

Rapport

Accident survenu le **4 novembre 2010**
à **Saint-Antonin-sur-Bayon (13)**
à l'**avion Beechcraft C90**
immatriculé **F-BVTB**

BEA

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

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

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 et au Règlement européen n° 996/2010, 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
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	5
1.1 Déroulement du vol	5
1.2 Tués et blessés	6
1.3 Dommages à l'aéronef	6
1.4 Renseignements sur le personnel	6
1.4.1 L'instructeur	6
1.4.2 L'élève	7
1.5 Renseignements sur l'aéronef	7
1.5.1 Cellule	7
1.5.2 Moteurs	8
1.5.3 Masse et centrage	8
1.5.4 Historique de la maintenance	8
1.6 Conditions météorologiques	9
1.7 Télécommunications	9
1.8 Enregistreurs de bord	9
1.9 Renseignements sur le site et l'épave	9
1.10 Renseignements médicaux et pathologiques	10
1.11 Incendie	10
1.12 Questions relatives à la survie	10
1.13 Essais et recherches	10
1.14 Renseignement sur les organismes et la gestion	12
1.14.1 La société Aéro Pyrénées	12
1.14.2 Les moyens d'instruction d'Aéro Pyrénées	12
1.14.3 Simulateur	13
1.15 Renseignements supplémentaires	13
1.15.1 L'entraînement aux pannes de moteur	13
1.15.2 Témoignages	15
1.15.3 Evénements antérieurs sur Be 90 en instruction en France	17
2 - ANALYSE	18
2.1 Scénario probable de l'accident	18
2.2 Exercice avec un moteur réduit	18
2.3 La perte de contrôle	19
2.4 L'entraînement aux pannes de moteur	19

3 - CONCLUSION	20
3.1 Faits établis par l'enquête	20
3.2 Cause probable	20
4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ	21
LISTE DES ANNEXES	22

Glossaire

AESA	Agence Européenne de la Sécurité Aérienne
ATPL	Airline Transport Pilot Licence (licence de pilote de ligne)
CEPr	Centre d'Essais des Propulseurs
CPL(A)	Commercial Pilot Licence (Aeroplane) (licence de pilote professionnel avion)
CRE	Class Rating Examiner (examineur pour les qualifications de classe)
CRI	Class Rating Instructor (instructeur pour les qualifications de classe)
DGAC	Direction Générale de l'Aviation civile
FAA	Federal Aviation Administration
FCL	Flight Crew Licencing
FI	Flight Instructor
FNPT	Flight Navigation and Procedure Trainer
FTO	Flight Training Organisation
HSI	Hot Section Inspection (inspection des parties chaudes d'un moteur)
IRI	Instrument Rating Instructor (instructeur vol aux instruments)
IR ME SP	Instrument Rating, Multi-Engine, Single Pilot (qualification de vol aux instruments, multimoteur, monopilote)
IR SE	Instrument Rating, Single Engine (monomoteur)
PPL(A)	Private Pilot Licence (Aeroplane) (licence de pilote privé avion)
TRI	Type Rating Instructor (instructeur pour les qualifications de type)
Vmca	Air minimum control speed

Synopsis

Date

Jeudi 4 novembre 2010 vers 15 h 20⁽¹⁾

Lieu

St Antonin sur Bayon (13)

Nature du vol

instruction

Aéronef

Avion Beechcraft C90
Immatriculé F-BVTB

Propriétaire

Open Flight

Exploitant

Aéro Pyrénées

Personnes à bord

1 instructeur

1 élève

⁽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

Vers 14 h 20, l'instructeur et son élève décollent de l'aérodrome d'Aix-Les-Milles (13) dans le cadre d'un stage de qualification de type sur Be 90. Il s'agit du premier vol du programme de formation. Après avoir survolé l'aéroport de Marseille, ils se dirigent jusqu'aux environs de Toulon (83) en suivant la côte à basse altitude (voir figure 1) puis rejoignent l'aérodrome du Castellet (83) sur lequel ils effectuent deux posés-décollés.

Ils mettent ensuite le cap vers le nord-ouest, quittent la fréquence du Castellet à 14 h 55 et contactent le secteur d'information de vol de Marseille. Ils sont autorisés à monter vers 5 000 pieds. A 15 h 06, ils sont autorisés à évoluer entre 4 000 et 6 000 pieds aux alentours de la montagne Sainte Victoire, à l'est d'Aix-en-Provence.

A 15 h 18, le contrôleur de Marseille entend un message désespéré. Quelques instants plus tard, l'avion entre en collision avec le sol et prend feu.

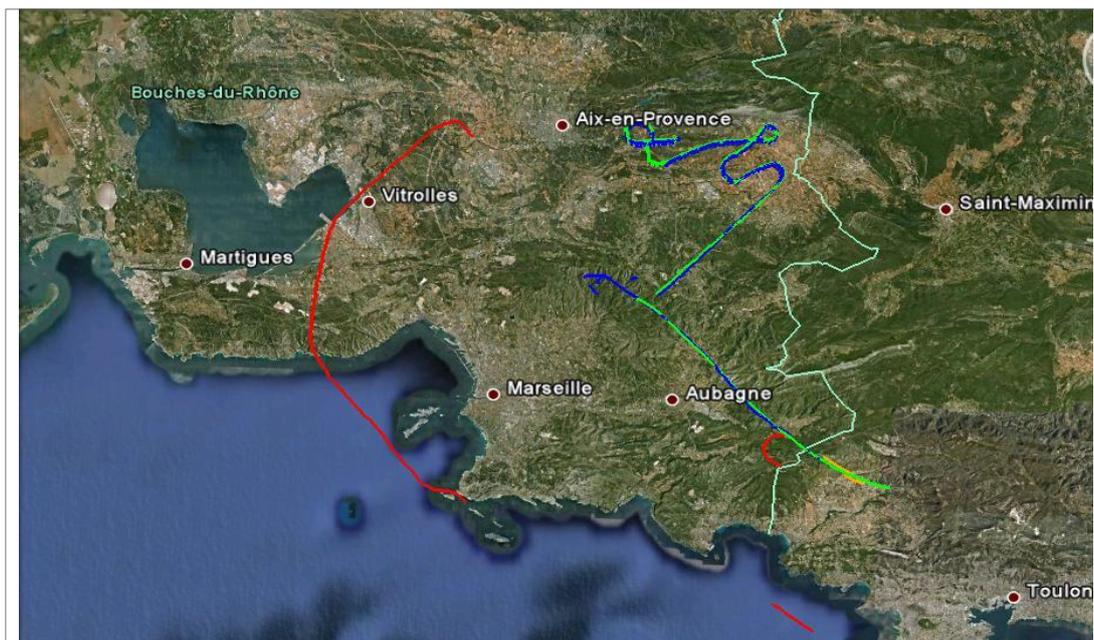


Figure 1 : trajectoire suivie par le F-BVTB issue des données des radars de Grasse, Vitrolles et du Mont Ventoux

1.2 Tués et blessés

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

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef détruit.

1.4 Renseignements sur le personnel

1.4.1 L'instructeur

Homme, 47 ans.

- Titres aéronautiques :
 - licence PPL(A) délivrée en 1985 ;
 - licence CPL(A) délivrée en 1992 ;
 - licence ATPL avion délivrée en 2002 ;
 - qualification CRE, valide jusqu'au 31 décembre 2012 ;
 - qualification CRI, valide jusqu'au 30 septembre 2011 ;
 - qualification IRI, valide jusqu'au 28 février 2013 ;
 - qualification TRI sur Transall, valide jusqu'au 31 octobre 2011 ;
 - qualifications IR/ME SP+MEP valides jusqu'au 31 mai 2011 ;
 - qualification Be 90/99/100/200, valide jusqu'au 31 juillet 2011 ;
 - qualification CL 415 Canadair, valide jusqu'au 30 novembre 2011 ;
 - qualification DHC6 Twin Otter, valide jusqu'au 31 mars 2011 ;
 - il était détenteur d'un certificat médical de classe 1 en cours de validité.

Expérience :

- 9 925 heures de vol, dont 8 030 en qualité de commandant de bord ;
- 2 100 heures de vol sur Be 90, Be 200 et DHC6.

Après une carrière dans l'armée de l'air, l'instructeur était devenu commandant de bord sur Canadair dans la Sécurité Civile. Jusqu'au jour de l'accident, il exerçait la fonction de « chef de noria » réservée aux pilotes très expérimentés.

Ancien instructeur sur DHC6, il avait obtenu en octobre 2005 l'autorisation d'instruire sur Be 90 par équivalence après 10 heures sur type (cf. FCL 1.300).

Depuis, il avait parcouru chaque année les 10 étapes requises par la réglementation pour la proroger. A la date de l'accident, il avait effectué au moins une centaine de vols sur Be 90 ou Be 200. La disparition de son dernier carnet de vol dans l'incendie de l'épave et la perte des précédents n'ont pas permis de déterminer son expérience précise sur Be 90.

En 2010, Aéro Pyrénées lui avait demandé d'instruire des élèves en vue d'une qualification de type sur Be 90. Il avait effectué un premier stage en juillet 2010. L'accident s'est produit au cours du second stage.

1.4.2 L'élève

Homme, 44 ans

Titres aéronautiques

- licence PPL(A) délivrée en 1989 ;
- licence CPL(A) délivrée en 2001 ;
- qualifications IR/ME SP+MEP, valides jusqu'au 30 juin 2011 ;
- qualification FI avion, valide jusqu'au 31 octobre 2011.

Expérience

- 499 heures de vol, dont 1,5 sur type ;
- il était détenteur d'un certificat médical de classe 1 en cours de validité.

1.5 Renseignements sur l'aéronef

Le Raytheon Beechcraft C90 est un avion bi-turbopropulseur d'une masse maximale au décollage de 4 380 kg. Il est certifié pour une utilisation monopilote.

1.5.1 Cellule

Constructeur	Hawker Beechcraft
Type	Beech C 90 King Air
Numéro de série	LJ-579
Immatriculation	F-BVTB
Mise en service	1973
Certificat de navigabilité	Valide jusqu'au 11 avril 2011
Utilisation à la date du 4/11/2010	9 716 heures
Utilisation depuis dernière visite	49 heures

1.5.2 Moteurs

	Moteur Gauche	Moteur Droit
Constructeur	Pratt et Whitney Canada	Pratt et Whitney Canada
Type	PT6A-20	PT6A-20
Numéro de série	PCE-21823	PCE-22534
Temps total de fonctionnement depuis installation	12 200 heures	12 250 heures
Temps de fonctionnement depuis révision générale	2 640 heures	4 316 heures
Depuis la dernière révision HSI	551 heures	234 heures
Type d'hélice	Hartzell HC-B3TN-3B	Hartzell HC-B3TN-3B
Numéro de série de l'hélice	BUA22978	BUA22192
Temps de fonctionnement hélice depuis la dernière révision	49 heures	452 heures

L'avion n'est pas équipé d'un système de mise en drapeau automatique. Compte tenu du sens de rotation des hélices, la panne du moteur gauche (moteur « critique ») est plus pénalisante pour le pilote que celle du moteur droit.

1.5.3 Masse et centrage

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

1.5.4 Historique de la maintenance

En janvier et février 2010, une révision complète de l'avion a été effectuée bien que certaines butées calendaires ou horaires n'aient pas été atteintes. Il s'agissait d'une demande du nouveau propriétaire avant remise en service commercial.

Les phases 1, 2, 3 et 4 du programme d'entretien du constructeur ont été réalisées, ainsi qu'une révision de l'hélice gauche.

1.6 Conditions météorologiques

La situation était anticyclonique sur la région. Le temps était ensoleillé et dégagé avec un régime de vent faible.

Les conditions estimées sur le site étaient les suivantes :

- vent variable de 6 à 10 kt vers 5 000 ft ; pas de rafales ;
- 1/8 d'altocumulus vers 10 000 ft ;
- pas de phénomène particulier ;
- visibilité : 30 km ;
- température : 18 à 21 °C (10 à 11 °C vers 5 000 pieds) ;
- QNH : 1027 hPa.

1.7 Télécommunications

La transcription des conversations n'a pas révélé d'information susceptible d'expliquer l'accident.

1.8 Enregistreurs de bord

L'avion n'était pas équipé d'enregistreur de vol. La réglementation actuelle ne l'impose pas. Une étude est en cours à l'AESA pour élargir les conditions d'emport d'enregistreurs de vol en transport public aux avions dont la masse est inférieure à 5 700 kg.

1.9 Renseignements sur le site et l'épave

La collision s'est produite au sud de la montagne Sainte Victoire (13) sur le flanc nord du plateau du Cengle, à une altitude de 1 795 ft. Les dégâts sur la végétation sont limités à la proximité immédiate de l'épave. Les traces d'impact des moteurs et de l'avant du fuselage avec le sol sont situées à quelques mètres à droite de l'épave.

Cette dernière est regroupée et repose à plat sur la pente sous une ligne électrique qui n'a pas été heurtée au moment de l'accident.

Elle a été très fortement endommagée par l'incendie consécutif à l'accident, à l'exception de la dérive et des plans fixes horizontaux qui sont encastrés dans la végétation. Les instruments de bord ont fondu. La documentation de bord est brûlée.

L'examen des traces au sol et dans la végétation ainsi que les déformations constatées sur l'épave indiquent :

- que l'avion a heurté le sol :
 - avec une faible vitesse horizontale,
 - avec une forte vitesse verticale,
 - avec une assiette à piquer,
 - en rotation à gauche ;
- que l'avion a rebondi vers la gauche en pivotant autour de la dérive bloquée dans la végétation.

L'examen du bloc de commandes n'a pas permis de déterminer la position exacte des manettes de puissance. Cependant, aucune d'entre elles n'était dans le cran d'inversion de poussée.

Le train d'atterrissage était rentré et verrouillé. Les volets étaient partiellement sortis. Des mesures effectuées sur leurs vérins montrent qu'ils étaient rentrés au moment de la collision. La porte d'accès de l'avion était fermée et verrouillée.

Les mesures effectuées sur les vérins de commande des compensateurs indiquent qu'au moment de l'accident, l'avion était légèrement compensé à cabrer, en roulis à droite et en lacet à droite.

La continuité des commandes de vol a été observée depuis la partie centrale de l'épave jusqu'aux ailerons et gouvernes de direction ou de profondeur.

L'état des pales d'hélices semble indiquer un faible niveau de puissance des moteurs au moment de l'impact. L'hélice du moteur droit paraissait calée sur la position « plein petit pas ». L'hélice du moteur gauche paraissait calée « en drapeau ».

Des examens complémentaires ont été effectués sur les moteurs et les hélices au CEPr de Saclay (91). Aucun indice de dysfonctionnement n'a été constaté. Les endommagements observés ont été identifiés comme des conséquences de la collision ou de l'incendie.

Ces examens ont montré qu'au moment de l'accident, les deux moteurs fonctionnaient et délivraient une puissance comparable. Cette puissance était proche de celle du ralenti.

Les traces laissées par les masselottes de régulation sur les pistons de commande de pas indiquent que les deux hélices étaient calées à des valeurs proches du plein petit pas. La position « en drapeau » observée sur l'hélice gauche était une conséquence de l'impact.

1.10 Renseignements médicaux et pathologiques

Les analyses pratiquées sur les occupants de l'avion à l'issue de l'accident n'ont pas mis en évidence d'élément susceptible d'expliquer l'accident.

1.11 Incendie

Des témoins au sol indiquent qu'ils n'ont pas observé de fumée ni de flammes lors de la descente de l'avion. L'incendie est consécutif à l'accident.

1.12 Questions relatives à la survie

La violence de l'impact n'a laissé aucune possibilité de survie aux occupants de l'avion.

1.13 Essais et recherches

L'exploitation des données des radars secondaires du Mont Ventoux et de Grasse a permis de retracer les évolutions de l'avion au cours des dix dernières minutes du vol. (voir figure 2 ci-après).

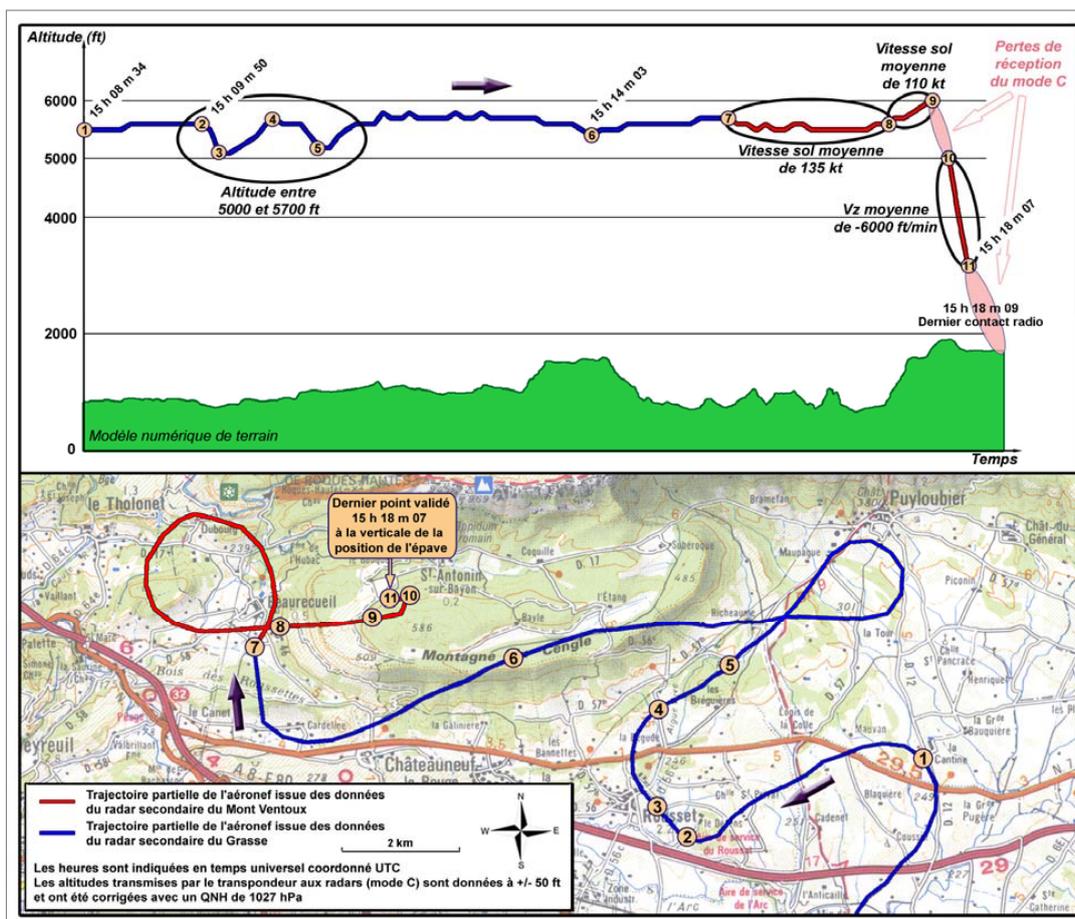


Figure 2 : trajectoire de l'avion lors des 10 dernières minutes de vol

Note : le vent dans la zone et aux altitudes considérées était faible. Ainsi, les valeurs de vitesse sol déterminées à partir des données radar sont très proches de valeurs de vitesse propre.

Entre les points 2 et 5, le pilote a effectué une première série d'évolutions à une altitude comprise entre 5 000 et 5 700 ft.

Entre les points 2 et 3 ainsi que 4 et 5, la vitesse a diminué en ligne droite jusqu'aux environs de 90 kt. L'avion a ensuite perdu 500 ft d'altitude.

Note : des exercices de décrochage sont prévus dans la séance n° 2 du programme de formation.

Entre les points 7 et 8, le pilote a effectué un virage à une vitesse moyenne d'environ 135 kt. L'avion s'est ensuite présenté face à l'est à une altitude de 5 500 ft, soit une hauteur de l'ordre de 4 500 ft.

Entre les points 8 et 9, l'avion a ralenti en ligne droite pendant une trentaine de secondes. La vitesse sol a diminué vers 90 kt et l'altitude a augmenté vers 6 000 ft. Simultanément, la hauteur a diminué vers 4 000 ft du fait du survol du plateau du Cengle.

Peu après le point 9, l'avion a suivi une trajectoire descendante avec une vitesse verticale de l'ordre de 6 000 ft/min et une vitesse sol quasiment nulle.

1.14 Renseignement sur les organismes et la gestion

1.14.1 La société Aéro Pyrénées

Aéro Pyrénées est un centre de formation au pilotage possédant un statut européen de Flight Training Organisation (FTO) approuvé par la Direction Générale de l'Aviation Civile en 2001 (n° 99-104).

La société est basée à Perpignan. Elle possède une flotte d'avions monomoteur et bimoteur à pistons. Elle louait le Be 90 à la société Open Flight de Vitrolles.

Le personnel d'encadrement d'Aéro Pyrénées connaissait le commandant de bord du F-BVTB depuis une quinzaine d'années. Il lui avait demandé d'assurer des prestations en tant qu'instructeur, notamment la délivrance de qualifications de type (QT).

1.14.2 Les moyens d'instruction d'Aéro Pyrénées

Les instructeurs d'Aéro Pyrénées disposent, entre autres, de deux documents pour instruire les élèves en vue de l'obtention d'une QT : un **programme de stage** et un **manuel de sécurité**. Ces documents se référant aux règles européennes, ont été réalisés par Aéro Pyrénées et ont été déposés à la DGAC.

1.14.2.1 Le programme de stage

Le programme de stage comporte 24 heures de cours au sol, 2 heures de simulateur et 6 heures de vol.

Il prévoit d'effectuer les deux premiers vols en configuration bimoteur :

- vol 1 (1 h 15 min) : prise en compte de l'avion au sol, procédure de départ et de montée, prise en main incluant des évolutions en bimoteur dans différentes configurations et retour précédé de quelques circuits d'aérodrome ;
- vol 2 (1 h 15 min) : évolutions en bimoteur dont une montée à 6 000 ft et des phases de vol lent avec décrochage ;
- le troisième vol (1 h 10 min) aborde les exercices en monomoteur, notamment l'arrêt complet d'un moteur en vol, les évolutions sur un moteur et les pannes simulées avec contrôle de la dissymétrie ;

Note : il n'est pas fait explicitement mention d'exercice d'approche ou de démonstration de la Vmca. L'appendice 3 au FCL 1.240 et 1.295 mentionne toutefois la réalisation d'un exercice en « *vol rectiligne en palier à différentes vitesses, notamment à très basse vitesse avec et sans volets (incluant l'approche de la Vmca si applicable)* » (section 2). Il mentionne aussi le « *vol asymétrique simulé* » (section 6) en précisant qu'il peut être combiné avec les exercices des sections antérieures.

- lors des deux derniers vols, l'accent est mis sur les procédures en monomoteur.

1.14.2.2 Manuel de sécurité

Le manuel de sécurité est un document édité à l'intention des examinateurs (CRE) et n'est pas formellement imposable aux instructeurs chargés de dispenser la formation (CRI). Les instructeurs d'Aéro Pyrénées s'y réfèrent néanmoins pour la simulation des pannes en vol. Il regroupe des consignes générales pour la réalisation des exercices du programme. Il a été rédigé dans le contexte de l'exploitation du Piper PA 44 (voir annexe 1).

1.14.3 Simulateur

Aéro Pyrénées dispose d'un simulateur de type Flight Navigation and Procedure Trainer (FNPT). Cet équipement permet de se familiariser avec la mise en œuvre des systèmes de l'avion. Il ne permet pas de reproduire fidèlement les phénomènes de vol particuliers tels que la forte dissymétrie induite par une panne de moteur à faible vitesse.

Seuls certains simulateurs sont capables de représenter fidèlement le comportement d'un avion en panne monomoteur à des vitesses proches de la V_{mca} (FFS ou « full flight simulators » de classe B, C ou D selon les normes JAR-DTD/FSTD applicables depuis 1998). Il n'en existe pas en France.

1.15 Renseignements supplémentaires

1.15.1 L'entraînement aux pannes de moteur

1.15.1.1 La V_{mca}

La panne d'un moteur en vol sur un avion bimoteur crée une situation de dissymétrie. Le pilote doit agir sur les commandes, principalement les palonniers et la commande de roulis, pour contrer le moment en lacet généré par cette dissymétrie.

Lorsque la vitesse diminue, l'effet aérodynamique sur la dérive et la gouverne de direction décroît et la pression du pilote sur le palonnier doit augmenter. Il existe une vitesse, la V_{mca} , en deçà de laquelle le pilote ne pourra plus empêcher la rotation en lacet. Sa valeur a été démontrée en essais en vol dans les conditions de centrage et de masse les plus défavorables. Le manuel de vol, section 1-5, précise qu'elle est de 92 kt.

L'un des exercices d'entraînement aux pannes de moteur consiste donc à s'approcher de la V_{mca} pour en identifier les symptômes.

1.15.1.2 L'approche de la V_{mca}

Il n'existe pas de normes établies pour la réalisation des exercices d'approche de la V_{mca} . Les programmes de formation doivent être conformes aux règles européennes⁽²⁾ mais celles-ci sont volontairement très générales et ne précisent pas le contenu des séances en vol.

La V_{mca} démontrée étant proche de la vitesse de décrochage, l'usage est de reproduire la difficulté de contrôle en lacet à une vitesse plus élevée en recherchant une forte dissymétrie de traction.

Les méthodes utilisées varient cependant d'un organisme ou d'un instructeur à l'autre :

- certains favorisent une marge maximale avec la vitesse de décrochage :
 - en réglant « plein petit pas » l'hélice du moteur réduit (hélice « en moulinet » induisant une forte traînée, donc une forte dissymétrie),
 - en sortant les volets ;
- d'autres favorisent des conditions se rapprochant de la panne réelle au décollage :
 - en affichant la puissance maximale sur un moteur pour obtenir une forte dissymétrie,

⁽²⁾Notamment FCL 1.251 (exigences minimum en matière d'expérience de l'élève), FCL 1.260 (nombre d'heures minimum de formation) ou FCL 1.162 (conditions de formation).

- pour les avions équipés de mise en drapeau automatique, en simulant sur l'autre moteur un passage en drapeau par un réglage « en transparence » (ajustement du régime hélice à 1 800 RPM et du couple moteur à 100 ft.lbs pour que l'hélice n'exerce ni traction ni traînée),
 - en gardant les volets rentrés ;
- d'autres, comme Aéro Pyrénées, mixent ces deux procédures. Le manuel de sécurité prescrit en effet :
- de laisser l'hélice du moteur réduit « en moulinet »,
 - d'afficher la puissance maximum sur l'autre moteur.
- La configuration des volets n'est pas précisée. Le manuel recommande d'effectuer l'exercice à une hauteur minimale de 3 000 ft. Il précise également :
- de maintenir une assiette supérieure de 2° à l'assiette nominale monomoteur,
 - de maintenir le cap constant jusqu'en butée de palonnier,
 - de s'éloigner de la Vmca par réduction adaptée du moteur vif et diminution de l'assiette.

Note : il existe une version ultérieure du manuel de vol destinée aux Be 90 dont le numéro de série est supérieur à 1010. Elle recommande en section IV (« Normal Procedures », page 4-22) que la réduction de vitesse soit d'environ 1 kt/s jusqu'à ce que l'avertisseur de décrochage ou la Vmca soit atteint.

1.15.1.3 Les indications du Pilot Operating Manual (POM) de Hawker Beechcraft

Le POM est un document regroupant le manuel de vol approuvé par la FAA, ainsi que des informations supplémentaires non approuvées mais jugées pertinentes par le constructeur.

Dans le manuel de vol, le pilote peut trouver :

- une Vmc « *minimum single engine control speed* » de 92 kt (Limitations Sect I, 1-5),
- une courbe de calcul de la vitesse de décrochage (Performance Sect IV, 4-18).

Note : dans les conditions de l'accident, la vitesse de décrochage, en lisse, était de 82 kt.

Dans la partie supplémentaire (Safety Information, Section X, 10-14 à 10-17), le pilote peut trouver :

- la Vmca « *air minimum control speed* » de 92kt indiquée par un repère rouge sur l'anémomètre et représentant la Vmc en vol, ainsi que les conditions de définition de cette vitesse par la FAA⁽³⁾ ;
- la Vsse « *intentional one-engine-inoperative speed* », vitesse minimale recommandée par le constructeur pour les évolutions en monomoteur volontaire ;
- une hauteur supérieure à 5 000 ft (en ciel clair) à laquelle doit être effectué tout exercice susceptible d'entraîner une vrille.

1.15.1.4 Les qualifications requises

Les règles en vigueur précisent qu'une instruction de type (QT) peut être dispensée par un instructeur de classe (CRI) s'il s'agit d'un avion monopilote. Parallèlement, un instructeur de classe « multimoteur à pistons » peut devenir instructeur sur un avion multimoteur à turbine dès lors qu'il a obtenu sa qualification et effectué 10 heures de vol sur type (FCL 1.300).

⁽³⁾Notamment : puissance de décollage sur le moteur vif, centrage en limite arrière, volets en position de décollage, hélice en moulinet sur le moteur en panne, pas plus de 5° d'inclinaison sur le moteur vif.

Remarque : au cours des prochaines années, les règles sont appelées à évoluer. Il faudra notamment être instructeur de type (TRI) sur l'avion considéré pour instruire en QT. Ces règles seront plus contraignantes mais devraient permettre à la DGAC de mieux encadrer la formation des instructeurs. En effet, le cours de qualification TRI, soumis à son approbation, pourra être subordonné à un parcours minimum, notamment une standardisation ou une mise en garde pour chaque type d'avion.

Dans le cas présent, l'instructeur n'avait pas effectué de stage instructeur spécifique sur Beech 90, la réglementation ne l'imposant pas encore.

1.15.1.5 Les différences entre Be 90 et Be 200

Le Be 200 est plus puissant que le Be 90 et permet d'afficher une dissymétrie importante à des vitesses supérieures à la Vsse. Contrairement au Be 90, il est équipé d'une servocommande sur la gouverne de direction « *rudder boost* » qui aide le pilote à contrer la dissymétrie. Il dispose également d'une mise en drapeau automatique des hélices et l'approche de la Vmca est parfois réalisée dans cette configuration.

1.15.1.6 Les risques pouvant être liés à une vrille

L'entrée en vrille d'un bimoteur se produit à l'issue d'un décrochage dissymétrique généralement lié à la perte de puissance d'un moteur à basse vitesse. Dans ce cas, elle se déclenche du côté du moteur réduit.

Le manuel de vol (section 3-8, voir annexe 2) indique trois actions à effectuer de façon aussi simultanée que possible pour sortir de vrille : pousser le volant vers l'avant, pousser à fond le palonnier opposé au sens de rotation et réduire la puissance des deux moteurs jusqu'au ralenti. Maintenir ensuite cette position jusqu'à l'arrêt de la rotation et effectuer une ressource douce en gardant les ailerons au neutre.

1.15.2 Témoignages

1.15.2.1 Témoignages de promeneurs

L'enquête a pu rassembler une dizaine de témoignages de randonneurs ayant assisté à la chute de l'avion. Bien que divergeant sur son attitude (à cabrer, à piquer, à plat) ou sur son sens de rotation, ces témoignages font état d'un avion « tournant sur lui-même » et descendant « très vite ».

L'un des témoins possède une expérience aéronautique. Il a observé l'avion ralentir en ligne droite puis partir brusquement en roulis à gauche.

1.15.2.2 Témoignage de la gérante d'Aéro Pyrénées

La gérante d'Aéro Pyrénées indique qu'elle connaissait l'instructeur du F-BVTB depuis longtemps. Elle lui avait proposé le poste de responsable pédagogique lorsqu'il avait quitté l'armée de l'air, offre qu'il avait déclinée. Elle le décrit comme posé, rigoureux et discret. Il était apprécié des élèves, tant au sol qu'en vol.

Aéro Pyrénées avait cessé de proposer des formations sur Be 90 depuis 2004 à la suite d'un accident survenu lors d'un test. Ces formations avaient repris en 2010 sur proposition de l'instructeur du F-BVTB qui avait réussi à convaincre les dirigeants de l'intérêt de l'opération et de son absence de risque.

1.15.2.3 Témoignage d'un pilote

En juillet 2010, un pilote avait effectué une formation sur le F-BVTB avec le même instructeur en vue d'obtenir sa QT. Il indique que chaque vol était précédé d'un briefing et que l'instructeur faisait exécuter en vol les exercices prévus. Il le décrit comme sachant mettre son élève en confiance.

Il ne se souvient pas des conditions précises dans lesquelles l'approche de la Vmca était réalisée.

1.15.2.4 Témoignage d'un instructeur

Le témoin indique que l'instructeur connaissait apparemment mieux le Be 200 que le Be 90. Il précise que 6 heures d'instruction en vol pour l'obtention d'une QT ne permettent pas de s'attarder sur une difficulté éventuelle de l'élève. Une conséquence indirecte est que l'instructeur peut être amené à raccourcir une phase d'instruction si celle-ci se déroule bien. Il se garde ainsi une réserve pour d'éventuelles difficultés ultérieures.

1.15.2.5 Témoignage du responsable pédagogique d'Aéro Pyrénées sur l'élève

Selon le responsable pédagogique d'Aéro Pyrénées, l'élève était un ancien navigateur sur Transall de l'armée l'air. Il avait obtenu sa qualification d'instructeur FI chez Aéro Pyrénées et en exerçait les privilèges bénévolement dans des aéroclubs du sud de la France.

Il prorogéait ses qualifications IR-ME et MEP depuis plusieurs années chez Aéro Pyrénées et n'avait jamais commis d'erreur significative lors d'exercices de panne moteur.

L'élève et l'instructeur ne se connaissaient apparemment pas avant de se rencontrer pour cette formation. Leur passé commun dans l'armée de l'air a probablement créé un lien de confiance entre eux.

1.15.2.6 Témoignage d'un instructeur à propos d'une vrille en Be 90

Un instructeur fait part d'une expérience vécue lors d'un exercice monomoteur à 15 000 ft sur un Be 90. Il explique que son élève terminait une série d'évolutions à basse vitesse (1,3 Vs - 10 kt), que le moteur gauche était au ralenti et que l'hélice était en drapeau. Il avait alors demandé à son élève de revenir en configuration bimoteur.

En remettant l'hélice gauche « plein petit pas », l'élève avait été surpris par le départ en lacet à gauche créé par la traînée. Il l'avait contrée par une action ferme au palonnier droit. Il avait ensuite été surpris par le délai de remontée en puissance de la turbine et par la cadence à droite qu'elle avait fini par induire. Avant que l'instructeur n'ait pu réagir, il avait réduit la puissance et appliqué du pied à gauche.

L'avion était entré en vrille à plat vers la gauche. L'instructeur précise qu'il n'avait repris le contrôle de l'avion qu'environ 5 000 ft plus bas.

1.15.2.7 Témoignage d'un instructeur à propos des contraintes régionales

Au départ de l'aérodrome d'Aix les Milles, le déroulement des exercices prévus dans le cadre d'une qualification de type peut être perturbé par :

- ❑ le trafic important à Aix les Milles qui pénalise l'exécution de circuits d'aérodrome ;
- ❑ la proximité des zones de Salon de Provence et de Marseille qui peut perturber les exercices de maniabilité ;
- ❑ l'obligation de suivre le transit côtier en basse altitude vers Toulon qui réduit les possibilités de manœuvre.

L'instructeur peut donc être conduit à modifier les phases de son programme en fonction des contraintes locales du moment afin d'utiliser au mieux les 6 heures dont il dispose.

1.15.3 Evénements antérieurs sur Be 90 en instruction en France

Selon les données du BEA, cet accident est le quatrième se produisant en instruction en France depuis les vingt dernières années. Ces événements présentent les similitudes suivantes :

- ❑ exercice de panne de moteur fictive en instruction ;
- ❑ forte inclinaison initiale à gauche et perte de contrôle ;
- ❑ instructeurs très expérimentés sur le type d'aéronef mais dont l'expérience en instruction à la panne de moteur est difficile à estimer ;
- ❑ équipages au sein desquels régnait une bonne confiance.

En revanche les trois premiers événements se sont produits à faible hauteur (2 000 ft ou basses hauteurs en remise de gaz). Dans l'un des cas, il a été montré que l'hélice gauche était calée dans la plage « inversion de poussée ».

Un seul accident a été enregistré en France hors situation d'instruction. Il s'est produit à la suite d'une panne réelle au décollage. Dans la période 1995-2010, la base de données du BEA contient 6 incidents ou incidents graves survenus en France sur Be 90 et au cours desquels l'équipage a été confronté à une panne réelle de moteur en vol. Ces événements ont pu être gérés par l'équipage et n'ont pas eu de conséquences.

2 - ANALYSE

2.1 Scénario probable de l'accident

Les examens de l'épave et des groupes turbopropulseurs n'ont pas mis en évidence de défaillances mécaniques susceptibles d'expliquer l'accident.

Les éléments suivants indiquent que l'équipage effectuait probablement un exercice d'approche de la Vmca :

- une phase de vol représentative de l'exercice : décélération en ligne droite, ralentissement vers 90 kt et légère prise d'altitude pour faciliter le ralentissement ;
- une configuration de l'avion cohérente avec l'exercice :
 - compensation des commandes de vol correspondant à une puissance réduite sur le moteur gauche,
 - position des volets et du train d'atterrissage identique à celle décrite à la page « *approche de la Vmca* » du manuel de sécurité.

Les éléments suivants ont permis d'établir que l'avion était entré en vrille à gauche à une hauteur d'environ 4 000 pieds et que le pilote n'avait pas réussi à sortir de cette configuration :

- enregistrements radar montrant successivement une trajectoire rectiligne, un ralentissement et la brusque chute verticale de l'avion ;
- témoignage relatant un ralentissement de l'avion en ligne droite avant une brusque rotation en roulis à gauche ;
- témoignages indiquant un avion tombant en « tournant sur lui-même » ;
- examen du site et de l'épave confirmant une collision en rotation à gauche avec une vitesse verticale importante et peu de vitesse horizontale ;
- examens complémentaires confirmant une faible puissance des moteurs et un calage « petit pas » des deux hélices au moment de l'impact.

Un événement tel qu'un ralentissement excessif ou une action inappropriée sur les commandes a pu conduire au décrochage et au départ en vrille.

La hauteur de 4 000 ft était supérieure à la hauteur minimale définie dans le manuel de sécurité d'Aéro Pyrénées (3 000 ft). Elle était inférieure à celle préconisée dans le « *pilot operating manual* » de l'avion (5 000 ft). En tout état de cause, elle n'a pas été suffisante pour permettre la reprise de contrôle de l'avion par l'instructeur.

2.2 Exercice avec un moteur réduit

Les premiers exercices avec un moteur réduit étaient prévus dans la troisième séance du programme de formation. L'instructeur a cependant pu adapter la séance en vol en fonction des contraintes aéronautiques régionales ou parce qu'il a été rendu confiant par un début de vol satisfaisant de son élève. Il a pu ainsi choisir d'effectuer une approche de Vmca comme premier exercice, en raison de son aspect démonstratif et pédagogique. Bien que réglementaire, le faible volume d'heures de vol prévu dans cette formation a pu conduire l'instructeur à profiter des conditions favorables du jour de l'accident pour anticiper cet exercice afin de se ménager une marge en cas de difficulté ultérieure de l'élève⁽⁴⁾.

⁽⁴⁾A compter d'octobre 2011, le nombre d'heures minimum pour ce type de stage a été fixé à 10 heures, conformément à l'AMC 1.261 (c) traduit et paru au JO dans l'arrêté du 03/07/11.

2.3 La perte de contrôle

En l'absence d'enregistreur, il n'a pas été possible d'expliquer précisément l'enchaînement ayant conduit à la perte de contrôle.

Le décrochage dissymétrique peut avoir été provoqué par une action inappropriée de l'élève qui aurait surpris l'instructeur. La description d'un scénario de cette nature a été fournie par un autre instructeur au cours de l'enquête (voir 1.15.2.7).

La vigilance de l'instructeur a pu être réduite par la confiance que lui inspirait son élève, ancien professionnel de l'aéronautique, instructeur, qualifié sur avions bimoteurs. Elle était en tout cas suffisante pour qu'il anticipe la réalisation d'un exercice prévu dans une prochaine séance.

De plus, son expérience totale en instruction sur Be 90, bien que non formellement établie, était probablement faible et l'a peut-être conduit à sous-estimer les risques de décrochage ainsi que la hauteur nécessaire avant d'entreprendre l'exercice.

Le départ en vrille a pu également se produire à la suite d'une démonstration mal maîtrisée par l'instructeur. Celui-ci avait dispensé une formation complète sur Be 90 moins de cinq mois auparavant mais il n'est pas exclu que ses vols réguliers sur un Be 200 de la Sécurité Civile aient pu engendrer chez lui une confusion entre les comportements des deux avions.

2.4 L'entraînement aux pannes de moteur

Les risques de départ en vrille décrits dans la section X du manuel de vol indiquent que les évolutions en vol monomoteur méritent une attention particulière de la part des équipages.

Il n'a pas été possible de déterminer comment l'instructeur conduisait l'exercice d'approche de V_{mc} . D'une manière générale, l'enquête a cependant mis en évidence une certaine disparité dans la pratique de l'exercice en France. En l'absence de référence commune, les instructeurs exercent la méthode qui leur a été enseignée, parfois sur un type d'avion différent, en évaluant les risques encourus en fonction de leur expérience personnelle.

Il n'existe donc pas de procédure jugée collectivement la plus sûre et permettant de partager des enseignements communs. Cette situation est susceptible d'entraîner des dérives. Les changements de réglementation prévus dans les années à venir imposeront la détention d'une qualification TRI pour l'instruction sur ce type d'aéronef. Ils devraient permettre à terme de réduire ces disparités.

Les accidents recensés en instruction font apparaître une relative inexpérience de l'instructeur sur le type d'avion, même si elle est compensée par une forte expérience sur des types proches. Les critères réglementaires actuels pour être instructeur ne semblent pas garantir le minimum d'expérience suffisant (voir 1.15.1.4) ni même une formation spécifique à l'instruction sur ce type d'aéronef. Une formation renforcée des instructeurs sur ce type d'avion, associé à des critères techniques et procéduraux, pour les exercices N-1, semble donc un levier possible pour réduire la fréquence de ce type d'accident.

3 - CONCLUSION

3.1 Faits établis par l'enquête

- L'accident s'est produit dans le cadre d'une formation en vue de la délivrance d'une QT.
- L'instructeur disposait des qualifications requises pour dispenser cette formation.
- L'instructeur et l'élève possédaient un certificat d'aptitude médicale en cours de validité.
- L'avion disposait d'un certificat de navigabilité en cours de validité.
- La maintenance de l'avion était réalisée conformément aux règles en vigueur.
- L'enquête n'a pas mis en évidence de défaillances techniques susceptibles d'expliquer l'accident.
- L'instructeur possédait une grande expérience aéronautique. Son expérience en instruction sur Be 90 n'a cependant pas pu être établie.
- L'avion est entré en vrille alors qu'il volait en palier à une hauteur d'environ 4 000 ft. Il a conservé cette configuration jusqu'au sol.
- L'équipage n'a pas été en mesure de reprendre le contrôle de l'avion avant la collision finale.
- L'équipage n'a pas émis de message radio susceptible de fournir des indications sur la cause de l'accident.

3.2 Cause probable

La perte de contrôle est vraisemblablement survenue lors de la réalisation d'un exercice à faible vitesse et en configuration monomoteur.

Les facteurs suivants y ont probablement contribué :

- l'absence d'une méthode de référence pour conduire cet exercice, pour les instructeurs sur ce type d'avion ;
- la réalisation de cet exercice avec une marge de hauteur inférieure à celle préconisée par le constructeur ;
- une vigilance insuffisante de l'instructeur, aux compétences cependant unanimement reconnues, mais dont l'expérience en instruction sur Beech 90 n'a pas pu être établie

4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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.

L'enquête a montré que :

- ❑ les pratiques d'approche de Vmca sur Beechcraft 90/200 pouvaient varier d'un instructeur à l'autre ;
- ❑ la formation actuelle des instructeurs de classe (CRI) ne garantit pas l'homogénéité des pratiques d'instruction ;
- ❑ le manuel de sécurité de l'examineur (CRE) sur avion de type monopilote multimoteur à turbopropulseurs (terrestre) édité par la DGAC définit de telles pratiques.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC définisse des pratiques de référence au profit des instructeurs (CRI) pour l'exécution des exercices à basse vitesse sur avion de type monopilote multimoteur à turbopropulseurs (terrestre).**

Plusieurs accidents en instruction et en exercice monomoteur sont survenus sur Beech 90 entre 1995 et 2010. Les instructeurs impliqués dans ces accidents avaient une faible expérience en instruction sur type. Une nouvelle réglementation européenne devrait, à terme, imposer que les instructeurs possèdent la qualification TRI pour dispenser ce genre de formation.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure que, dès la mise en place des nouvelles règles européennes, les pratiques d'instruction en monomoteur soient expliquées et enseignées lors des délivrances, prorogations et renouvellements de qualification TRI.**

Les exercices de simulation en vol de panne de moteur présentent des risques avérés et reconnus. En France, le manque de simulateurs susceptibles de reproduire fidèlement les effets du vol en dissymétrie implique d'appréhender ces situations en vol.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC étudie la possibilité de faire évoluer la représentativité des simulateurs aux situations de vol en monomoteur à basse vitesse.**

Liste des annexes

annexe 1

Extrait du guide de sécurité d'Aéro Pyrénées

annexe 2

Extrait du manuel de vol Be 90 - Chapitre 3-8

Annexe 1

Extrait du guide de sécurité d'Aéro Pyrénées



Modifié
en Juin
2010

Approche de VMCA

Références FCL	Appendice 3 au FCL1.240 section 2.1, Appendice 2 au FCL1.330 section 3 et 5.
Bases	Vérifier les connaissances aérodynamiques des avions multimoteurs et du moteur critique. Sortie de situation critique
Réalisation fictive de la panne ou de l'exercice	Bille centrée. Pas d'aéronef dans le secteur d'évolution. Réduction totale du moteur critique hélice en moulinet Pleine puissance sur le moteur vif. Assiette supérieure de 2° à l'assiette nominale N-1. Maintenir le cap constant jusqu'en butée palonnier. Sortie de VMCA par réduction adaptée du moteur vif, diminution d'assiette.
Arrêt de l'exercice	Vitesse supérieure à 1.45 Vs. Avion en palier.
CONSIGNES DE SECURITE	Assurer la sécurité : Hauteur minimale de 3000 pieds. Références visuelles extérieurs suffisantes. Ne pas oublier les vérifications intérieures (objets flottants, ceintures...) et les vérifications extérieures (avions, survol, obstacles...). Vérifier le maintien de zone avant chaque évolution. La réduction de puissance sur le moteur vif est prioritaire A la fin des évolutions faire attention à la configuration : volets, etc.... Accepter une perte d'altitude.
Erreur et situation critiques	Action brutale en roulis avant la réduction du moteur vif. Il faut savoir réduire pour reprendre le contrôle de l'avion. Toute action sur les commandes de vol par le PSI/E devra être précédée de l'annonce : « J'ai les commandes »

Annexe 2
Extrait du manuel de vol Be 90 - Chapitre 3-8

SPINS

If a spin is entered inadvertently

Immediately move the control column full forward, apply full rudder opposite to the direction of the spin and reduce power on both engines to idle. These three actions should be done as near simultaneously as possible; then continue to hold this control position until rotation stops and then neutralize all controls and execute a smooth pullout. Ailerons should be neutral during recovery.

NOTE

Federal Aviation Administration Regulations do not require spin demonstration of airplanes of this weight; therefore, no spin tests have been conducted. The recovery technique is based on the best available information.

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