs, ce règlement impose que le manuel d'exploitation décrive la politique et les procédures de dégivrage et d'antigivrage des avions au sol. Elle doit inclure une description des types et effets du givre et autres contaminants sur les avions immobilisés sur la piste, lors des déplacements au sol et lors du décollage.

Dans la pratique, les exploitants commerciaux dispensent aux équipages des cours sur les vols en conditions hivernales (ou cours « *Winter Ops* ») avant chaque hiver afin de les sensibiliser aux risques de givrage et rappeler les procédures et bonnes pratiques pour les maîtriser.

## **1.17.3 Exploitation des aérodromes en conditions hivernales**

L'Annexe 14 de l'OACI recommande au paragraphe 3.15.1 de mettre en œuvre des postes de dégivrage/antigivrage dans les aérodromes soumis au risque de givrage. Par ailleurs, le manuel de l'OACI sur les activités de dégivrage et d'antigivrage au sol des aéronefs (Doc 9640) précise au paragraphe 8.1 que de tels postes sont nécessaires lorsque des conditions de neige ou de givre au sol sont susceptibles de se produire. Le document indique que sont également concernés les aérodromes accueillant des aéronefs sur les ailes desquels du givre peut se former par effet de « *Cold-Soaked Fuel Frost* », même si les conditions au sol ne sont pas givrantes.

La réglementation française n'impose pas de mettre en œuvre des postes de dégivrage/antigivrage, ni plus généralement de moyens de dégivrage sur les aérodromes nationaux.

*Note : la réglementation européenne relative à la sécurité des aérodromes s'appliquera au plus tard le 31 décembre 2017 aux aérodromes français ayant un trafic supérieur à 10 000 passagers par an. Elle imposera que ces aérodromes soient équipés de moyens de dégivrage dès lors que des conditions givrantes sont susceptibles de se produire. A la date de l'accident, le trafic à l'aérodrome d'Annemasse était inférieur à 10 000 passagers par an.*

## **1.18 Renseignements supplémentaires**

### **1.18.1 Événements antérieurs**

#### **1.18.1.1 Revue statistique**

Une recherche effectuée dans la base de données de l'OACI a permis d'identifier 45 accidents survenus au décollage entre 1989 et 2012 à des avions dont les ailes étaient contaminées par de la glace ou du givre, soit environ deux accidents par an (voir l'annexe 2 pour la liste complète). Treize d'entre eux concernaient des avions exploités en aviation générale, et 32 en transport public. La plupart sont liés à des pertes de contrôle après le décollage en raison de la dégradation des performances aérodynamiques résultant de la présence de givre sur les ailes. La répartition par catégorie de masse maximale au décollage est la suivante :

- ☐ masse inférieure à 5,7 t : 28 (62 %) ;
- ☐ masse comprise entre 5,7 t et 27 t : 7 (16 %) ;
- ☐ masse supérieure à 27 t : 10 (22 %).

Aucun de ces accidents n'implique de Beechcraft Premier 1A.

Une analyse des circonstances de ces accidents fait ressortir les faits suivants :

1. La température était toujours proche ou inférieure à 0 °C, avec une forte humidité relative.
2. Les précipitations étaient sous forme :
  - de neige dans 53 % des cas,
  - de pluie dans 4 % des cas,
  - aucune dans 22 % des cas,
  - inconnue dans 20 % des cas.
3. Aucun dégivrage de l'avion n'a été effectué avant le décollage dans 71 % des cas, soit 32 accidents. Pour treize d'entre eux, le pilote avait conscience de la présence de givre ou de neige sur les ailes avant le décollage et a tout de même décidé d'entreprendre le vol.
4. Dans 18 % des cas, le pilote a tenté d'enlever la neige et le givre en grattant manuellement ou à l'aide d'une raclette les surfaces, mais les ailes sont cependant restées contaminées lors du décollage.
5. La durée d'efficacité du liquide de dégivrage appliqué a été dépassée dans 7 % des cas.
6. Des inclinaisons brutales de l'avion à gauche et/ou à droite ont été observées juste après le décollage dans 33 % des cas.
7. Un nombre important des cas concerne des avions possédant des ailes en flèche non équipées de becs, comme les Fokker de la famille F28/F70/F100, certains Douglas DC 9/MD80 ou, plus récemment, le Bombardier CRJ.

### 1.18.1.2 Accident survenu au Fokker 100 à Pau en janvier 2007

L'un des événements étudiés au paragraphe précédent est survenu au Fokker 100 immatriculé F-GMPG à proximité de l'aérodrome de Pau Pyrénées (64) le 25 janvier 2007. Il a fait l'objet d'une enquête par le BEA<sup>(12)</sup> qui a émis plusieurs recommandations de sécurité.

Peu après le décollage, l'avion s'était incliné à gauche, à droite, puis à gauche. Il avait touché le sol avec une légère inclinaison à droite, rebondi, roulé dans les servitudes à droite de la piste et traversé le grillage d'enceinte de l'aérodrome. Il avait ensuite franchi une route et heurté la cabine d'un camion, blessant mortellement son conducteur. L'avion avait glissé dans un champ sur environ 535 mètres, à droite de la rampe d'approche de la piste 31 avant de s'immobiliser. Aucun occupant n'avait été blessé. L'avion avait été détruit.

Le dégivrage des ailes et de l'empennage arrière n'avait pas été réalisé.

L'enquête a conclu à une perte de contrôle consécutive d'une part à la présence de contaminants givrés sur la surface de l'aile liée à une prise en compte insuffisante de la situation météorologique pendant l'escale, et d'autre part à la rotation rapide en tangage, réaction réflexe pour éviter des oiseaux. L'enquête a aussi montré que les facteurs suivants avaient pu contribuer à l'accident :

- ❑ la conscience limitée au sein de la communauté aéronautique française des risques associés au givrage au sol ainsi que des modifications des performances de l'avion liées au phénomène ;
- ❑ la sensibilité particulière des avions non équipés de becs aux effets du givrage au sol ;
- ❑ une sensibilisation insuffisante des navigants aux procédures de vérification tactile de l'état des surfaces en conditions givrantes et l'absence de mise en place par l'exploitant d'une organisation adaptée aux escales ;
- ❑ l'aspect routinier du vol et de la situation météorologique qui n'était pas de nature à inciter l'équipage à une vigilance particulière.

Afin d'éviter le renouvellement d'accidents similaires, le BEA avait notamment recommandé que :

- ❑ « la DGAC s'assure que les exploitants ont mis en place l'organisation et les moyens y compris en matière de formation permettant une mise en œuvre effective des procédures de vérification de l'état des surfaces lorsqu'il existe un risque de givrage au sol. » (Recommandation FRAN-2008-028)

La DGAC a répondu à cette recommandation et engagé les actions suivantes :

- ❑ « Le sous-chapitre IV.5 annexe 1.1.2 du MCT-TP relatif au guide d'examen d'un manuel d'exploitation comporte, dans son paragraphe A.8.2.4, une partie relative aux procédures de dégivrage et d'antigivrage. Les critères de détection de la présence d'un contaminant et le suivi des conditions environnementales qui y sont décrits ont été révisés et développés. Cette modification a été publiée dans l'amendement n° 14 du MCT-TP en date du 19 janvier 2010.

*La vérification de l'application des procédures de givrage et antigivrage est prévue dans le MCT dans les audits programmés de la préparation des vols et de l'assistance en escale. Elle peut également faire l'objet de contrôles inopinés. Ce point a fait partie des actions prioritaires de surveillance de la DSAC durant la saison hivernale*

<sup>(12)</sup>Voir rapport d'enquête du BEA : <http://www.bea.aero/docspa/2007/fpg070125/pdf/fpg070125.pdf>.

2009/2010, priorité reconduite pour 2010/2011. Un bilan a été réalisé en janvier 2013. Ce dernier a montré que les procédures adaptées étaient en place et n'a conduit qu'à des demandes d'améliorations mineures. Des remarques ont notamment été formulées sur la surveillance exercée par les compagnies sur leurs sous-traitants en charge du dégivrage. »

Le BEA avait aussi recommandé que :

- ❑ « tout en veillant à maintenir les exigences opérationnelles relatives au contrôle du dégivrage avant le vol, l'AESA s'attache à faire évoluer les spécifications de certification pour demander l'analyse du comportement des avions lorsque les surfaces d'ailes sont contaminées au sol et pour garantir le maintien des marges de sécurité acceptables en cas de contamination légère. » (Recommandation FRAN-2008-029)

En réponse à cette recommandation, une nouvelle tâche réglementaire a été créée par l'AESA (RMT.0118 - « Analysis of on-ground wings contamination effect on take-off performance dégradation »). L'objectif de cette tâche est de proposer un amendement au CS-25 pour exiger que les titulaires de certificat de type évaluent l'effet d'une contamination des ailes au sol sur les performances de décollage, ainsi que la manœuvrabilité et la contrôlabilité des aéronefs. Les contaminants à prendre en compte devraient être :

- ❑ contamination légère difficile à déceler à l'œil nu ;
- ❑ contamination de l'extrados due à la température du carburant (phénomène de « cold soaked fuel frost ») ;
- ❑ contamination résiduelle après dégivrage des ailes ;
- ❑ résidus de fluide de dégivrage.

Cette tâche en cours est considérée comme prioritaire par l'AESA, et devrait s'achever en 2017.

### 1.18.2 Témoignages

De nombreux témoins ont vu l'avion décoller :

- ❑ ils décrivent une forte attitude à cabrer juste après le décollage, suivie d'une forte inclinaison à droite et à gauche puis d'une perte d'altitude ;
- ❑ ils indiquent qu'il n'y a pas eu de précipitations dans la nuit et que la température était proche de 0 °C ;
- ❑ ils ont vu l'avion décoller environ à mi-piste ;
- ❑ certains indiquent avoir retiré du givre sur le pare-brise de leurs voitures personnelles le matin de l'accident.

La passagère confirme avoir vu le pilote retirer le cache Pitot et les protections sur les entrées d'air des moteurs avant le vol. Elle indique que peu après le décollage l'avion s'est incliné fortement à gauche et à droite, en faisant presque un « tour complet ». Elle a vu le pilote incliner le manche fortement vers la gauche et la droite pour rattraper la trajectoire.

Un pilote de Beechcraft Premier 1A connaissait le pilote de l'accident et a indiqué que ce dernier avait l'habitude de remiser l'avion dans un hangar la nuit lorsqu'il savait qu'il volerait le lendemain matin par temps froid. Sur les aéroports du Bourget et de Genève, destinations habituelles de l'avion, celui-ci disposait d'un emplacement attitré dans un hangar. Le pilote n'avait que très occasionnellement besoin de faire dégivrer son avion avant un vol.

Ce même pilote, volant sur Beechcraft Premier 1A, ajoute que des pilotes mettent l'antigivrage au sol et comptent sur le flux d'air chaud lors du roulage pour dégivrer les ailes et l'empennage. A Annemasse, la distance entre le point de stationnement de l'avion et le seuil de la piste 12 n'est que de quelques dizaines de mètres et le temps de roulage réduit, inférieur à deux minutes dans le cas du VP-CAZ. Il n'a pas été possible de déterminer si cette « *procédure* » a été appliquée lors du vol de l'accident.

Il indique également que le pilote avait essayé de déposer un plan de vol de Paris-Le Bourget vers Genève le 3 mars 2013. Il n'y était pas parvenu en raison du manque de créneaux d'arrivée et avait donc déposé un plan de vol vers Annemasse.

## 2 - ANALYSE

### 2.1 Scénario

#### 2.1.1 Givrage de la voilure

Les éléments factuels montrent qu'il n'y a pas eu :

- ☐ de défaillance technique pouvant expliquer l'accident ;
- ☐ de malaise du pilote ni du passager avant ;
- ☐ d'influence d'un centrage arrière sur la pente de montée ;
- ☐ de configuration incorrecte ou de braquage dissymétrique des volets.

En revanche, l'enquête a montré que :

- ☐ les conditions météorologiques dans la nuit précédente et le matin de l'accident étaient propices à la formation de givre sur les surfaces de l'avion, en particulier sur les ailes ;
- ☐ le comportement de l'avion est compatible avec un décrochage dû à une contamination des ailes avec du givre ou de la glace : fortes inclinaisons incontrôlées dès l'envol et impossibilité d'établir une vitesse de montée suffisante, alors que la vitesse de décollage et la configuration de l'avion étaient appropriées ;
- ☐ ces effets du décrochage sont apparus avant le déclenchement de l'alarme de décrochage avec des valeurs d'angle d'incidence inférieures à la valeur théorique d'activation. Ceci est typique du comportement d'un profil d'aile contaminée ;
- ☐ le comportement de l'avion est comparable à celui de nombreux accidents dans le monde provoqués par la contamination de glace sur les ailes, conduisant au décrochage puis à une perte de contrôle lors du décollage ;
- ☐ les caractéristiques physiques des ailes de ce type d'avion les rendent particulièrement sensibles aux effets du givrage au sol.

#### 2.1.2 Scénario de l'accident

Compte tenu du manque de créneau d'arrivée à Genève, le pilote avait effectué le vol de Paris-Le Bourget vers Annemasse le 3 mars, avec l'intention d'une mise en place à Genève le lendemain.

Lors du vol du 3 mars, la température extérieure en croisière est descendue jusqu'à - 40 °C environ. Le carburant à l'intérieur des ailes a donc atteint des températures très froides. Après l'atterrissage à Annemasse le soir vers 16 h 00, l'avion a été stationné sur le parking de l'aérodrome. Le carburant contenu dans les réservoirs a pu maintenir la température de la surface des ailes à une température négative et inférieure à la température extérieure. Les conditions météorologiques (température de - 2 °C et forte humidité relative) sur l'aérodrome la nuit précédente et le matin de l'accident ont conduit au dépôt de glace ou de givre sur les ailes. Ce dépôt a pu être accentué par le phénomène de « *cold-soaked fuel frost* ».

Le jour de l'accident, le pilote a effectué sa visite pré-vol. Celle-ci prévoit de s'assurer de l'absence de givre sur les ailes. La pratique habituelle consiste en un contrôle visuel et tactile de la surface des ailes pour détecter toute rugosité. Le manuel de vol précise les conditions pour lesquelles ce contrôle doit être effectué. Le jour de l'accident, ces conditions étaient remplies. Il est probable que la couche de givre présente sur les ailes était faible. Par conséquent, il a pu être difficile de la déceler à l'œil nu. Cette difficulté a pu être augmentée par le fait que les ailes étaient de couleur blanche, comme le givre qui les recouvrait. Il est aussi possible que le pilote ait détecté la couche de givre et l'ait considérée suffisamment fine pour qu'elle n'ait pas de conséquence sur les performances de décollage.

Le roulage et la course au décollage se sont déroulés normalement. La configuration des volets était correcte et la vitesse de rotation légèrement supérieure à la valeur prévue. Dès que les roues du train principal ont quitté le sol, l'avion a décroché en raison de la présence de contaminants givrés sur la surface des ailes. Le décrochage a provoqué la perte de contrôle de l'avion et empêché un gain suffisant d'altitude. L'accrétion de givre a provoqué une instabilité en roulis, ce qui explique les inclinaisons incontrôlées à droite et à gauche, que le pilote a contrées.

Cependant, la faible hauteur atteinte par l'avion n'a pas permis au pilote de sortir de la situation de décrochage et d'éviter la collision avec le sol.

## **2.2 Conscience des risques liés au givrage au sol**

L'enquête n'a pas permis de déterminer si le pilote avait détecté ou non le dépôt de givre lors de la visite pré-vol. En tout état de cause, il n'a pas été enclin à enlever la couche de givre avant d'entreprendre le vol. Le manuel de vol et la réglementation demandent pourtant que cette action soit effectuée car même en faible quantité, le dépôt de contaminants peut dégrader de façon significative les caractéristiques aérodynamiques de l'avion, en particulier au décollage. Etant donné les conditions météorologiques du jour, le pilote aurait probablement été incité à remettre son vol à plus tard s'il avait eu une meilleure appréciation des risques liés au givrage au sol. Cette prise en compte insuffisante peut s'expliquer par les éléments qui suivent.

En aviation générale, les effets des contaminants sur le décrochage et la perte de contrôle au décollage sont abordés en formation initiale. Ce sujet n'est pas obligatoirement rappelé lors des prorogations de qualification. L'obligation de vérification imposée par le manuel de vol et rappelée lors de son dernier contrôle périodique n'a pas suffi à sensibiliser le pilote aux risques liés aux décollages en conditions givrantes. Un cadre réglementaire plus strict sur les prorogations de qualification, qui imposerait des rappels réguliers sur les risques liés au givrage au sol aurait sans doute permis au pilote de mieux les appréhender.

Par ailleurs, le pilote n'avait pas à sa disposition de systèmes d'aide à la détection à bord de l'avion qui lui auraient permis de s'assurer que les surfaces critiques étaient exemptes de contaminants gelés avant le décollage. Un système embarqué aurait cependant pu lui fournir une indication incontestable sur le danger d'effectuer le décollage même dans le cas où l'inspection visuelle ou tactile des ailes, requise par le manuel de vol, ne l'aurait pas alerté. La réglementation actuelle n'impose pas l'installation de tels dispositifs alors que la technologie existante permettrait leur développement.



Cette sensibilisation insuffisante ainsi que l'absence de dispositifs d'aide à la détection de givre au sol ont conduit le pilote à décoller sans s'assurer que les surfaces externes étaient suffisamment dégagées de tout dépôt pour permettre une exploitation sûre de l'aéronef. Ces mêmes facteurs ont pu contribuer à la survenue des 32 accidents recensés depuis 1989 pour lesquels aucun dégivrage de l'avion n'avait été effectué avant le décollage.

## **2.3 Exploitation des aérodromes en période hivernale**

L'accident s'est produit dans des conditions météorologiques régulièrement observées en hiver sur la plupart des aérodromes métropolitains, et en particulier à Annemasse.

Chaque jour en 2012, y compris en hiver, environ trois avions dont la masse et le type d'exploitation étaient similaires au Beechcraft Premier 1A ont décollé de cet aérodrome. Ce niveau d'activité devrait probablement se maintenir dans les années à venir, notamment du fait de la proximité de Genève.

Des conditions propices à la formation de givre ne manqueront pas d'apparaître de nouveau à Annemasse où aucun système de dégivrage / antigivrage n'est disponible. La réglementation française n'impose pas la présence de ces équipements alors que l'OACI, dans l'Annexe 14 et le Doc 9640, les recommande lorsque des conditions de neige ou de givre sont susceptibles d'apparaître.

Le nombre de mouvements sur l'aérodrome d'Annemasse est comparable à celui d'aérodromes voisins comme Annecy, Chambéry ou Grenoble-Isère. Ces aérodromes disposent de moyens de dégivrage parce qu'ils accueillent du trafic commercial en plus d'avions d'affaires de catégorie de masse similaire à celle du VP-CAZ.

Dans le cas présent, l'enquête n'a pas pu déterminer si le pilote aurait dégivré l'avion avant le décollage, si de telles installations avaient été disponibles. Cependant, en l'absence de postes de dégivrage/antigivrage, le pilote ne pouvait pas le faire, même s'il l'avait souhaité.



### 3 - CONCLUSION

#### 3.1 Faits établis par l'enquête

- ☐ Le pilote détenait les licences et qualifications nécessaires pour effectuer le vol.
- ☐ L'avion possédait un certificat de navigabilité en état de validité.
- ☐ L'avion évoluait dans les limites de masse et centrage certifiées.
- ☐ Le pilote avait effectué avec ce même avion un vol entre Le Bourget et Annemasse le 3 mars 2013.
- ☐ L'avion est resté stationné sur le parking de l'aérodrome d'Annemasse toute la nuit du 3 au 4 mars 2013.
- ☐ Les conditions météorologiques du matin du 4 mars 2013 sur l'aérodrome d'Annemasse étaient propices à la formation de givre sur les surfaces de l'avion.
- ☐ L'aérodrome d'Annemasse n'est pas équipé de moyens de dégivrage/antigivrage.
- ☐ Le pilote et deux passagers ont décollé d'Annemasse vers 7 h 35 à destination de Genève.
- ☐ La configuration des volets pour le décollage était conforme aux préconisations du manuel de vol.
- ☐ Le pilote a effectué la rotation à une vitesse conforme aux préconisations du manuel de vol.
- ☐ L'avion a décroché dès l'envol, avec des inclinaisons à gauche et à droite.
- ☐ Les moteurs ont délivré la puissance nominale de décollage jusqu'à la fin de l'enregistrement CVR.
- ☐ Le comportement observé de l'avion est compatible avec un décrochage dû à une contamination des ailes avec du givre ou de la glace.
- ☐ La faible hauteur atteinte par l'avion n'a pas permis au pilote de sortir de la situation de décrochage et d'éviter la collision avec le sol.
- ☐ Le pilote n'avait pas à sa disposition de systèmes d'aide à la détection à bord de l'avion qui aurait pu lui fournir une information incontestable sur la présence de givre et le danger d'effectuer un décollage.
- ☐ Les procédures du constructeur de l'avion indiquent que le décollage est interdit si du givre, de la glace, de la neige ou de la neige fondue adhère aux surfaces des ailes, aux entrées d'air des moteurs ou sur toute autre surface critique.

#### 3.2 Causes de l'accident

La sensibilisation insuffisante du pilote sur les risques liés au givrage au sol l'a conduit à décoller alors que du givre était présent sur les surfaces critiques de l'avion. Ce dépôt de contaminants a alors provoqué le décrochage aérodynamique de l'avion et la perte de contrôle immédiatement après l'envol.

## 4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

### 4.1 Formation sur les risques liés au décollage avec ailes contaminées

Une contamination de la voilure d'un aéronef au sol, même mineure, peut considérablement dégrader ses caractéristiques aérodynamiques et provoquer un décrochage au décollage. La réglementation n'impose pas que les effets néfastes du givre soient rappelés, lors des contrôles périodiques, aux pilotes volant en exploitation non-commerciale. Ceux-ci peuvent donc ne pas avoir pleine conscience du risque et se trouver dans des situations dangereuses dès lors que des contaminants givrés sont présents sur les surfaces critiques de leur avion. Cette conscience insuffisante du risque a pu contribuer à la survenue de 32 accidents similaires recensés depuis 1989 pour lesquels aucun dégivrage de l'avion n'a été effectué avant le décollage. Dans le cadre de l'enquête sur l'accident du Fokker 100 F-GMPG à Pau le 25 janvier 2007, le BEA avait déjà recommandé que « *la DGAC s'assure que les exploitants ont mis en place l'organisation et les moyens y compris en matière de formation permettant une mise en œuvre effective des procédures de vérification de l'état des surfaces lorsqu'il existe un risque de givrage au sol* ». A la suite de cette recommandation, la DGAC a engagé des actions destinées au transport commercial.

En conséquence le BEA recommande que :

- ***l'AESA, en coordination avec les autorités nationales de l'aviation civile, fasse évoluer les exigences de formation des pilotes de manière à inclure des rappels périodiques sur les effets des contaminants comme le givre sur le décrochage et la perte de contrôle au décollage. [Recommandation FRAN-2014-005]***

### 4.2 Système de détection de givre au sol

Des systèmes à base de caméras infra-rouge au sol ou de capteurs intégrés à l'avion peuvent aider les pilotes et/ou les opérateurs de dégivrage à détecter une présence de givre ou de glace sur les ailes d'un aéronef. De tels systèmes existent depuis les années 1990. Un système embarqué, s'il avait été disponible sur le VP-CAZ, aurait permis de fournir au pilote une information incontestable sur la présence de contaminants givrés sur les surfaces critiques de l'avion et sur le danger résultant qui aurait dû le conduire à annuler le décollage. Cela aurait également aidé à éviter la survenue de 32 autres accidents survenus au décollage à des avions dont les ailes étaient contaminées par de la glace ou du givre entre 1989 et 2012.

En conséquence le BEA recommande que :

- **l'AESA, en coordination avec la FAA et les autres autorités de l'aviation civile non européennes, étudie les moyens techniques et réglementaires à mettre en œuvre pour installer des systèmes de détection de contaminants gelés sur les surfaces critiques des aéronefs.**  
[Recommandation FRAN-2014-006]

#### **4.3 Moyens de dégivrage/antigivrage sur les aérodromes**

L'enquête n'a pas pu déterminer si le pilote aurait demandé à dégivrer l'avion avant le décollage si des postes de dégivrage/antigivrage avaient été disponibles sur l'aérodrome d'Annemasse. Cependant, l'OACI recommande de mettre en œuvre de tels postes sur les aérodromes où existe un risque de givrage. Cette recommandation a été reprise dans les règles européennes sur les aérodromes. Malgré le fait que la réglementation française ne l'impose pas, de nombreux aérodromes français en disposent en fonction du type et du volume du trafic accueilli. Lorsqu'ils sont disponibles et que les conditions météorologiques le justifient, ces moyens sont utilisés par les pilotes d'avions comparables au Beechcraft Premier 1A. Annemasse n'en est pas doté alors que des conditions givrantes y sont pourtant observées tous les hivers et que de nombreux avions d'affaires et/ou avions motorisés complexes en décollent régulièrement. Or, il n'existe pas de critères d'exposition au risque permettant d'identifier la nécessité de mettre en œuvre de telles installations.

En conséquence le BEA recommande que :

- **la DGAC définisse des critères visant à imposer aux exploitants d'aérodromes des postes de dégivrage/antigivrage sur les aérodromes.**  
[Recommandation FRAN-2014-007]

# ***Liste des annexes***

## **annexe 1**

**Extrait de l'AFM de Beechcraft**

## **annexe 2**

**Accidents au décollage avec ailes contaminées par de la glace ou du givre  
(1989-2013)**

**annexe 1**  
**Extrait de l'AFM de Beechcraft**

**AFM**  
**Section 2 - Limitations**

**Hawker Beechcraft Corporation**  
**Premier I/IA Model 390**

**TAKEOFF AND LANDING OPERATIONS**

Runway Surface . . . . . SMOOTH, HARD, PAVED RUNWAY ONLY  
Maximum Weights . . . . . SEE SECTION 5, PERFORMANCE  
Maximum Airfield Elevation (Pressure Altitude) . . . . . 9400 ft.  
Ambient Temperature . . . . . -40°C to ISA + 37°C  
Maximum Tail Wind Component for Takeoff and Landing . . . . . 10 kts.  
Maximum Fuel Imbalance for Takeoff . . . . . 200 lbs.  
Maximum Fuel Imbalance for Landing . . . . . 200 lbs.  
Jet Pumps and Boost Pumps . . . . . OPERABLE FOR TAKEOFF  
Engine Synchronizer . . . . . OFF FOR TAKEOFF, APPROACH,  
LANDING, AND ENGINE OUT OPERATION  
Yaw Damp . . . . . OFF FOR TAKEOFF AND LANDING  
Time between landings is limited by the brake energy Turnaround Time Between  
Landings tables in Section 5, APPR/LDG & TURNAROUND.

Takeoff is prohibited with frost, ice, snow or slush adhering to the wing control surfaces, engine inlets, or other critical surfaces.

A visual and tactile (hand on surface) check of the wing leading edge and the upper surface must be performed to ensure the wing is free from frost, ice, snow or slush when the outside air temperature is less than 10° C or if it cannot be ascertained the wing fuel temperature is above 0° C; and:

- There is visible moisture (rain, drizzle, sleet, snow, fog, etc.) present; or
- Water is present on the wing; or
- The difference between the dew point and the outside air temperature is 3° C or less; or
- The atmospheric conditions have been conducive to frost formation.

**ENROUTE OPERATIONS**

Maximum Operating Altitude . . . . . 41,000 ft.  
Ambient Air Temperature . . . . . -65°C to ISA + 37°C  
Maximum Fuel Imbalance . . . . . 200 lbs.  
Yaw Damp . . . . . OPERABLE AND ON

**Hawker Beechcraft Corporation****AFM****Premier I/IA Model 390****Section 4 - Normal Procedures**

7. Pitot/Static Mast . . . . . CONDITION/CLEAR

**RIGHT NOSE**

1. Pitot/Static Mast . . . . . CONDITION/CLEAR  
2. Ice Detector Probe . . . . . CLEAR  
3. Angle of Attack Sensor. . . . . CLEAR, ROTATES FREELY  
4. RAT Probe . . . . . CLEAR  
5. Standby Pitot-Static Drains (RB-258,  
RB-266, RB-267, RB-270 thru RB-273,  
RB-275 and After, and prior serials  
modified by Service Bulletin 34-3972) . . . . . DRAIN AND SECURE  
6. Forward Avionics Door . . . . . SECURE

**RIGHT FUSELAGE/WING**

1. Landing Lights . . . . . CONDITION  
2. Single-Point Refueling Door (if installed) . . . . . SECURE  
3. Emergency Exit Hatch . . . . . SECURE  
4. Wing Inspection Light (if installed) . . . . . CONDITION  
5. Fuel Drains and Access Doors. . . . . DRAIN AND SECURE  
6. Wing Leading Edge and Upper Surface. . . . . CHECK, FREE OF  
FROST OR OTHER CONTAMINANTS  
7. Fuel Cap. . . . . SECURE  
8. Fuel Vents . . . . . CLEAR  
9. Navigation and Strobe Lights . . . . . CONDITION  
10. Wing Anti-ice Flow Exit . . . . . CLEAR  
11. Static Wicks . . . . . CONDITION  
12. Aileron and Trim Tab, Flaps, and Spoilers . . . . . CONDITION,  
TAB CENTERED  
13. Spoiler Control Unit Door . . . . . SECURE  
14. Main Gear, Doors, Tire, and Brake . . . . . CONDITION/SECURE  
15. Fuel Filter Drain (2) . . . . . DRAIN AND SECURE  
16. Pylon Inlet and Exit . . . . . CLEAR

**AFT MAINTENANCE BAY**

1. Circuit Breakers (aft relay panel) . . . . . CHECK  
2. ECU TEST (L & R) . . . . . PUSH AND HOLD  
(VERIFY TEST LAMP ILLUMINATES  
THEN EXTINGUISHES)

**FAA Approved  
November 3, 2010**

**4-5**

*Note : la procédure du constructeur inclut aussi les éléments à vérifier pour l'aile gauche. Seuls les éléments de l'aile droite sont reproduits ici.*

**annexe 2**  
**Accidents au décollage avec ailes contaminées par de la glace ou du givre**  
**(1989-2013)**

PR=Point de rosée ; ND=Non disponible

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
1.	10/02/1989	Fairbanks, Alaska	Etats-Unis	N5056Q	DHC3 Otter	TP	ND	<b>Précipitations :</b> Aucune Avant le vol, le pilote a retiré la neige qui était sur l'avion, mais a laissé une couche de givre transparent sur les ailes. Il a ensuite perdu le contrôle de l'avion lors du décollage, au moment de la rentrée des volets vers 100 ft sol. L'enquête a aussi montré que la masse au décollage était légèrement supérieure à la masse maximale autorisée.
2.	09/03/1989	Covington, Kentucky	Etats-Unis	N3281T	Beech BE-18	TP	-3 ; -5	<b>Précipitations :</b> Inconnu. Présence de brouillard Le pilote a décollé avec une couche de givre sur l'avion, ce qui a conduit à une dégradation de la portance pendant la montée initiale. Le pilote n'avait pas dégivré l'avion avant le décollage, contrairement aux autres avions situés sur le même parking au moment de l'accident.
3.	10/03/1989	Dryden, Ontario	Canada	C-FONF	Fokker F28	TP	0 ; -2	<b>Précipitations :</b> Neige L'avion heurte les arbres peu après le décollage. L'équipage n'a pas dégivré en raison de la panne de l'APU et de l'impossibilité de dégivrer moteurs tournants.
4.	25/11/1989	Séoul	Corée du Sud	HL7285	Fokker F28	TP	ND	<b>Précipitations :</b> Inconnu La glace sur les ailes a été ingérée dans le moteur n° 1, provoquant une perte de puissance de celui-ci lors du décollage. Le pilote a interrompu le décollage et l'avion est sorti de la piste.
5.	29/01/1990	Williston, Vermont	Etats-Unis	N4688B	Cessna 208B	TP	-1 ; ND	<b>Précipitations :</b> Neige L'avion a décroché peu après le décollage, puis a heurté des arbres et s'est écrasé à 1 600 m de la piste. Des témoins ont indiqué que la course au décollage était longue, et que l'avion s'est incliné fortement à gauche et à droite. Le pilote n'avait pas dégivré l'avion avant le décollage et a décidé de décoller à une masse supérieure à la masse maximale autorisée.
6.	29/01/1990	Schuyler Falls, New York	Etats-Unis	N854FE	Cessna 208B	TP	2 ; ND	<b>Précipitations :</b> Neige mouillée L'avion a décroché peu après le décollage. Vers 700 ft sol, il a chuté brutalement, heurté des arbres et est entré en collision avec le sol sur le dos. Le pilote n'avait pas dégivré l'avion avant le décollage.
7.	17/10/1990	Jackson Hole, Wyoming	Etats-Unis	N26853	Cessna 414	AG	ND	<b>Précipitations :</b> Inconnu Le pilote a débuté le décollage avec de la neige et de la glace sur l'avion. L'avion a quitté le sol avant de revenir au sol. Le pilote a alors interrompu le décollage. L'avion est sorti de la piste et a percuté des antennes.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
8.	17/02/1991	Cleveland, Ohio	Etats-Unis	N565PC	DC-9	TP	-5 ; -7	<b>Précipitations :</b> Neige L'équipage n'a pas détecté, ni enlevé la contamination de glace présente sur les ailes, ce qui a conduit au décrochage des ailes et une perte de contrôle lors du décollage. Ceci s'explique principalement par un manque de réactivité de la part de la FAA, Douglas Aircraft Company et l'exploitant face aux effets connus qu'une faible couche de contaminant a sur les caractéristiques de décrochage des avions de type DC-9.
9.	27/12/1991	Gottfröa, après le décollage de Stockholm	Suède	OY-KHO	MD-81	TP	0 ; -1	<b>Précipitations :</b> Neige Lors du roulement au décollage, de la glace qui était sur les ailes s'est détachée et a été ingérée dans les moteurs. Ceci a provoqué un pompage des deux moteurs et les a détruits. Lors de l'atterrissage forcé sur un aéroport dans l'axe de la piste de départ, l'avion a percuté des arbres, ce qui a arraché l'aile droite. L'avion est entré en collision avec le sol et a glissé sur environ 110 m. L'avion était stationné sur le parking de l'aéroport depuis la veille au soir. L'avion a décollé sans qu'il ne soit dégivré. Ceci s'explique par les instructions et les habitudes inadéquates de l'exploitant qui n'ont pas permis de s'assurer que la glace transparente soit enlevée avant le décollage.
10.	04/01/1992	Steamboat Springs, Colorado	Etats-Unis	N1974G	Cessna 421B	AG	ND	<b>Précipitations :</b> Inconnu L'avion est entré en collision avec le sol juste après le décollage. De la glace a été retrouvée sur les ailes et l'empennage horizontal. Les observations météorologiques montrent que les conditions étaient givrantes. Le pilote avait balayé la neige du dessus des ailes mais n'avait pas dégivré l'avion avant de décoller. La masse de l'avion était supérieure à la masse maximale autorisée. La licence du pilote n'était pas valide.
11.	22/03/1992	New York	Etats-Unis	N485US	Fokker F28	TP	-1 ; -1	<b>Précipitations :</b> Neige, brouillard Juste après le décollage, l'avion a viré brutalement à gauche. Il est ensuite entré en collision avec la surface de la mer. L'avion avait été dégivré, mais la durée d'efficacité du produit avait été dépassée de 35 minutes. Les ailes étaient contaminées lors du décollage, ce qui a provoqué le décrochage.
12.	20/02/1993	Nome, Alaska	Etats-Unis	N4182G	Cessna 402C	TP	0 ; ND	<b>Précipitations :</b> Neige Peu après la rotation, l'avion a subi du buffeting aérodynamique et ne montait pas. Il est entré en collision avec le sol sur une surface couverte de neige. Lorsqu'il est sorti de l'avion, le pilote a observé une couche rugueuse de glace sur les deux tiers de la voilure. Il n'avait pas enlevé la glace présente sur les ailes avant le décollage.



N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
13.	05/03/1993	Skopje	Macédoine, Ex Rép. de Yougoslavie	PH-KXL	Fokker F100	TP	0 ; -1	<b>Précipitations : Neige</b> Peu après la rotation, l'avion s'est incliné brutalement à gauche puis à droite, et est entré en collision avec le sol. L'avion n'avait pas été dégivré avant le décollage et les ailes étaient contaminées, ce qui a dégradé la portance d'environ 20 à 30 %.
14.	18/03/1994	Limerick, Pennsylvania	Etats-Unis	N36444	Piper Aerostar 601P	AG	-1 ; ND	<b>Précipitations : Neige</b> Peu après le décollage, l'avion s'est incliné à gauche et a commencé à descendre puis est entré en collision avec le sol. Un employé de l'aérodrome avait balayé la neige des ailes, mais il restait une légère couche de glace sur l'aile gauche avant le décollage. Le fait que le pilote ne s'est pas assuré que la glace soit enlevée peut s'expliquer par sa prise de médicament (valium) qui a pu altérer son jugement.
15.	24/09/1996	Aniak, Alaska	Etats-Unis	N5343G	De Havilland DHC2	TP	ND	<b>Précipitations : Neige</b> Lors du décollage depuis un lac, le pilote n'a pas réussi à monter de plus 5 ft. Il a décidé d'interrompre le décollage et l'hydravion est entré en collision avec le rivage. Le pilote avait vu la neige sur les ailes, mais a observé qu'elle était soufflée par les moteurs lors du démarrage. Il a supposé que la neige s'en irait lors de la course au décollage. La glace probablement présente sur les ailes a dégradé les performances de décollage.
16.	22/01/1997	Crystal, Minnesota	Etats-Unis	N5AS	Cessna 401	TP	ND	<b>Précipitations : Inconnu</b> Avant le décollage, les pilotes ont observé une couche de givre blanc sur les ailes. Ils ont tenté de la retirer manuellement. Lors du décollage, l'avion est entré en collision avec une barrière. De la glace a été retrouvée sur les ailes après l'accident.
17.	14/03/1997	Detroit, Michigan	Etats-Unis	N753RA	McDonnell Douglas DC-9-87	TP	1 ; ND	<b>Précipitations : Pluie</b> Lors de la visite pré-vol de nuit, le copilote n'a pas observé de glace sur les surfaces de l'avion. L'équipage a décidé de ne pas dégivrer l'avion. Lors de la montée initiale, l'équipage a senti que les performances de montée étaient faibles. Un pompage du moteur gauche est survenu. L'équipage a fait demi-tour et a atterri sur l'aérodrome de départ. L'avion était soumis à une température de - 47°C pendant la croisière du vol précédent. Il était resté au sol sous la pluie pendant environ 2 h 30 avant le décollage de l'accident.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
18.	08/11/1997	Barrow, Alaska	Etats-Unis	N750GC	Cessna 208 B	TP	-11 ; ND	<b>Précipitations :</b> Inconnu L'avion est entré en collision avec la surface de la mer peu après le décollage. De la glace a été observée sur l'aile gauche de l'avion par un employé de l'aérodrome avant le décollage. Il y avait aussi de la glace sur les véhicules et les avions situés à proximité. Le pilote n'a pas dégivré l'avion avant le décollage, ce qui a conduit à un décrochage de l'avion lors de la montée initiale. La précipitation (pression temporelle) du pilote pour partir rapidement et la surveillance inadéquate de l'exploitant sur ses opérations ont pu contribuer à l'accident.
19.	30/12/1997	Watertown, South Dakota	Etats-Unis	N5087Q	Cessna 402B	TP	-7 ; ND	<b>Précipitations :</b> Neige L'avion est entré en collision avec le sol après une montée initiale observée jusqu'à 50 ft de hauteur. De la glace sur l'empennage horizontal et des morceaux courbés de givre blanc le long de la trajectoire de l'épave ont été retrouvés. Le pilote n'avait pas dégivré l'avion avant le décollage.
20.	23/09/1998	Peleduy	Russie	RA-70679	Antonov AN-2	TP	ND	<b>Précipitations :</b> Neige L'écoulement de l'air sur les ailes et sur l'empennage horizontal a été perturbé par la présence de neige sur la piste. Le pilote a effectué un atterrissage d'urgence juste après le décollage.
21.	06/12/1999	Bethel, Alaska	Etats-Unis	N5187B	Cessna 208B	TP	-23 ; -25	<b>Précipitations :</b> Inconnu Le pilote a balayé la neige et le givre des surfaces de l'avion deux heures avant le départ. L'avion est resté à l'extérieur pendant ce temps. Lors de la rentrée des volets en montée initiale vers 200 ft sol, l'avion a commencé à descendre et à s'incliner fortement à gauche. Le pilote a regagné le contrôle en appliquant du manche à droite, et a atterri 200 ft avant la fin de la piste. L'avion est ensuite sorti de piste.
22.	26/01/2000	Oklahoma City, Oklahoma	Etats-Unis	N7VS	Cessna 414	AG	-3 ; -4	<b>Précipitations :</b> Neige et brouillard givrant L'avion a été tracté d'un hangar dans lequel la température était de 20 °C. Il a ensuite passé 20 minutes à l'extérieur avant le décollage. Le pilote n'a pas dégivré l'avion, car on lui avait dit qu'il n'y avait pas d'équipement nécessaire sur l'aérodrome. Lors du décollage, l'avion est monté jusqu'à environ 30 ft sol, puis est descendu et entré en collision avec des obstacles après l'extrémité de la piste.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
23.	20/12/2001	Lewiston, Maine	Etats-Unis	N207TA	Cessna 208B	TP	+1 ; -1	<b>Précipitations :</b> Neige Le pilote a balayé la neige de la surface de l'avion, mais n'a pas utilisé de fluide de dégivrage. Au moment de la rotation, les roues ont momentanément quitté le sol, mais l'avion ne montait pas. Le pilote a interrompu le décollage. L'avion est sorti longitudinalement de la piste. Les procédures inadéquates de dégivrage de l'exploitant ont contribué à l'accident.
24.	26/12/2001	Bremerhaven	Allemagne	D-IAAI	Britten- Norman	TP	0 ; -1	<b>Précipitations :</b> Neige L'avion est entré en collision avec la surface de la rivière Weiser peu après le décollage. La présence de neige sur les ailes a perturbé l'écoulement de l'air sur la voilure et a réduit la portance des ailes lors du décollage. La méconnaissance par l'exploitant des procédures par temps hivernal est un facteur contributif à l'accident.
25.	04/01/2002	Birmingham	Royaume- Uni	N90AG	Bombardier CL-600	AG	-2 ; -3	<b>Précipitations :</b> Aucune Immédiatement après le décollage, l'avion s'est incliné rapidement sur la gauche. Le bout d'aile gauche a heurté le bas-côté de la piste et l'aile s'est désolidarisée. L'avion a fini sa course sur le dos. La perte de contrôle résulte de la présence de givre sur la voilure, qui a dégradé les caractéristiques de décrochage des ailes. L'équipage ne s'était pas assuré de l'absence de givre avant le départ. Cette décision peut s'expliquer par les effets combinés de médicaments, de décalage horaire et de fatigue. Une consigne de la FAA indiquant qu'une couche lisse de givre sur les ailes est acceptable, a pu aussi contribuer à l'accident.
26.	25/01/2002	Gorna Orjahovitza	Bulgarie	LZ-ASE	Cessna 414	TP	-6 ; ND	<b>Précipitations :</b> Aucune L'avion est entré en collision avec un poteau électrique peu après le décollage. Pendant la visite pré-vol, l'équipage avait noté la présence de givre mais a refusé le dégivrage de l'avion avant le décollage. La masse de l'avion était supérieure à la masse maximale autorisée.
27.	20/09/2002	Bethel, Alaska	Etats-Unis	N144Q	De Havilland DHC2	AG	-2 ; -2	<b>Précipitations :</b> Inconnu Peu après le décollage d'un lac, à une hauteur de 50 ft environ, l'hydravion a décroché et s'est incliné fortement sur la droite. Il est entré en collision avec le sol. Du givre a été observé sur les ailes de l'aéronef après l'accident. Le commandant de bord n'avait pas dégivré l'hydravion avant le décollage.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
28.	06/01/2003	La Ravoirie (73)	France	F-GGJR	DR400	AG	+1 ; -5	<b>Précipitations :</b> Aucune Décrochage en montée initiale, avec un avion lourd et centré arrière, des volets en position d'atterrissage et les ailes contaminées par de la glace. Le pilote avait enlevé la neige qui recouvrait les ailes mais pas le givre car une personne lui avait déconseillé de le faire en grattant le revêtement.
29.	04/02/2003	Burlington, Washington	Etats-Unis	N48K	Beech E18S	AG	-1 ; -1	<b>Précipitations :</b> Aucune L'avion a décroché peu après le décollage et est entré en collision avec le sol à 400 m de l'aérodrome. Le pilote avait noté du givre sur l'avion et a indiqué qu'il a mis du glycol et brossé l'avion. Il a ensuite attendu environ 15 à 20 minutes avant de décoller. Du givre a été observé sur une grande partie de l'avion après l'accident.
30.	06/12/2003	Reading, Pennsylvania	Etats-Unis	N700QD	Socata TBM700	AG	-3 ; -4	<b>Précipitations :</b> Neige La décision inadéquate du pilote de ne pas appliquer de fluide de dégivrage sur les ailes avant le décollage a conduit à une contamination des ailes par de la neige/glace, un décrochage et un atterrissage forcé en campagne.
31.	20/12/2003	Covington, Kentucky	Etats-Unis	N9469B	Cessna 208B	TP	-9 ; -9	<b>Précipitations :</b> Aucune L'avion a décroché peu après le décollage à une hauteur d'environ 300 à 400 ft. La pilote a atterri sur le côté de la piste. Du givre a été observé sur les ailes et sur l'empennage après l'accident. Après sa visite pré-vol, la pilote avait estimé qu'il n'était pas nécessaire de dégivrer l'avion avant le décollage. Elle avait suivi une formation sur les opérations hivernales en novembre 2003.
32.	17/01/2004	Pelee Island (lac Erie)	Canada	C-FAGA	Cessna 208B	TP	-5 ; -7	<b>Précipitations :</b> Neige et pluie verglaçante L'avion a décroché peu après le décollage alors que les ailes étaient contaminées par de la glace. L'aérodrome n'était pas équipé de matériel de dégivrage. Le stress et la fatigue du pilote peut expliquer sa décision de décoller, malgré la glace qui avait été observée avant le décollage.
33.	21/11/2004	Baotou	Chine	B-3072	Canadair CL-600- 2B19 (CRJ200)	TP	ND	<b>Précipitations :</b> Inconnu Peu après la rotation, l'avion s'est incliné fortement à gauche, puis à droite, puis de nouveau à gauche. Il a décroché, atteint une hauteur de 180 ft avant d'entrer en collision avec un lac gelé. L'avion était stationné sur le parking de l'aérodrome depuis la veille au soir. Les ailes ont été contaminées par du givre pendant la nuit, ce qui a dégradé leurs caractéristiques aérodynamiques. L'avion n'a pas été dégivré avant le décollage.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
34.	28/11/2004	Montrose, Colorado	Etats-Unis	N873G	Canadair CL-600- 2A12	TP	-1 ; -2	<b>Précipitations :</b> Neige Lors du décollage, à une hauteur d'environ 20 à 50 ft, l'avion a viré soudainement à gauche, puis à droite puis de nouveau à gauche. L'aile gauche a heurté le sol, puis l'avion s'est écrasé et a glissé sur 400 m avant de s'immobiliser. L'avion était stationné sous la neige pendant environ 45 minutes avant de rouler. L'équipage ne s'était pas assuré de l'absence de givre sur les ailes avant le décollage. Le décollage a été effectué avec les ailes contaminées, ce qui a provoqué un décrochage après la rotation. Le manque d'expérience des pilotes aux vols en conditions hivernales a été un facteur contributif à l'accident.
35.	09/01/2005	Harbor Springs, Michigan	Etats-Unis	N194JA	Cessna 414	AG	-1 ; -3	<b>Précipitations :</b> Aucune Au moment de la rotation, le pilote a ressenti que les commandes étaient « molles » et a interrompu le décollage. L'avion est sorti de piste et est entré en collision avec un monticule de neige et une barrière. Le pilote avait inspecté l'avion avant le départ et a estimé qu'il n'y avait pas de glace dessus. De la glace a été retrouvée sur les ailes de l'avion après l'accident. Cette accumulation de glace sur la voilure a dégradé les performances de décollage de l'avion.
36.	02/03/2005	Panama City, Florida	Etats-Unis	N5006V	Air Tractor AT-602	AG	-2 ; ND	<b>Précipitations :</b> Aucune Au moment du décollage, l'avion s'est incliné à gauche et l'aile a heurté le sol. Le pilote avait observé du givre sur l'avion avant le décollage. Il ne l'a pas enlevé. La présence de ce givre sur la voilure a provoqué le décrochage juste après la rotation.
37.	18/06/2005	Balmaceda	Chili	CC-CCB	Cessna 402B	TP	-3 ; ND	<b>Précipitations :</b> Aucune L'avion est sorti de piste lors du décollage. Le pilote avait retiré la neige et la glace des ailes de l'avion à l'aide d'une raclette, mais les ailes restaient tout de même contaminées.

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
38.	25/01/2007	Pau (64)	France	F-GMPG	Fokker 100	TP	0 ; -1	<p><b>Précipitations :</b> Neige</p> <p>Perte de contrôle au décollage causée d'une part par la présence de contaminants givrés sur la surface des ailes liée à une prise en compte insuffisante de la situation météorologique pendant l'escalade, et d'autre part par la rotation rapide en tangage, réaction réflexe à l'envol d'oiseaux.</p> <p>Ont pu contribuer à cet accident :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la conscience limitée au sein de la communauté aéronautique française des risques associés au givrage au sol et des modifications des performances de l'avion qu'entraîne ce phénomène ;</li> <li>la sensibilité particulière des petits avions non équipés de becs aux effets du givrage au sol ;</li> <li>une sensibilisation insuffisante des navigateurs aux procédures de vérification tactile de l'état des surfaces en conditions givrantes et l'absence de mise en place par l'exploitant d'une organisation adaptée aux escalades ;</li> <li>l'aspect ordinaire du vol et notamment de la situation météorologique rencontrée, qui n'était pas de nature à inciter l'équipage à une vigilance particulière.</li> </ul>
39.	13/02/2007	Moscou	Russie	N168CK	CRJ100	TP	-6 ; -7	<p><b>Précipitations :</b> Neige</p> <p>Immédiatement après la rotation, l'avion s'est incliné fortement à gauche, puis à droite. L'aile droite a percuté le sol et l'avion a basculé sur le dos, puis s'est écrasé. Il avait été dégivré avant le décollage. Le temps passé entre ce traitement et le décollage a pu réduire l'efficacité du produit de dégivrage, et les ailes étaient probablement contaminées lors du décollage.</p>
40.	02/01/2008	Téhéran	Iran	EP-IDB	Fokker 28	TP	0 ; -2	<p><b>Précipitations :</b> Neige, brume</p> <p>Peu après le décollage, l'avion a viré à gauche puis a été redressé avant de toucher durement le sol gelé. L'avion n'avait pas été dégivré avant le décollage.</p>
41.	14/02/2008	Yerevan	Arménie	EW-101PJ	CRJ100	TP	-3 ; -4	<p><b>Précipitations :</b> Aucune, brume</p> <p>Immédiatement après la rotation, l'avion a viré à gauche et l'aile gauche a percuté le sol. L'avion s'est ensuite retourné sur le dos, et s'est écrasé. Les ailes étaient contaminées par du givre, qui s'est probablement formé par condensation de l'air sur les ailes refroidies par le carburant contenu dans celles-ci.</p>

N°	Date	Lieu	Pays	Immatriculation	Type	Exploitation	T ; PR (°C)	Circonstances
42.	11/01/2009	Hayden, Colorado	Etats-Unis	N604WP	Pilatus PC-12	AG	-7 ; -8	<b>Précipitations :</b> Neige Peu après le décollage, l'avion a viré à droite jusqu'à ce qu'il soit inversé. Il est ensuite entré en collision avec le sol à environ 1 500 m de la piste. Le gestionnaire de l'aéroport avait suggéré au pilote de dégivrer l'avion, mais ce dernier a refusé. La surface des ailes était contaminée avec de la neige/glace, ce qui a conduit à la perte de contrôle en vol.
43.	17/02/2010	Kwigillingok, Alaska	Etats-Unis	N207DR	Cessna 208B	AG	-5 ; -5	<b>Précipitations :</b> Pluie verglaçante, brouillard L'avion a décroché peu après le décollage à une hauteur d'environ 200 ft, puis est entré en collision avec la surface d'un lac gelé. Le pilote avait noté des traces de glace sur les ailes avant le décollage, ce qui a provoqué le décrochage en montée initiale.
44.	04/02/2011	Sulaymānīyah	Iraq	OD-SKY	Raytheon Hawker 850XP	TP	3 ; 0	<b>Précipitations :</b> Neige Peu après le décollage, l'avion a décroché et est entré en collision avec le sol à environ 2 100 m du seuil de piste. L'équipage n'avait pas enlevé la couche de neige présente sur la surface des ailes avant le décollage.
45.	02/04/2012	Tioumen, Sibérie	Russie	VP-BYZ	ATR72	TP	-1 ; -1	<b>Précipitations :</b> Neige Peu après le décollage, à une hauteur d'environ 700 ft, l'équipage perd le contrôle de l'avion lors de la rentrée des volets. L'avion décroche et heurte le sol. L'équipage avait refusé le dégivrage de l'avion avant le décollage. L'avion était stationné la nuit à l'extérieur.



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses  
pour la sécurité de l'aviation civile

200 rue de Paris  
Zone Sud - Bâtiment 153  
Aéroport du Bourget  
93352 Le Bourget Cedex - France  
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03  
[www.bea.aero](http://www.bea.aero)