

Rapport

Accident survenu le **16 décembre 2008**
sur l'**aérodrome d'Orléans (45)**
à l'**avion Beechcraft - B 300 Super King Air 350**
immatriculé **F-GKYY**

BEA

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

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat

Avertissement

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet accident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et au Code de l'Aviation civile (Livre VII), l'enquête n'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Table des matières

AVERTISSEMENT	1
SYNOPSIS	4
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	4
1.1 Déroulement du vol	4
1.3 Dommages à l'avion	5
1.4 Renseignements sur l'équipage	5
1.4.1 Commandant de bord	5
1.4.2 Copilote	5
1.5 Renseignements sur l'avion	6
1.5.1 Généralités	6
1.5.2 Cellule et moteur	6
1.5.3 Masse et centrage	6
1.5.4 Les systèmes d'antigivrage et dégivrage	6
1.5.5 L'alarme de décrochage	7
1.5.6 Les vitesses en finale	8
1.6 Conditions météorologiques	8
1.6.1 Les conditions générales	8
1.6.2 Les conditions locales	9
1.7 Télécommunications	9
1.8 Renseignements sur l'aérodrome	9
1.10 Renseignement sur le site et l'avion	11
1.10.1 Le site	11
1.10.2 L'avion	11
1.11 Questions relatives à la survie des occupants	12
1.12 Exploitation des annonces de hauteur radio enregistrées sur le CVR	12
1.13 Renseignements sur la gestion	14
1.14 Renseignements supplémentaires sur le givrage	14
1.15 Témoignages	16
1.15.1 Le commandant de bord	16
1.15.2 Le pilote aux commandes	16
1.15.3 La préparation du voyage par les pilotes	16
1.15.4 Les passagers	17
1.15.5 Autre vol	17

2 - ANALYSE	18
2.1 Préparation du vol	18
2.2 L'approche	18
2.3 L'atterrissage	18
3 - CONCLUSIONS	19
3.1 Faits établis	19
3.2 Causes	20
LISTE DES ANNEXES	21

Synopsis

Date de l'accident

Mardi 16 décembre 2008 à 18 h 18⁽¹⁾

Lieu de l'accident

Aérodrome d'Orléans Saint-Denis-de-l'Hôtel (45)

Nature du vol

Voyage

Aéronef

Beechcraft – B 300 Super King Air 350

Propriétaire

Société Dexia Sofaxis

Exploitant

Société Dexia Sofaxis

Personnes à bord

Pilote, copilote + 7 passagers

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

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le déroulement du vol a été reconstitué à partir des témoignages recueillis.

L'équipage décolle à 17 h 00 de l'aérodrome de Toulouse Blagnac (31) à destination de celui d'Orléans Saint-Denis-de-l'Hôtel (45) où l'avion est basé. L'avion est certifié monopilote mais la société l'exploite à deux pilotes. Celui qui fait fonction de copilote est aux commandes.

L'avion transporte sept passagers salariés de l'entreprise venus participer à des réunions professionnelles dans le sud de la France pour la journée.

Le pilote, en régime de vol aux instruments, croise en ciel clair au FL 260 où la température extérieure est d'environ de -36 °C. A l'arrivée de nuit, le pilote réalise l'approche Locator de la piste 23. L'avion entre dans une couche en début d'approche finale à une altitude de 1 800 ft et perce à une altitude voisine de 800 ft. Lors de la réduction des moteurs, à l'arrondi, l'avion décroche à quarante pieds et touche durement la piste sur le train principal. Il rejoint le parking sans autre difficulté.

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	-	-	-
Graves	-	-	-
Légères/Aucune	2	7	-

1.3 Dommages à l'avion

L'avion est fortement endommagé.

1.4 Renseignements sur l'équipage

1.4.1 Commandant de bord

Homme, 59 ans

- Titulaire de la licence de pilote professionnel de 1994.
- Expérience : 9 843 heures de vol dont :
 - 6 500 comme navigateur et commandant de bord militaire,
 - 3 343 comme pilote civil, 1 365 sur type,
 - 65 dans les trois mois précédents,
 - 3,8 dans les vingt quatre heures précédentes.

Le commandant de bord indique qu'il a suivi trois stages de formation chez Flight Safety International aux Etats-Unis. Le premier, lors de l'acquisition de l'avion en 2002, a duré deux semaines, et les deux autres trois jours chacun. Le dernier s'est déroulé en mai 2008. Le programme était réparti de la façon suivante : un tiers du temps de théorie et deux tiers en simulateur. Un cours théorique de 30 minutes sur le givrage abordait les thèmes suivants : l'équipement des avions, la nature du givre et la diminution de la portance.

Par ailleurs, lors de son activité aéronautique militaire, il a été largement sensibilisé et confronté au phénomène du givrage.

1.4.2 Copilote

Homme, 29 ans

- Titulaire de la licence de pilote professionnel CPL(A) de 2006.
- Expérience : 643 heures de vol dont :
 - 109 sur type,
 - 75 dans les trois mois précédents,
 - 3.8 dans les vingt quatre heures précédentes,
 - 15 atterrissages de nuit.

Le pilote indique que lors du cours théorique de la formation suivie pour la délivrance de qualification de type dans un TRTO, la mise en œuvre des systèmes antigivrage et dégivrage équipant l'avion a été abordée.

Sa formation et le test de qualification se sont déroulés de mars à juin, période pendant laquelle aucun cas de givrage n'a été constaté.

1.5 Renseignements sur l'avion

1.5.1 Généralités

Le B300 Super King Air 350 est un avion à ailes basses et à train tricycle rétractable construit par Beechcraft. Il est équipé de deux turbopropulseurs PT6A-60A construit par Pratt et Whitney Canada de 1 127 chevaux par moteur. Il est certifié pour être exploité en monopilote. Sa cabine passagers pressurisée est équipée de neuf sièges (toilettes comprises).

1.5.2 Cellule et moteur

- ❑ N° de série : FL357
- ❑ Mise en service : 2002
- ❑ Certificat de navigabilité : 112865
- ❑ Utilisation à la date du 16 décembre 2008 : 1 823 heures
- ❑ Utilisation depuis visite grand entretien : 106 heures
- ❑ N° de série moteur gauche : PCE-PK0464
- ❑ N° de série moteur droit : PCE-PK0462
- ❑ Heures totales depuis fabrication des moteurs : 1 823 heures et 2 286 cycles

1.5.3 Masse et centrage

La masse calculée par l'équipage au décollage de Toulouse était de 6 632 kg avec 1 662 litres de carburant à bord. La masse maximale autorisée au décollage est de 6 800 kg.

A l'atterrissage à Saint-Denis-de-l'Hôtel, elle était de 6 156 kg environ (13 500 lbs) incluant 582 litres.

Compte tenu de la répartition de son chargement, l'avion était dans les limites de centrage définies par le constructeur.

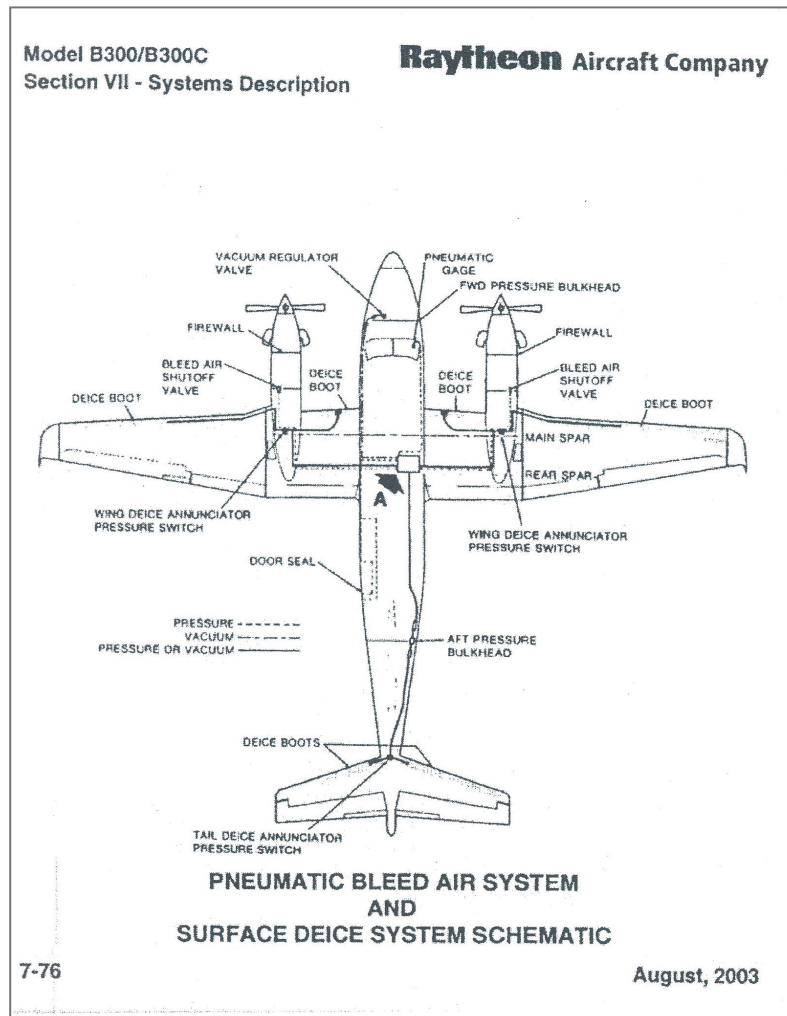
1.5.4 Les systèmes d'antigivrage et dégivrage

L'avion est équipé d'un système d'antigivrage préventif et d'un système de dégivrage curatif.

L'antigivrage comprend un système par air chaud pour les entrées d'air des moteurs, un autre par résistances électriques sur les pales d'hélices, les sondes anémométriques, le capteur de l'alarme de décrochage et les pare-brises.

Le dégivrage comprend des boudins pneumatiques sur les bords d'attaque des ailes et de l'empennage horizontal. Il doit être déclenché dès l'apparition de dépôt de glace sur les bords d'attaque.

L'avion est également équipé de deux éclairages directionnels (wing ice lights) implantés sur l'extérieur des nacelles des moteurs. Le faisceau est orienté afin de permettre aux pilotes d'apercevoir l'état de contamination du bord d'attaque des ailes. Le manuel du constructeur prévoit qu'ils doivent être en fonctionnement la nuit dès qu'il y a risque de givrage.



1.5.5 L'alarme de décrochage

L'angle d'incidence de portance maximale de l'aile est compris entre 15 et 17°, valeur à laquelle le décollement de la couche limite s'étend à la surface de l'aile.

L'alarme de décrochage est réglée aérodynamiquement pour se déclencher pour un angle d'incidence d'environ 12° avec une aile non contaminée.

Lorsque l'aile est contaminée, l'angle de l'incidence de décrochage peut être inférieur à l'angle de déclenchement de l'alarme (entre 9 et 11°, voir § 1.14.2.2).

Elle précise la présence de couches de stratus saturées contenant de l'eau surfondue dont la température variait entre -3 et -8 °C. La taille des gouttes n'a pu être déterminée malgré l'image radar, le givrage ayant eu lieu très bas et sans précipitation.

La carte TEMSI France (voir annexe 2) de 18 h 00 valable du sol au FL 150 sur la région : brume et brouillard localement, givrage faible, température 0 °C du sol au FL 75, température -10 °C au FL130.

1.6.2 Les conditions locales

Les observations automatiques de 15 h 00 et de 18 h 30 de l'aérodrome de Saint-Denis-de-l'Hôtel étaient :

```
METAR LFOZ 161800Z AUTO VRB03KT 1700NDV BR OVC002 / / / M00 / M00  
METAR LFOZ 161830Z AUTO 32004KT 2600NDV BR OVC003 / / / M00 / M01
```

L'aérodrome de Saint-Denis-de-l'Hôtel n'étant pas pourvu de station météorologique, les prévisions météorologiques en possession de l'équipage étaient celles d'Orléans Bricy et des aérodromes de dégagements :

```
METAR LFOJ 161630Z 36008KT 0400 FG BKN002 M01/M01 Q1014=  
TAF LFOJ 161400Z 1615/1624 35007KT 0800 FG OVC002 BECMG 1618/1622  
0300 FG VV///=
```

Aucun message SIGMET n'était en cours de validité. Ce type de message permet de signaler aux pilotes les phénomènes météorologiques significatifs observés ou prévus comme le givrage fort. Les informations importantes sont actualisées en temps réel si nécessaire.

1.7 Télécommunications

Les radiocommunications enregistrées entre le F-GKYY et l'AFIS de Saint-Denis-de-l'Hôtel ne comportent que les informations de la circulation aérienne sans mention particulière d'information relative aux conditions givrantes puisqu'il n'y avait ni givre ni glace sur la piste.

1.8 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'Orléans Saint-Denis-de-l'Hôtel est situé entre la forêt domaniale d'Orléans au nord et la vallée de la Loire au sud.

Il est ouvert à la circulation aérienne publique. Son altitude est de 396 ft. Il dispose d'une piste revêtue 05/23, de 1 392 x 30 m, équipée d'un balisage lumineux haute intensité et d'un PAPI.

Une percée aux instruments type Locator piste 23 est publiée (annexe 3). L'altitude de sécurité autour de cette balise ADF (ORS 322) dans un rayon de vingt cinq milles marins est de 2 000 ft à l'est et 2 100 ft à l'ouest. La MDA est de 740 ft et la portée visuelle de piste (RVR) est de 1 500 m.

Le service AFIS est assuré jusqu'à 16 h 00. Il peut être assuré en dehors de ces horaires sur demande préalable. Lors de l'accident, il était assuré.

La carte TEMSI est une carte schématique du temps significatif prévu à heure fixe, où ne sont portés que les phénomènes importants et les masses nuageuses.

1.9 Enregistreur de bord

L'arrêté du 24 juillet 1991 relatif aux conditions d'utilisation des aéronefs civils en aviation générale précise au paragraphe 2.1.1.2 que tout avion certifié selon le règlement de navigabilité JAR 25 et de masse maximale au décollage inférieure à 14 000 kg, doit être équipé d'un système d'enregistrement permettant au minimum de restituer la trajectoire. Il peut être dispensé de cette installation sous réserve du montage d'un système enregistreur de vol permettant de restituer les conversations et alarmes sonores dans le poste de pilotage.

Le F-GKYY est équipé d'un enregistreur de conversations (CVR), modèle à mémoire statique capable de restituer au minimum deux heures d'enregistrement.

- Marque : Fairchild
- Modèle : FA 2100
- Numéro de type : 2100-1020-00
- Numéro de série : 0001477365

L'enregistrement est constitué de quatre pistes audio :

- Non utilisé
- Radiocommunication et microphone à bouche du pilote
- Radiocommunication et microphone à bouche du commandant de bord
- Microphone d'ambiance

L'enregistrement est de bonne qualité. La transcription des radiocommunications des cinq dernières minutes figure en annexe 4. Les points marquants sont les suivants :

- Les informations transmises par l'AFIS de l'aérodrome de Saint-Denis-de-l'Hôtel confirment à l'équipage la possibilité d'envisager l'approche sur l'aérodrome de destination : « Visibilité minimale instrumentale 1 900 mètres, toujours OVERCAST 300 ft, vérifie les minimas, le vent 330°/4 kt »,
- La remise de gaz était potentiellement envisagée,
- L'équipage constate une inversion de température (3 °C à 2 000 pieds, -1 °C au sol),
- Aucune alarme ne s'est déclenchée à l'atterrissage, y compris celle de décrochage,
- L'enregistrement a permis d'extrapoler des courbes et de reconstituer la puissance, l'altitude et le taux de chute de l'avion à partir de l'instant correspondant au toucher des roues (voir § 1.12.2 ci-après),
- Le commandant de bord dans le CVR, indique au pilote aux commandes « pas moins de 110 kt », une minute quinze avant le contact avec la piste.

1.10 Renseignement sur le site et l'avion

1.10.1 Le site

L'accident s'est produit sur la piste 23 revêtue de l'aérodrome de Saint-Denis-de-l'Hôtel.

Quatre traces d'impacts de pales de l'hélice du moteur droit ont pu être clairement identifiées sur le revêtement de la piste d'atterrissage, un mètre vingt à droite de l'axe central de la piste, à cent dix mètres du seuil 23 et à cent vingt cinq mètres en amont des plots d'atterrissage.

Trois « Torque key wheel » (pièce métallique de fixation de maintien des disques de freins) manquants sur les blocs freins de l'avion ont été retrouvés à cet endroit.

1.10.2 L'avion

Après le débarquement des passagers, l'équipage a constaté que le nez de l'avion, les bords d'attaque des ailes et des winglets étaient uniformément recouverts de concrétions de grains de glace transparents, durs et rugueux d'un centimètre d'épaisseur environ. La photo ci-dessous a été prise une heure après l'atterrissage.



La peau du fuselage de l'avion est chiffonnée sur les côtés et en-dessous, au niveau des attaches fuselage / ailes et sur les extrados et intrados de l'aile droite entre le moteur et le fuselage. Le caisson central de l'aile sur lequel sont fixés les longerons des ailes a été déformé à l'impact ainsi que les longerons.

Sur le train d'atterrissage, les deux pneus extérieurs ont été endommagés par les « Torque Key Wheel » de maintien des disques de freins éjectées à l'atterrissage. Le pneu extérieur droit est dégonflé.

Les quatre pales de l'hélice du moteur droit sont ébarbées sur un centimètre environ à leur extrémité.

1.11 Questions relatives à la survie des occupants

Aucun des passagers n'a été blessé lors de l'atterrissage. Tous les passagers étaient attachés par une ceinture abdominale (serrées entre lâche et serrée).

La balise de détresse de l'avion ne s'est pas déclenchée. Les masques à oxygène ne se sont pas déployés. Aucun objet n'est tombé.

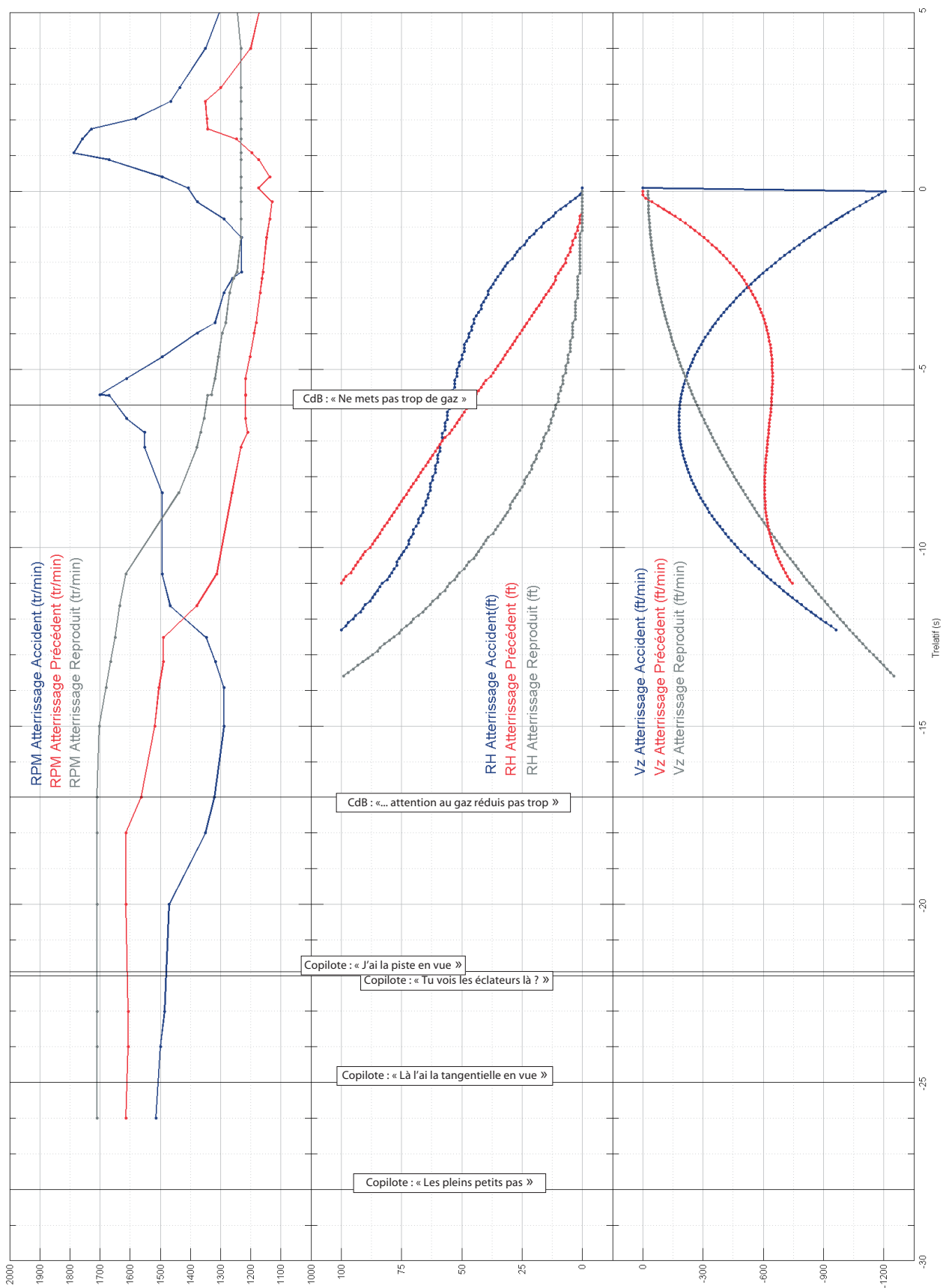
1.12 Exploitation des annonces de hauteur radio enregistrées sur le CVR

La méthodologie adoptée pour cette exploitation par le laboratoire du BEA est détaillée en annexe 5.

Cette exploitation a permis de reconstituer à partir des annonces radio hauteur enregistrées sur le CVR, le profil vertical de la trajectoire de l'avion entre 100 ft et le sol enrichi de la puissance moteur délivrée.

L'atterrissage précédent de l'avion à Toulouse avec le même pilote en fonction a pu être extrait et étudié de la même façon.

Les mêmes enregistrements d'un atterrissage d'un autre avion de même type dans la même configuration de masse et de vent mais hors condition de givrage ont été reproduits puis regroupés sur le même tableau ci-après à titre comparatif. Les trois atterrissages ont été synchronisés sur le toucher des roues.



L'étude de ces trois atterrissages indique :

- ❑ Une certaine similitude des trois atterrissages sur la première moitié des courbes hormis la puissance affichée. Cette moindre puissance affichée dans l'atterrissage de l'accident est compensée dans la deuxième moitié de la courbe par rapport aux deux autres atterrissages ;
- ❑ L'avion passe conformément le seuil de piste à 50 ft du sol avec une puissance supérieure à la puissance affichée pour les deux autres atterrissages et une vitesse verticale nominale de 300 ft/m.
- ❑ Quatre secondes avant le toucher des roues, un effondrement de la vitesse verticale caractérisée par la courbe descendante exponentielle comparativement aux courbes des deux autres atterrissages tendant simplement vers zéro.

1.13 Renseignements sur la gestion

La société Dexia-Sofaxis est le propriétaire du B 350.

L'activité de cette société est du courtage en assurance auprès des collectivités territoriales. Elle est implantée en région Centre avec des clients répartis sur tout le territoire.

Elle a développé depuis sa création une organisation originale basée sur l'absence d'agences locales compensée par l'utilisation d'un avion qui assure trois fois par semaine le déplacement de son personnel commercial regroupé dans la région d'Orléans.

Cet avion avait été acquis neuf en 2002 par la société. C'est le sixième avion acheté par l'entreprise. Il est certifié monopilote et l'entreprise l'exploite dans le cadre de la réglementation de l'aviation générale. Elle n'a donc pas d'obligation de détenir de manuel d'exploitation. Elle n'en a pas développé.

Trois pilotes salariés de la société assuraient les vols. La société exploitait l'avion avec deux pilotes. L'un faisait fonction de chef pilote et commandant de bord, le second faisait fonction de commandant de bord, et le troisième de copilote exclusivement. Les deux commandants de bord ont suivi un cours CRM. La répartition des tâches à bord entre les deux pilotes se faisait dans l'esprit enseigné en stage CRM sans qu'aucune procédure ne soit écrite.

L'équipage de l'accident était constitué du second commandant de bord et du copilote.

1.14 Renseignements supplémentaires sur le givrage

Des études scientifiques ont permis de relier les intensités de givrage à des paramètres microphysiques : taille des gouttes et contenu en eau liquide, et par extension à des types de nuages ou des mécanismes de formation. A ces intensités de givrage sont associés des types de givrage et des effets sur l'avion.

Le tableau ci-dessous reprend de manière théorique les divers paramètres selon chaque interlocuteur :

- ❑ Le scientifique mesure des tailles de gouttes et des contenus en eau liquide lors de vols spéciaux de mesures et des types particuliers de nuages.
- ❑ Le prévisionniste, selon les types de nuages et leur processus de formation associe des conditions potentielles de givrage, c'est-à-dire des conditions où tous les paramètres météorologiques sont réunis pour qu'un avion givre.
- ❑ Le pilote quant à lui visualise un certain type de givrage et surtout en expérimente les conséquences sur son avion.

		Classe 1 FAIBLE	Classe 2 MODERE	Classe 3 FORT
Scientifique	Quantité moyenne d'eau surfondue	< 0,6 g/m ³	< 0,6 g/m ³ à 1,2 g m ³	> 1,2 g/m ³
	Diamètre moyen des gouttelettes	< 50 µm		> 50 µm
Météorologiste	Atmosphère	stable	instable	fortement instable
	Nuages	As, Ns, Sc Brouillard St minces Ac peu développé	Ns, Sc développé Brouillard St denses Cu	Ac Cu Cb
Pilote	Type de givrage	Gelée blanche Givre blanc	Givre blanc Givre mixte Givre dur	Givre mixte Givre dur Pluie, Bruine givrante
	Action	Pas de contrainte mais à surveiller	Envisager de changer de conduite de vol	Changer immédiatement de conduite de vol

Tableau récapitulatif des conditions givrantes

La simple catégorisation de la masse d'air telle que définie ci-dessus ne permet pas de façon certaine d'en extrapoler l'accrétion et les effets en matière de performances sur un aéronef donné.

Pour catégoriser le givrage subi par l'aéronef de façon « opérationnelle », l'OACI a fixé trois intensités d'accrétion en fonction des contraintes appliquées à la conduite de l'avion en vol (référence OACI : RAC 4444 APP1).

La « sévérité » du givrage n'est pas uniforme pour tous les avions passant dans la même zone. Le givrage sera plus ou moins fort selon le type d'avion, sa masse, le profil de l'aile (avec ou sans appendice aérodynamique mobile, épaisseur relative de l'aile), la phase du vol, sa vitesse, le moment où il traverse la zone, et les conditions rencontrées au préalable.

1.15 Témoignages

1.15.1 Le commandant de bord

Le commandant de bord, PNF, indique qu'il avait réparti les tâches de la façon suivante : il assurait les radiocommunications, la surveillance extérieure, les annonces de hauteurs et de vitesses et la réalisation des demandes du pilote aux commandes (sorties des volets et du train).

Le dispositif d'antigivrage était en fonctionnement. Celui de dégivrage ne l'était pas car l'avion ne volait pas dans une couche nuageuse, hormis la traversée en finale.

Avant le passage de l'IAF, lors de la sortie du train et des volets en configuration atterrissage, il n'a détecté aucune présence de contamination des bords d'attaque des ailes par du givre dans le faisceau des « Ice Lights » prévus à cet effet.

Puis l'avion est entré en couche vers l'altitude de 1 800 ft et en est sorti vers 800 ft. La visibilité horizontale permettait de voir largement toute la piste. Par ailleurs, l'avion était suffisamment bien aligné sur l'axe longitudinal de la piste et sur le plan confirmé au PAPI, pour atterrir.

Il ajoute que pour l'atterrissage, il « n'aurait pas fait mieux ».

Quand il a senti l'enfoncement sans aucune impression de freinage, il a réajusté la puissance mais il était trop tard. Il n'a pas entendu de bruit de glace éjectée par l'hélice ni l'alarme de l'avertisseur de décrochage à aucun moment (confirmé par le CVR).

1.15.2 Le pilote aux commandes

Le pilote aux commandes confirme les éléments du témoignage du commandant de bord.

Il indique qu'étant pilote en fonction, la répartition des tâches dans l'avion était clairement établie et qu'elle a été suivie comme d'habitude. L'assiette de 5 à 6° était affichée pour l'atterrissage. Aucune perte de manœuvrabilité ou obstruction des commandes n'a été ressentie durant l'approche finale jusqu'à l'atterrissage. Il précise que passant le seuil de piste à 50 ft, il a réduit les gaz puis retiré normalement la main gauche des commandes de puissance pour tenir le manche à deux mains pour l'atterrissage.

Il indique qu'il n'a jamais givré en phase d'approche avec cet avion mais qu'il a eu l'occasion de givrer en phase de croisière une fois par semaine en moyenne avec des épaisseurs plus ou moins importantes que celle du jour de l'accident.

1.15.3 La préparation du voyage par les pilotes

- A Perpignan en début d'après-midi,

- l'équipage prend les metars et les tafs de Bricy et des aérodromes de dégagement,
- fait faire les pleins complets en carburant pour s'assurer l'accessibilité des dégagements en cas de besoin,

- ❑ téléphone au responsable des vols de l'entreprise pour rendre compte de la situation météorologique qui se dégrade pour le soir. Le responsable prend la décision d'avancer les décollages d'une heure.

- A Toulouse, l'équipage s'informe des dernières évolutions éventuelles de tous les aérodromes concernés. Il décide de décoller et éventuellement de se dérouter une fois arrivé à destination.

Le briefing au sol est le suivant :

- ❑ le déroutement sera engagé après la première procédure d'approche au cas où les références visuelles minimales possibles (RVR) ne seraient pas remplies à cet instant,
- ❑ en cas de remise de gaz, le choix du dégagement sera fait une fois remonté en altitude et la prise de contact rétablie avec l'organisme de contrôle,
- ❑ les dégagements sont tous connus de l'équipage et accessibles. Le Bourget est retenu à priori comme premier choix pour des raisons de commodité pour les passagers.

- En vol, après réception de l'information du STAP de Saint-Denis-de-l'Hôtel qui confirme l'accessibilité de l'aérodrome déjà envisagée pendant le briefing fait au sol.

1.15.4 Les passagers

Les sept passagers ont répondu à un même questionnaire. Les points suivants en ressortent :

- ❑ Six d'entre eux avaient l'habitude de voler sur cet avion.
- ❑ Deux d'entre eux ont été légèrement soulevés au moment de l'atterrissage.
- ❑ Aucun d'entre eux n'a été blessé ni ne s'est cogné lors du contact à l'atterrissage.
- ❑ Aucun objet n'est tombé ou ne s'est déplacé en cabine durant l'atterrissage (pas même les masques à oxygène).

1.15.5 Autre vol

Un seul autre vol a atterri à Saint-Denis-de-l'Hôtel en milieu de journée.

Un pilote de Cessna 340 s'est présenté au-dessus de la couche nuageuse pour un atterrissage à Saint-Denis-de-l'Hôtel à 12 h 00. La température était d'environ 9 °C à 2 500 ft alors qu'elle était de 0 °C à 2 000 ft en limite de couche. Au sol, la visibilité était de 1 500 mètres, OVC 350 ft. Le pilote ne voyant pas le sol aux minima, a remis les gaz à deux reprises et s'est reporté sur la balise à 2 500 pieds pour dégivrer à température positive la glace qui s'était accumulée lors de la traversée de la couche. Voyant la piste à la troisième tentative, il a atterri à 12 h 31.

Le pilote a indiqué qu'il a été surpris de voir des dépôts de glace se former très rapidement. Ils avaient la forme d'une marche au-delà du dégivrage pneumatique du bord d'attaque sur l'extrados sur une épaisseur et profondeur de cinq millimètres. Les cônes d'hélice étaient contaminés par de la glace mais il n'y a pas eu le bruit caractéristique de la glace éjectée des pales contre le fuselage.

2 - ANALYSE

2.1 Préparation du vol

Dans la préparation du vol à Perpignan, l'équipage avait bien pris en compte la situation météorologique à destination : avancement des heures de décollages et avitaillement maximum compatible en cas de remise de gaz pour atteindre tous les dégagements prévus.

Le risque d'être confronté à un givrage faible apparaissait secondaire car non restrictif à l'accessibilité et au type d'avion.

2.2 L'approche

Les conditions météorologiques pendant la croisière (ciel clair) contrastaient avec les conditions prévues à l'arrivée (traversée d'une couche nuageuse, plafond bas et visibilité réduite de nuit). L'équipage se préparait donc à une approche finale dans une ambiance concentrée.

L'avion venait d'effectuer une longue phase de vol à une température comprise entre -30 et -40 °C. Il était donc très froid lors de son entrée dans la fine couche de nuages. Ses parties fixes ont instantanément capté les gouttelettes d'eau surfondues contenues dans une couche saturée à température faiblement négative. Les bords d'attaque se sont aussitôt recouverts de la glace rugueuse, dure et collante observée au sol.

L'équipage ne s'est pas rendu compte du phénomène. Concentré sur le maintien de la trajectoire durant la percée finale, il n'a pas remarqué la formation de glace sur les ailes ni ressenti d'indices inhérents au givrage tels qu'une manœuvrabilité réduite. Il n'a pas perçu le bruit que peuvent provoquer les débris de glace projetés par l'hélice sur la carlingue. Il n'a donc pas mis en fonctionnement le système de dégivrage qui doit être mis en œuvre à l'apparition de dépôt de glace sur les bords d'attaque de l'avion. De plus, la faible épaisseur de la couche de nuages ne leur a pas laissé le temps, pendant cette phase de vol, de s'inquiéter d'une éventuelle pollution des ailes par de la glace.

2.3 L'atterrissage

Les conditions étaient apparemment remplies pour que l'atterrissage se déroule sans difficultés. Le positionnement de l'avion et sa vitesse verticale de descente étaient corrects.

La présence de glace a diminué la valeur de l'incidence de décrochage et les ailes ont décroché à une hauteur de quarante pieds lors de l'arrondi. L'alarme de décrochage ne s'est pas déclenchée car l'incidence n'avait pas encore atteint la valeur préétablie habituelle. L'équipage n'a donc pas été alerté.

Au moment de l'arrondi, l'équipage a perdu le contrôle de l'avion après son rapide décrochage. Ce dernier a heurté durement la piste en légère inclinaison à droite.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis

- L'équipage possédait les licences et qualifications requises et en état de validité.
- L'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité.
- Tous les systèmes d'alarmes de l'avion fonctionnaient.
- L'avion évoluait dans les limites de masse et centrage certifiés.
- L'aérodrome de Saint-Denis-de-l'Hôtel était accessible avec une visibilité horizontale toujours supérieure au minima (1 500 m).
- La seule autre arrivée de la journée sur l'aérodrome a montré à posteriori l'existence d'un givrage fort à la traversée d'une fine couche nuageuse en approche pour la piste 23.
- Le vol en croisière s'est déroulé dans un air au-delà de -30 °C.
- Les informations météorologiques à la disposition du commandant de bord ne permettaient pas de supposer les conditions givrantes fortes, brutales et exceptionnelles rencontrées à l'arrivée.
- Le TEMSI indiquait la présence d'une couche nuageuse basse à température négative près du sol et un givrage faible.
- Le commandant de bord avait mis en marche le système d'antigivrage mais pas celui de dégivrage.
- L'avion a percé à une altitude d'environ 800 ft.
- Aucun signe précurseur n'a alerté l'équipage sur l'accumulation de la glace.
- L'équipage n'a pas vu la glace avant l'arrêt au parking.
- Sans perte de manœuvrabilité des commandes et sans alarme annonçant le décrochage, l'avion a décroché à une hauteur sol de quarante pieds.

3.2 Causes

L'accident résulte de la perte de contrôle de l'avion suite à un décrochage à faible hauteur peu avant l'atterrissage de nuit sur la piste 23. Ce décrochage est la conséquence du givrage de la voilure non détecté par l'équipage.

Ont pu contribuer à l'accident :

- ❑ les non-perceptions visuelle, sensitive aux commandes et auditive du dépôt rapide de glace sur les ailes par l'équipage durant l'approche de nuit,
- ❑ la rapidité d'apparition du phénomène très près du sol confronté à la charge de travail du moment.

RAPPEL POUR LA SECURITE

Les modèles utilisés en météorologie ne permettent pas toujours une évaluation exacte de la situation météorologique réelle, notamment de la sévérité des conditions givrantes.

Liste des annexes

annexe 1

Paramètres d'atterrissage préconisés par le constructeur

annexe 2

Carte TEMSI du 16/12/2008 valide à 15 h 00 UTC

annexe 3

Carte d'atterrissage aux instruments

annexe 4

Transcription du CVR

annexe 5

Méthodologie sur l'exploitation des annonces de hauteur radio enregistrées sur le CVR

NORMAL LANDING DISTANCE - FLAPS DOWN

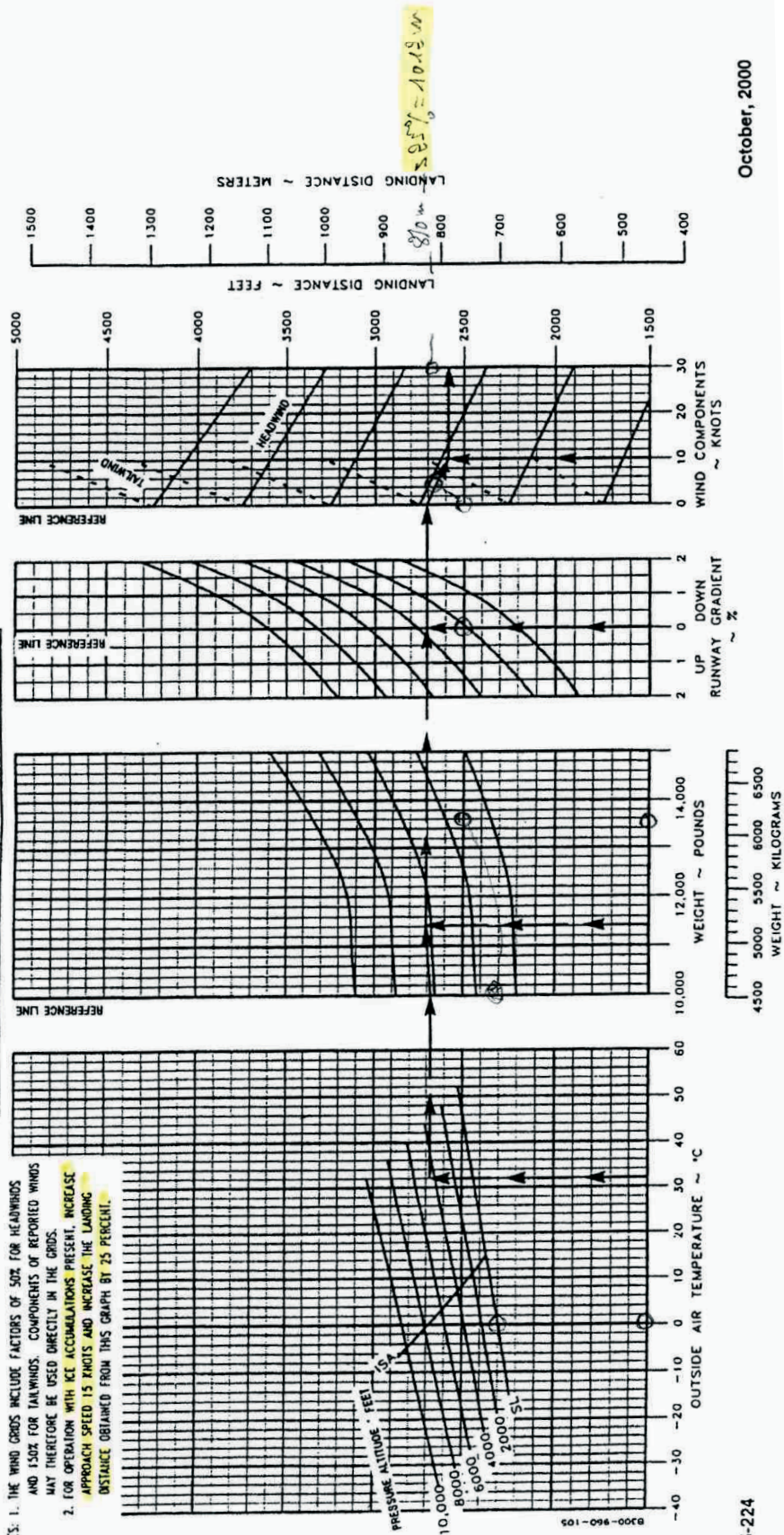
ASSOCIATED CONDITIONS:

- POWER.....RETARDED TO MAINTAIN A 3-DEGREE APPROACH ANGLE, IDLE AT 50 FT
- PROPELLER CONTROLS.....FULL FORWARD
- RUNWAY.....PAVED, DRY SURFACE
- APPROACH SPEED.....KIAS AS TABULATED
- POWER CONTROLS.....GROUND FINE AFTER TOUCHDOWN
- BRAKING.....MAXIMUM WITHOUT SLOTTING THRESH
- OBSTACLE HEIGHT.....50 FT

WEIGHT ~ POUNDS	VREF ~ KNOTS
15,000	109
14,000	105
13,000	102
12,000	100
11,000	100
10,000	100

EXAMPLE:
 OAT.....32°C
 PRESSURE ALTITUDE.....4502 FT
 LANDING WEIGHT.....11,415 POUNDS
 RUNWAY GRADIENT.....ZERO
 HEADWIND COMPONENT.....10 KTS
 LANDING DISTANCE.....2583 FEET
 VREF.....100 KNOTS

NOTES: 1. THE WIND GRIDS INCLUDE FACTORS OF 50% FOR HEADWINDS AND 150% FOR TAILWINDS. COMPONENTS OF REPORTED WINDS MAY THEREFORE BE USED DIRECTLY IN THE GRIDS.
 2. FOR OPERATION WITH ICE ACCUMULATIONS PRESENT, INCREASE APPROACH SPEED 15 KNOTS AND INCREASE THE LANDING DISTANCE OBTAINED FROM THIS GRAPH BY 25 PERCENT.



5-224

October, 2000

annexe 3

Carte d'atterrissage aux instruments

AIP
FRANCE

AD2 LFOZ IAC 01
13 MAR 08

APPROCHE AUX INSTRUMENTS

ORLEANS SAINT DENIS DE L'HOTEL

Instrument approach

CAT A B

L RWY 23

ALT AD : 396 (15 hPa), THR : 396

APP : NIL

TWR : NIL

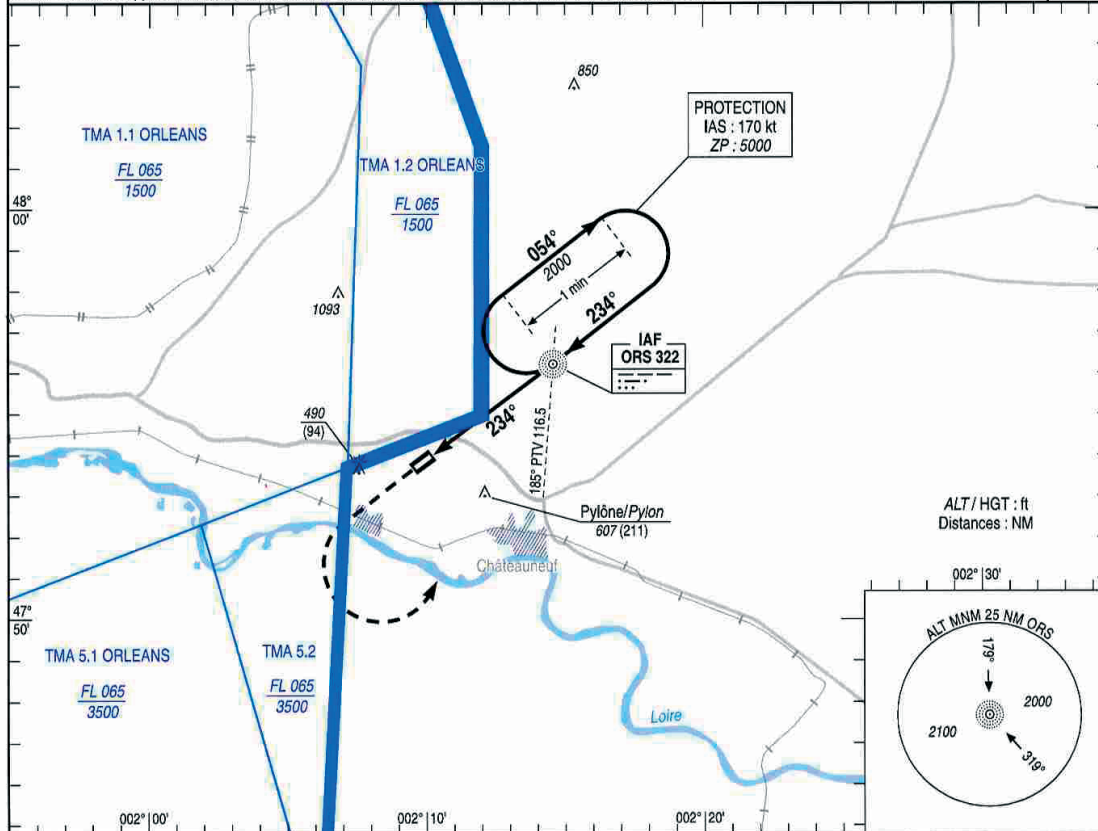
AFIS : SAINT-DENIS Info 122.4

Absence ATS : A/A FR seulement. Obtenir le QNH local sur STAP ou le QNH d'ORLY auprès d'ATIS ORLY 126.5 (FR) 131.35 (EN)

A/A FR only. Obtain local QNH on STAP or ORLY QNH from ATIS ORLY 126.5 (FR) 131.35 (EN)

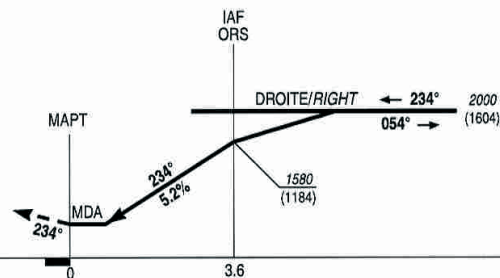
Contacteur BRICY Approche 122.7 si TMA Orléans active/Contact BRICY Approach 122.7 if TMA Orléans active.

VAR
1°W
(05)



API : Monter au QDR 234° ORS (RM 234°). A 1100 (704), tourner à gauche vers ORS en montée vers 2000 (1604). Ne pas tourner avant le MAPT. Monter à 1200 (804) avant d'accélérer en palier.

Missed APCH : Climb QDR 234° ORS (MAG track 234°). At 1100 (704), turn left to ORS up to 2000 (1604). Do not turn before MAPT. Climb up to 1200 (804) prior to level acceleration.



THR ← (NM)

MNM AD : distances verticales en pieds, RVR et VIS en mètres./Vertical distances in feet, RVR and VIS in metres.

REF HGT : ALT AD

CAT	L		MVL		MVL Absence ATS sans QNH local without local QNH		STAP : Paramètres disponibles : vent, RVR THR QFU 23, VIS, hauteur de la base des nuages, T, DP, QNH, QFE, informations diverses éventuelles. STAP : Available data : wind, RVR THR QFU 23, VIS, cloud base, T, DP, QNH, QFE, miscellaneous.	
	OCH : 344		MDA (H)	RVR	MDA (H)	VIS		MDA (H)
A			740 (350)	1500	910 (520)	1500	1140 (750)	1500
B						1600		1600

Observations/Remarks : En l'absence d'organisme ATS, procédure obligatoirement suivie de MVL.
Absence ATS, procedure must be followed by MVL.

L - MAPT	3.6 NM	70 kt 3 min 05	80 kt 2 min 42	90 kt 2 min 24	100 kt 2 min 10	110 kt 1 min 58	120 kt 1 min 48	130 kt 1 min 40
VSP (ft/min)		370	420	470	525	575	630	680

SERVICE DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE

API IDENT

AMDT 04/08 CHG : Consignes absence ATS, espaces, MNM MVL, observations.

VERSO BLANC
© SIA

annexe 4

Transcription du CVR

AVERTISSEMENT

Ce qui suit représente la transcription des éléments qui ont pu être compris au cours de l'exploitation de l'enregistreur phonique (CVR). Cette transcription comprend les échanges entre les membres de l'équipage, les messages de radiotéléphonie et des bruits divers correspondant par exemple à des alarmes.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'enregistrement et la transcription d'un CVR ne constituent qu'un reflet partiel des événements et de l'atmosphère d'un poste de pilotage. En conséquence, l'interprétation d'un tel document requiert la plus extrême prudence.

Les voix des membres d'équipage sont placées dans des colonnes séparées par souci de clarté. Une autre colonne est dédiée aux autres voix, bruits et alarmes également entendus par l'intermédiaire du microphone d'ambiance.

VS	Voix synthétique de l'aéronef
→	Communication en direction du contrôle
()	Les mots ou groupes de mots placés entre parenthèses n'ont pu être établis avec certitude
(*)	Mots ou groupes de mots non compris
(...)	Mot sans rapport avec la conduite du vol

Temps UTC	Commandant de bord	Copilote	Contrôle	Voix synthétique, bruits
18 h 14 min 50	Quand tu quand tu verras que tu es à zéro demi nautique tu peux commencer à virer... à virer à droite hein			
14 min 59	Voilà il l'a il est il est en interception là le heading est plus est plus efficace			
18 h 15 min 03		D'accord ok		
15 min 04	Tu vois il est passé (*) HSD est parti			
15 min 06		Ouais		
15 min 07	Voilà donc il est en interception alors là tu surveilles quand... quand il sera rentré là... et ben voilà on est à trois nautiques d'O R S			
15 min 13		Vitesse on peut sortir les volets un cran		
15 min 17	Voilà maintenant on peut sortir les volets un cran ouais			
15 min 20		Ok		
15 min 21	Fais gaffe à tes vitesses quand même tu gardes bien la main sur les trucs	Oui		
15 min 23		Exactement		
15 min 24	Voilà les volets sont approche			
15 min 26		C'est vérifié		
15 min 27	Et on est à deux nautiques trois à un nautique on sortira le train et les volets			
15 min 30		On peut toper approche maintenant ou pas ?		
15 min 32	Hein ouais ouais maintenant tu vois là tu vois tu es approche voilà	(*)		
15 min 41		Il l'a pris		
15 min 42	Ouais ouais			
15 min 43	(*) est armé			
15 min 49		Il le prend il le prend pas vert normalement ?		

Temps UTC	Commandant de bord	Copilote	Contrôle	Voix synthétique, bruits
15 min 51	Euh pas encore			
15 min 53	(*)	D'accord les vitesses cent quarante c'est bon		
15 min 58		Essaye de l'emmener légèrement à dr... à gauche... pour venir intercepter		
18 h 16 min 01	(*) parce que GS non ben attends je vais te remettre (*) non attends je vais te remettre l'approche voilà	On revient un petit peu là		
16 min 08	Voilà comme ça maintenant il l'a pris voilà okay on a deux trucs (*) nautiques un demi nautique je vais te sortir le train			
16 min 14		Ouais le train		
16 min 16		Vitesse le train sur sortie		
16 min 18	Les phares c'est peut être pas une bonne idée hein			
16 min 19		(*) non pas tout de suite les phares		
16 min 21	Ouais			
16 min 23	Voilà okay le glide le truc a pris la vitesse est compatible réduit			
16 min 26		Vitesse le train sur sor... les volets full s'il te plaît		
16 min 29	Oui réduis réduis			
16 min 30		Oui		
16 min 31	Voilà			
16 min 32		Donc il va prendre un glide de folie		
16 min 33	Voilà			
16 min 34	Ok	Je vais mettre dix pour voir		
16 min 36	➔ On a passé la balise en finale Yankee deux	On a bien...		
16 min 38				Altitude alert
16 min 40			Yankee deux visibilité minimum instrumental mille neuf cent mètres toujours vers quinze trois cents pieds vérifiez les minima le	

Temps UTC	Commandant de bord	Copilote	Contrôle	Voix synthétique, bruits
			vent trois cent trente degrés quatre nœuds	
16 min 49	→ On vous remercie yankee			
16 min 51		T'a pris ton top à la verticale		
16 min 52	Non mais on s'en (...) là top			
16 min 53		Ouais ok		
16 min 54	Tu suis le tu le laisses faire			
16 min 56		Tu peux rester si ça ne te gêne pas		
16 min 57	Ouais ouais			
16 min 58	(*) voilà			
18 h 17 min 00		Tu m'as libérer Vref plus dix		
17 min 01	Voilà pas moins de cent dix nœuds attention ça			
17 min 03	ça diminue là remets un petit peu de... Voilà	Ouais ouais c'est pour ça je regarde		
17 min 13	Fais gaffe parce que tu en as mis beaucoup là			
17 min 15	quand même (*)	Ouais ouais je suis en train de diminuer là		
17 min 17	Alors on est à un nautique sept			
17 min 21	→ T'as les éclateurs en route là			
17 min 24			(*) en route les flashes... en intensité maximum ainsi que la piste	
17 min 29	→ Reçu			
17 min 34,5				VS : Five hundred
17 min 44	Attention je ne peux pas prendre une vitesse trop forte			
17 min 49		Tu passes les...		
17 min 50				VS : Minimums
17 min 51		Les pleins petits pas		minimums et altitude alert
17 min 53	Ouais			
17 min 54		La j'ai la (tangentielle) en vue		
17 min 55	Ouais			
17 min 57	Tu vois les éclateurs là ?	J'ai la piste en vue		

Temps UTC	Commandant de bord	Copilote	Contrôle	Voix synthétique, bruits
17 min 58,4		oh (...)		VS : Two hundred
17 min 59	→ Coupe les éclateurs			
18 h 18 min 00				Déconnexion PA
18 min 02	Allez vas-y attention au gaz réduit pas trop hein			
18 min 06,6	→ Coupe les éclateurs s'il te plait			VS : One hundred
18 min 08	→ Diminue l'intensité			
18 min 11	Voilà c'est bon là tu la fais là ne mets pas trop de gaz ne mets pas trop de gaz			
18 min 14,35				VS : Fifty
18 min 16,07				VS : Fourty
18 min 16,94				VS : Thirty
18 min 17,83				VS : Twenty
18 min 18,83				VS : Ten
18 min 18,93				Bruit similaire au touché et cri
18 min 21		Oh (...)(...)(...) pardon oh (...)*		
Fin de la transcription				

annexe 5

Méthodologie sur l'exploitation des annonces de hauteur radio enregistrées sur le CVR

Objectifs

Calculer le profil vertical de la trajectoire de l'avion entre 100 ft et le sol, en utilisant les annonces de radio hauteur enregistrées sur le CVR.

Estimer également la vitesse verticale pendant cette phase.

Hypothèses et données

- Le CVR a été synchronisé avec le temps ATC
- LE GPWS installé est supposé avoir été en bon état de fonctionnement au moment de l'accident.
- Les annonces de radio hauteur suivantes et le toucher des roues sont enregistrés :

Temps ATC	Annonce
18 h 17 min 34.5 s	Five hundred
18 h 17 min 58.4 s	Two hundred
18 h 18 min 06.6 s	One hundred
18 h 18 min 14.35	Fifty
18 h 18 min 16.07	Forty
18 h 18 min 16.94	Thirty
18 h 18 min 17.83	Twenty
18 h 18 min 18.83	Ten
18 h 18 min 18.93	Touché

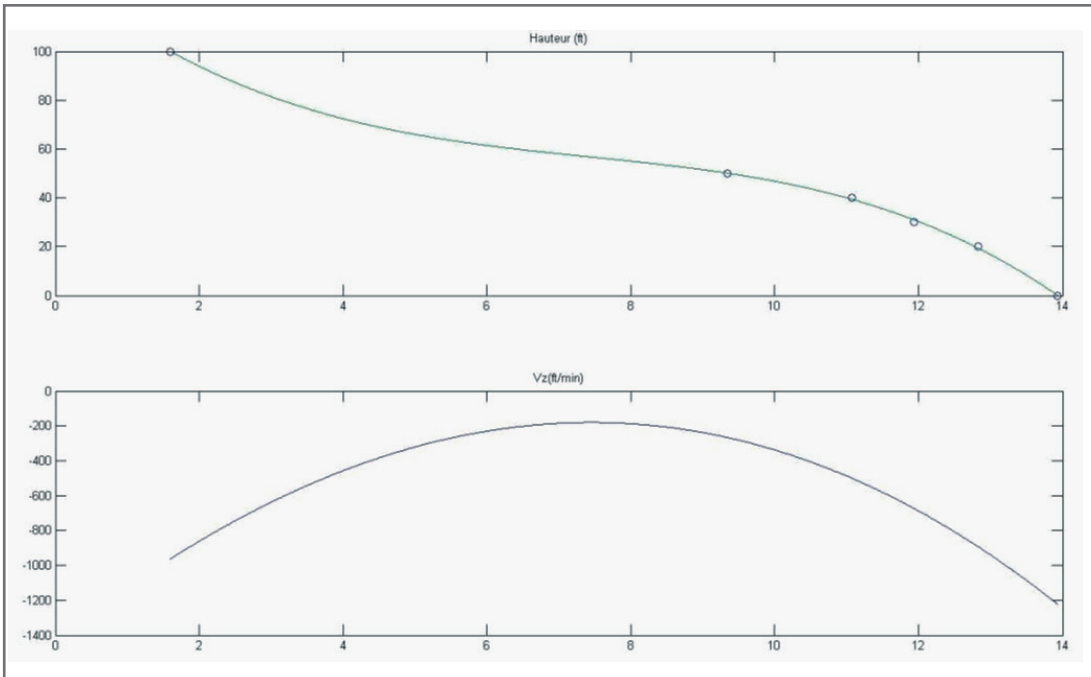
- La topographie de la zone d'évolution de l'avion après le passage des 100 ft sol en descente permet d'assimiler la radio hauteur de l'avion avec sa hauteur au dessus de l'aérodrome.

Travaux effectués

La hauteur de l'avion a été modélisée mathématiquement, en déterminant le polynôme optimal pour les points entre 100 ft et le sol en utilisant la méthode des moindres carrés.

En dérivant cette hauteur par rapport au temps, il est possible d'obtenir la vitesse verticale.

Les calculs montrent une diminution du taux de descente d'environ -1 000 ft/min à -200 ft/min lorsque l'avion est entre 100 ft et 50 ft de hauteur. Puis le taux de descente augmente à nouveau, pour atteindre environ -1 200 ft/min à l'impact.



BEA

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

Zone Sud - Bâtiment 153
200 rue de Paris
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

N° ISBN : 978-2-11-098717-4