

# Rapport

Accident survenu le **22 juillet 2001**  
à **Monastir (Tunisie)**  
au **Boeing 737 -400**  
immatriculé **F-GRNZ**  
exploité par **Euralair Horizons**

**BEA**

MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE L'ÉQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER

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

# **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

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>2</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>5</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>6</b>
<b>1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE</b>	<b>7</b>
1.1 Déroulement du vol	7
1.2 Dommages à l'aéronef	7
1.3 Renseignements sur le personnel	8
1.3.1 Commandant de bord	8
1.3.2 Copilote	8
1.4 Renseignements sur l'aéronef	9
1.4.1 Cellule	9
1.4.2 Moteurs	9
1.5 Masse et centrage	10
1.6 Conditions météorologiques	10
1.7 Télécommunications	10
1.8 Renseignements sur l'aérodrome	10
1.8.1 Généralités	10
1.8.2 Infrastructure	12
1.8.3 Aides à la navigation	12
1.9 Enregistreurs de bord	12
1.9.1 Le CVR	12
1.9.2 Le FDR	12
1.10 Questions relatives à la survie des occupants	14
1.11 Essais et recherches	14
1.11.1 Technique d'atterrissage sur Boeing 737	14
1.11.2 Fonctionnement des destructeurs de portance à l'atterrissage	16
1.11.3 Informations sur les touchers de fuselage	17
1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion	17
1.12.1 La compagnie Euralair Horizons	17
1.12.2 Documentation de référence	18
1.13 Témoignages	19

<b>2 - ANALYSE</b>	<b>20</b>
2.1 Atterrissage dur	20
2.1.1 Le premier toucher	20
2.1.2 Le vol au dessus de la piste	21
2.1.3 Le deuxième toucher	21
2.2 Préparation du vol retour	22
<b>3 - CONCLUSIONS</b>	<b>24</b>
3.1 Faits établis par l'enquête	24
3.2 Causes probables	24
<b>4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE</b>	<b>25</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	<b>26</b>

# Glossaire

ATIS	Service automatique d'information de région terminale
CAVOK	Visibilité, nuages et temps présent meilleurs que valeurs ou conditions prescrites
CRM	Compte Rendu Matériel
CVR	Enregistreur phonique
FAR	Federal Aviation Regulations
Flare	Arrondi avant atterrissage
FMS	Flight Management System
ft	Pied(s)
ILS	Système d'atterrissage aux instruments
JAR	Règles aéronautiques communes
kt	Nœuds
lb	Livre(s)
MANEX	Manuel d'exploitation compagnie
MM	Radioborne intermédiaire
N1	Régime compresseur basse pression
NOTAM	Avis aux navigateurs aériens
OM	Radioborne extérieure
OPS Manual	Manuel d'utilisation opérationnelle
PF	Pilote en fonction
PNF	Pilote non en fonction
QNH	Calage altimétrique requis pour lire l'altitude de l'aérodrome au sol
SSFDR	Enregistreur de paramètres à mémoire statique
Tail Strike	Toucher de fuselage
TLA	Position angulaire des manettes de poussée
UTC	Temps universel coordonné
VREF	Vitesse de référence en finale

# Synopsis

## Date de l'accident

Dimanche 22 juillet 2001 à 20 h 49 <sup>Ⓞ</sup>

## Lieu de l'accident

Aérodrome de Monastir (Tunisie)

## Nature du vol

Transport public de passagers

Vol non régulier international

Paris – Monastir

## Aéronef

Boeing 737- 400

Immatriculé F-GRNZ

## Propriétaire

Flight Lease Air Ltd (GB)

## Exploitant

Euralair Horizons

## Personnes à bord

2 PNT

4 PNC

172 passagers

<sup>Ⓞ</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 vigueur à Monastir le jour de l'événement.

## Etat menant l'enquête

L'Etat d'occurrence, la Tunisie, a délégué l'enquête sur cet accident matériel à la France le 7 septembre 2001, suivant les modalités prévues par l'Annexe 13 à la convention relative à l'Aviation civile.

## Résumé

Le 22 juillet 2001 à 20 h 49, à l'issue d'une approche ILS sur l'aérodrome de Monastir, de nuit et par bonnes conditions météorologiques, l'avion rebondit au cours de l'arrondi et retouche la piste avec une assiette importante à cabrer. Les dégâts à la partie arrière du fuselage seront constatés au retour à Paris.

	Blessures			Matériel
	Mortelles	Graves	Légères/Aucune	
Membres d'équipage	-	-	6	Légèrement endommagé
Passagers	-	-	172	
Autres personnes	-	-	-	

## 1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

Le 22 juillet 2001 à 20 h 49, le Boeing 737-400 de la compagnie Euralair Horizons en provenance de Paris Charles de Gaulle se présente pour une finale ILS en piste 07 à Monastir (Tunisie). Il fait nuit (le soleil s'est couché à 19 h 30). Le copilote est pilote en fonction.

La masse calculée à l'atterrissage est de 52,4 tonnes, la vitesse en finale volets sortis ( $V_{REF}$ ), donnée par le FMS et confirmée par le manuel de vol constructeur, est de 138 kt ; cette vitesse est inscrite sur le carton d'atterrissage par l'équipage. Vers 900 pieds, le copilote débraye le pilote automatique et affiche une vitesse correspondant à  $V_{REF} + 8$  kt.

La finale se déroule sans problème particulier. Pendant la phase d'arrondi, à l'annonce dix pieds du radioaltimètre, le copilote ressent un léger enfoncement de l'avion. Il ne réduit pas la poussée afin de diminuer le taux de chute sans toutefois diminuer la vitesse.

Le toucher est jugé « standard » mais l'avion rebondit. Il vole un certain temps en conservant une assiette importante et le copilote perd les repères visuels extérieurs dans cette phase.

Le commandant de bord ordonne de réduire les gaz ; l'avion touche la piste avec un bruit inhabituel. Au parking, le commandant de bord constate que le sabot de queue est râpé et légèrement enfoncé ; la position du support étant toujours dans la plage verte de l'échelle de couleur collée sur le coulisseau, il décide d'assurer le vol retour.

### 1.2 Dommages à l'aéronef

Après l'arrivée à Paris, de jour, l'équipe technique, qui avait été avertie par le commandant de bord trente minutes avant l'atterrissage, constate les dégâts sur le sabot et décide de réaliser une inspection visuelle (phase I) de l'ensemble du dispositif et de ses attaches, conformément au manuel de maintenance du constructeur (Task 05-51-51-202-001, S212-002 – S212-003 – TMS). Elle constate que la peau de la partie inférieure du fuselage est plissée et très râpée, avec des déchirures entre les cadres BS 847 et BS 967 (photos en annexe 3). L'équipe technique exécute donc une inspection phase II (Task 05-51-51-202-005, S212-010) et constate des déformations structurelles<sup>②</sup> (nervures et lisses détériorées).

<sup>②</sup> Ce sont ces déformations qui ont conduit à classer l'événement en accident et à déclencher l'ouverture d'une enquête technique, conformément aux dispositions nationales et internationales.

Au total, quinze lisses, cinq nervures, deux plaques de revêtement et l'ensemble du dispositif du sabot sont à changer. L'avion est convoyé vers Le Bourget pour réparation.

Remarque : la liste des éléments détériorés est donnée en annexe 1.

### 1.3 Renseignements sur le personnel

#### 1.3.1 Commandant de bord

Homme, 54 ans, entré dans la compagnie le 1<sup>er</sup> avril 2000

- Licence de pilote de ligne délivrée le 2 octobre 1989, transformée en ATPL JAR/FCL le 7 mai 2001
- Qualification de type obtenue le 9 mars 1998, prorogée le 22 mars 2001
- Expérience aéronautique :
  - totale : 15 890 heures de vol dont 568 sur type
  - dans les 90 derniers jours : 131 heures 59 minutes (toutes sur type)
  - dans les 30 derniers jours : 43 heures 14 minutes (toutes sur type)
- Dernier contrôle en ligne : 23 mai 2001
- Dernier contrôle hors ligne : 22 mars 2001
- Dernier entraînement au simulateur : 21 mars 2001
- Stage CRM suivi le 7 mars 2001
- Certificat d'aptitude médicale délivré le 27 avril 2001

Le commandant de bord avait déjà atterri à Monastir dans des circonstances analogues (vol non régulier, de nuit) le 8 juillet 2001.

#### 1.3.2 Copilote

Homme, 36 ans, entré dans la compagnie le 9 juillet 2000

- Licence de pilote professionnel délivrée le 8 juillet 1996, valide jusqu'au 31 juillet 2002
- Qualification de type obtenue le 5 juillet 2000, prorogée le 8 février 2001
- Expérience aéronautique :
  - totale : 1 072 heures de vol dont 438 sur type
  - dans les 90 derniers jours : 131 heures 51 minutes (toutes sur type)
  - dans les 30 derniers jours : 37 heures 10 minutes (toutes sur type)
- Dernier contrôle en ligne : 24 mars 2001
- Dernier contrôle hors ligne : 8 février 2001
- Dernier entraînement simulateur : 7 février 2001



- Stage CRM suivi le 2 mars 2001
- Certificat d'aptitude médicale délivré le 20 juillet 2001

Le copilote avait déjà atterri à Monastir dans des circonstances analogues (vol non régulier, de nuit) le 24 juin 2001.

## **1.4 Renseignements sur l'aéronef**

### 1.4.1 Cellule

- Constructeur : The Boeing Company (Etats-Unis)
- Type : 737- 430
- Numéro de série : 27003
- Date de première mise en service : février 1992
- Certificat de navigabilité valide jusqu'au 29 septembre 2003
- Temps de vol total : 17 612 heures
- Nombre de cycles : 18 637
- Dernière visite majeure de type 5C le 6 octobre 2000
- Dernière visite d'entretien périodique de type A le 25 juin 2001

### 1.4.2 Moteurs

- Constructeur : CFMI
- Type : CFM 56-3C-1

#### *1.4.2.1 Moteur gauche*

- Numéro de série : 857243
- Temps de fonctionnement total : 16 480 heures
- Nombre de cycles : 17 841

#### *1.4.2.2 Moteur droit*

- Numéro de série : 857350
- Temps de fonctionnement total : 21 136 heures
- Nombre de cycles : 11 217

## 1.5 Masse et centrage

Le dossier de vol a permis de vérifier que l'appareil était à l'intérieur des limites de masse et de centrage, tant au décollage de Paris qu'à l'atterrissage à Monastir et sur l'ensemble du vol retour. Les valeurs sont données dans le tableau suivant.

	<b>Masse (kg)</b>	<b>Centrage (% de la corde aérodynamique moyenne)</b>
Décollage Paris	59 271	20
Atterrissage Monastir	52 467	20,25
Décollage Monastir	58 419	20,5
Atterrissage Paris	51 419	21

Remarque : la masse maximale de structure autorisée au décollage (MTOW) est de 65 090 kg ; la masse maximale de structure à l'atterrissage (MLW) est de 54 884 kg.

## 1.6 Conditions météorologiques

Les situations et prévisions à Monastir contenues dans le dossier de vol sont :

- ☐ METAR de 16 h 00 : vent 100° / 12 kt, CAVOK, + 27 °C
- ☐ TAF de 15 h 00 : vent 060° / 10 kt, CAVOK, devenant vers 23 h 00 vent 120° / 6 kt, 6 km de visibilité, ciel clair

L'information « Lima » donnée par l'ATIS au contact avant la finale donnait :

- ☐ Vent 110° / 7 kt, 25 °C, QNH 1015 hPa, CAVOK

## 1.7 Télécommunications

Sans objet.

## 1.8 Renseignements sur l'aérodrome

### 1.8.1 Généralités

L'aérodrome de Monastir Habib Bourguiba se trouve sur une bande de terre située entre une lagune et la mer. Son altitude moyenne est de neuf pieds.

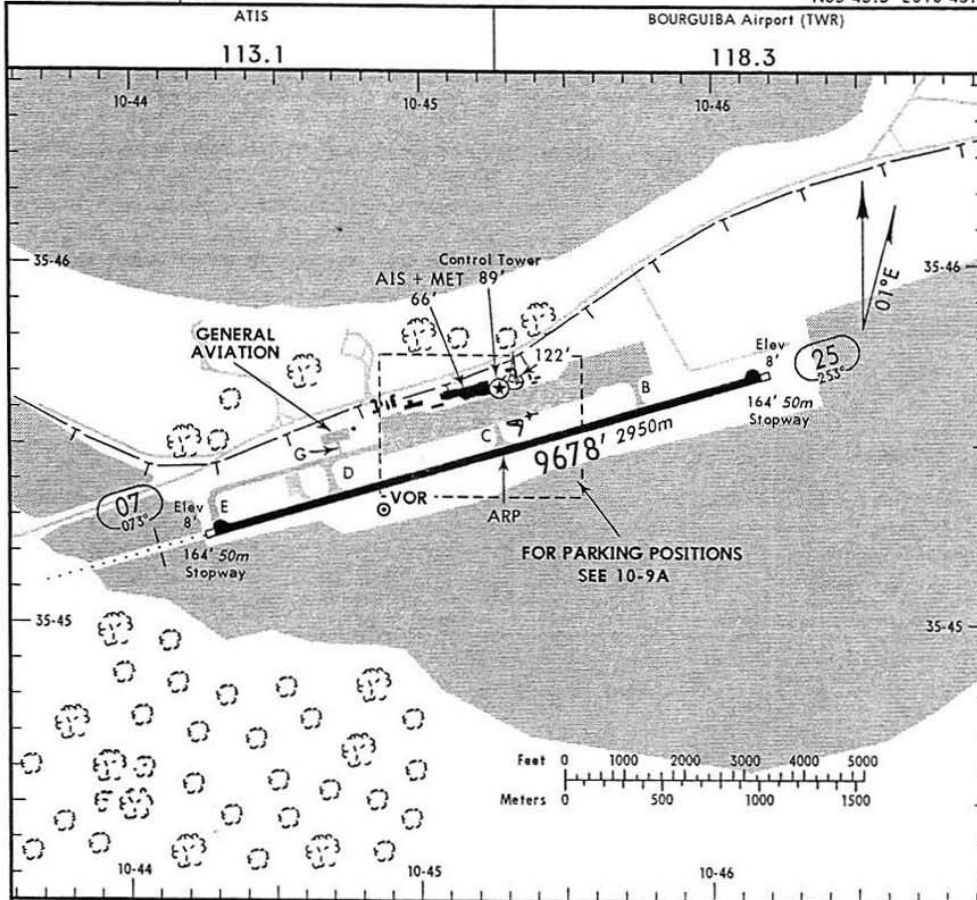
DTMB

Apt Elev 9'  
 MON 113.1 - On Airport

JEPPESEN

8 JUN 01 (10-9)

MONASTIR, TUNISIA  
 HABIB BOURGUIBA  
 N35 45.5 E010 45.3



**GENERAL**  
 180° turns on rwy permitted on turning pads only (wide turns recommended). Rwy 07 right-hand circuit.

ADDITIONAL RUNWAY INFORMATION

RWY					USABLE LENGTHS		TAKE-OFF	WIDTH
	HIRL (50m)	HIALS	PAPI-L (3.0°)	RVR O/R	Threshold	Glide Slope		
07	HIRL (50m)	HIALS	PAPI-L (3.0°)	RVR O/R		8596' 2620m		148'
25	HIRL (50m)	PAPI-L (3.0°)		RVR O/R				45m

TAKE-OFF

	AIR CARRIER (JAA) All Rwys			AIR CARRIER (FAR 121) All Rwys	
	LVP must be in force RCLM (DAY only) or RL	RCLM (DAY only) or RL		Adequate Vis Ref	
A			2 Eng	RVR 500m VIS 400m	
B	250m	400m	3 & 4 Eng		
C					
D	300m				

CHANGES: Apron.

© JEPPESEN SANDERSON, INC., 2001. ALL RIGHTS RESERVED

## 1.8.2 Infrastructure

L'aérodrome dispose d'une piste orientée 073° / 253° d'une longueur de deux mille neuf cent cinquante mètres, d'une largeur de quarante-cinq mètres et pourvue à chaque extrémité d'un prolongement d'arrêt de cinquante mètres.

Quatre bretelles de dégagement sont placées respectivement au seuil de piste 07, à environ six cents mètres du seuil 07, à mi-piste et à six cents mètres du seuil 25.

La piste est précédée d'une rampe d'approche.

Un système visuel d'aide à l'approche (PAPI) calé à 3° est implanté à chaque seuil de piste ; ce système fonctionnait le soir de l'événement.

La piste dispose de balisage basse intensité.

## 1.8.3 Aides à la navigation

L'aérodrome dispose d'un ILS en piste 07, d'un VOR-DME (MON, 113.1 MHz) implanté sur l'aérodrome, d'un locator (MS, 275 kHz) implanté à 5,9 NM dans l'axe de l'approche 07 ainsi que de deux markers. L'OM est co-implanté avec MS et le MM est situé à 0,6 NM du seuil de piste 07.

Aucun NOTAM ne concernait les aides à la navigation ou la plate-forme.

## 1.9 Enregistreurs de bord

Conformément à l'arrêté OPS 1 du 12 mai 1997, l'avion était équipé d'un enregistreur de conversations (CVR) et d'un enregistreur de paramètres (FDR).

### 1.9.1 Le CVR

Le CVR de marque Sundstrand (980-6005-077) enregistre en boucle sur trente minutes. L'avion ayant effectué le vol retour vers Paris, les paroles et sons enregistrés au moment de l'événement ont été effacés.

### 1.9.2 Le FDR

L'enregistreur de paramètres, un SSFDR de marque Allied Signal (980-4700-042) peut enregistrer au moins vingt-cinq heures de vol. Il contenait donc encore les données correspondant à l'événement.

### *1.9.2.1 Document de conversion*

Conformément à l'arrêté OPS 1 du 12 mai 1997, lorsqu'un FDR doit se trouver à bord d'un avion, un document donnant les informations nécessaires à l'extraction et à la conversion des données enregistrées doit être conservé par l'exploitant. Ces informations sont également indispensables pour les programmes d'analyse de vols utilisant les enregistrements du FDR ou d'un QAR branché en parallèle.

Les enquêteurs ont rencontré de nombreuses difficultés pour obtenir ces informations dans la mesure où Euralair Horizons ne possédait pas de document spécifique au F-GRNZ et ne disposait que d'un document de conversion pour certains B737, document utilisé néanmoins pour le F-GRNZ dans le cadre de l'analyse des vols. De ce fait, seuls certains paramètres ont pu être validés et utilisés pour l'enquête.

Remarque : l'emploi d'un décodage erroné peut conduire à des valeurs aberrantes.

### *1.9.2.2 Etude des paramètres*

L'étude des paramètres montre que la vitesse a été maintenue pendant la finale autour de la valeur cible  $V_{REF} + 8$  kt, soit 146 kt, les régimes moteurs (N1) étant stables. Le pilote automatique a été déconnecté aux environs de 890 pieds. L'assiette de l'avion a évolué constamment et on note des mouvements importants de la commande de profondeur en très courte finale. Au cours des deux cents derniers pieds de l'approche finale, l'assiette oscille entre  $+ 2,3^\circ$  et  $+ 3,7^\circ$ . Elle a tendance à augmenter dans les quinze derniers pieds (valeur maximum de  $4,9^\circ$ ). Au premier toucher des roues, on note une accélération verticale importante ( $+ 1,505$  g) associée à une assiette de  $7^\circ$  consécutive à un déplacement de la commande de profondeur à cabrer.

L'avion est remonté jusqu'à neuf pieds et a plané pendant sept secondes ; la vitesse a diminué progressivement de 142 à 137 kt et l'assiette a oscillé entre  $5,6^\circ$  et  $6,2^\circ$ . Lors de cette phase, les paramètres moteurs sont restés stables (57 / 58 % sur le moteur gauche, 56 / 57 % sur le moteur droit) puis les manettes ont été ramenées vers la position ralenti. On note que dans le même intervalle de temps, la manette de commande des destructeurs de portance est passée en position UP (voir § 1.11.2).

Au deuxième toucher des roues, une accélération verticale de 2,164 g, une assiette de 9,5°, consécutive à un déplacement enregistré de la commande de profondeur de 8,7° à cabrer, et une vitesse de 135 kt ont été enregistrées. Une seconde après, le micro contact détectant l'enfoncement des amortisseurs a basculé sur la position « sol » ; la radiosonde indiquait alors trois pieds, valeur significative de l'avion au sol. Les paramètres suivants montrent que l'avion était contrôlé au sol.

## 1.10 Questions relatives à la survie des occupants

Il n'y a pas eu de blessés lors de l'atterrissage à Monastir. Le vol de retour vers Paris s'est déroulé sans incident. Aucun événement particulier concernant la pressurisation de l'avion n'a été observé. Les passagers ont débarqué selon les procédures normales, tant à Monastir qu'à Paris.

## 1.11 Essais et recherches

### 1.11.1 Technique d'atterrissage sur Boeing 737

Le manuel d'exploitation d'Euralair Horizons (partie PRN-08-1) ainsi que le manuel d'entraînement opérationnel du constructeur décrivent les attitudes et les éléments de pilotage à adopter lors des phases d'arrondi et d'atterrissage :

*« Ces techniques décrites sont applicables à tous les atterrissages, y compris les atterrissages par vent de travers et sur pistes glissantes. A moins qu'un événement soudain et inattendu survienne, tel qu'une situation de WINDSHEAR ou d'évitement de collision, il n'est pas approprié d'appliquer des actions subites, brutales et violentes aux commandes de vol à l'atterrissage. Arriver avec une approche stabilisée à la vitesse, bien trimé et sur la trajectoire...*

*Quand le seuil de piste passe sous le nez de l'avion et est hors de vue, déplacer le point visuel de visée vers approximativement les 3/4 de la longueur de la piste. Maintenir une vitesse et un taux de descente constants. Initier le flare quand le train principal de l'avion est à approximativement 15 ft au-dessus de la piste en augmentant l'assiette d'environ 3 degrés. Ceci réduira le taux de descente. Une fois le flare amorcé, amener les manettes des gaz vers idle et faire de légers ajustements d'assiette pour maintenir le taux de descente désiré vers la piste. Idéalement, le toucher du train principal survient simultanément quand les manettes des gaz arrivent à la position idle.*

*Une assiette au toucher de 4 à 6 degrés est normale avec une vitesse aux environs de  $V_{REF}$  plus la correction de vent. Ne pas trimer la profondeur pendant le flare et après le toucher. Typiquement, l'assiette augmentera légèrement pendant le déroulement de l'atterrissage, mais éviter les cabrer excessifs. Ne pas augmenter l'assiette après le toucher, ceci peut entraîner un impact de la queue.*

*Déplacer le point visuel de visée vers la piste pour aider au contrôle de l'assiette pendant le flare. Une réduction douce de la poussée aide aussi au contrôle de la variation naturelle de l'assiette à piquer associée à cette réduction. Maintenir un effort vers l'arrière sur le manche pour garder une assiette constante.*

*Eviter les mouvements rapides sur le manche et de trimer pendant le flare pour éviter une augmentation de l'assiette après l'atterrissage. De telles actions sont la cause probable de l'augmentation de l'assiette au toucher qui augmentent le risque d'impact de la queue. Ne pas laisser l'avion flotter. Contrôler l'avion jusqu'au toucher avec la piste et effectuer la procédure de roulage après atterrissage. Ne pas essayer de faire durer le flare en augmentant l'assiette pour tenter de réaliser un toucher parfaitement doux. Ne pas essayer de maintenir la roue de nez en l'air. »*

La procédure prévoit également les rebonds et met en garde les équipages sur les augmentations d'assiette pendant l'arrondi et l'accroissement du risque d'impact de la queue :

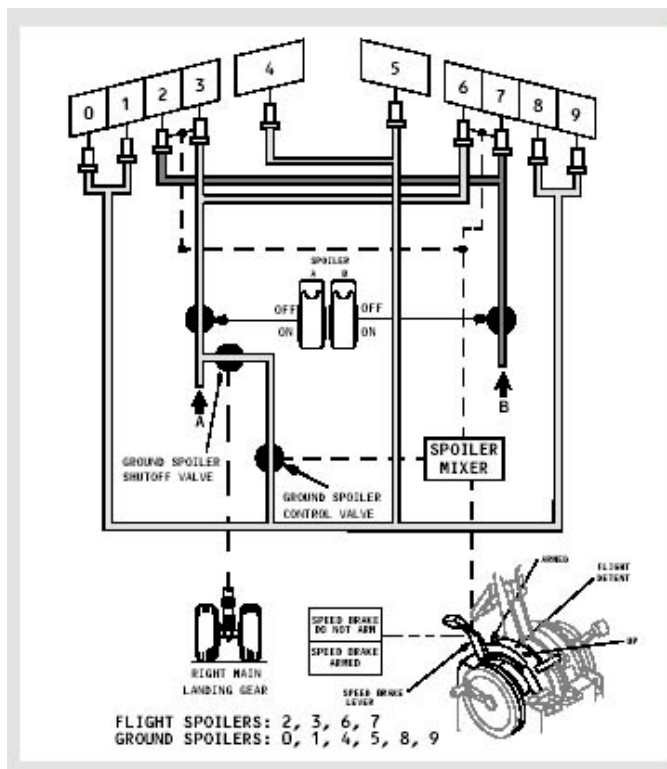
*« Si l'avion rebondit, attendre ou reprendre une assiette normale d'atterrissage et ajouter la poussée nécessaire pour contrôler le taux de descente. Il n'est pas nécessaire d'ajouter de la poussée pour un rebond superficiel ou un saut. Si un rebond important ou dur survient, effectuer une remise de gaz. Appliquer la poussée de remise de gaz et utiliser les procédures normales de remise de gaz. Ne pas rétracter le train tant qu'un taux positif de montée n'est pas établi. »*

Le même chapitre précise qu'un arrondi prolongé augmente l'assiette de 2 à 3 degrés et qu'en association avec une mauvaise appréciation de la hauteur il peut entraîner le contact de l'arrière du fuselage avec la piste.

Le pilote en poste dispose d'un champ visuel extérieur limité vers le bas par les rebords du pare-brise ; ainsi, en verticale, l'avion étant au sol, l'angle délimité par l'horizon et les obstacles en cabine est de 15°.



### 1.11.2 Fonctionnement des destructeurs de portance à l'atterrissage



Le Boeing 737- 400 est équipé de cinq destructeurs de portance (spoilers) sur l'extrados de chaque aile qui assurent des fonctions VOL et SOL. Les panneaux 2,3,6,7 assurent la double fonction VOL et SOL ; les autres panneaux assurent seulement la fonction SOL.

Durant l'atterrissage, leur sortie automatique s'effectue lorsque les conditions suivantes sont remplies :

- la commande SPEED BRAKE est en position ARMÉE,
  - la signalisation SPEED BRAKE ARMED est allumée,
  - les deux manettes de poussée sont amenées sur IDLE,
- et
- lorsque les roues du train principal enregistrent un signal de rotation (> 60 kt), la manette de commande des destructeurs de portance se déplace vers la position UP et les destructeurs de portance VOL se déploient,
  - lorsque l'amortisseur du train principal droit est comprimé, les destructeurs de portance SOL se déploient.

A l'atterrissage (volets sortis à 30°), avec une incidence de 8°, le déploiement des spoilers provoque une perte de portance qui se traduit par une augmentation du couple à cabrer. En vol, cette variation est équivalente à celle qui serait obtenue par une déflexion de la gouverne de profondeur de 1,5°. En effet de sol, elle serait obtenue avec une déflexion de 7°.



### 1.11.3 Informations sur les touchers de fuselage

#### 1.11.3.1 Rôle du sabot

Le sabot doit protéger la vis de trim du plan fixe horizontal et les mécanismes associés ainsi que la structure proche, principalement lors des rotations au décollage.

#### 1.11.3.2 Géométrie de l'avion

La géométrie de l'avion est telle qu'à l'atterrissage dans certaines conditions le fuselage peut toucher le sol avant le sabot. Avec les paramètres fournis (amortisseurs enfoncés, volets sortis à 30°), la partie arrière du fuselage touche normalement le revêtement de la piste avec une assiette de 9,4°. Le contact se produit sur le couple fuselage repéré 895. Avec une assiette de 9,5°, c'est le couple fuselage repéré 900 qui touche la piste en premier.

#### 1.11.3.3 Evénements antérieurs

Les touchers de fuselage ne sont pas rares : selon Boeing, vingt-quatre exploitants ont rendu compte de tels événements, dont trois seulement se rapportaient à la phase de décollage.

## 1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion

### 1.12.1 La compagnie Euralair Horizons

Au moment des faits, Euralair Horizons possédait le certificat de transporteur aérien n° F-N072 valide jusqu'au 31 décembre 2002. Sa flotte comprenait cinq Boeing 737- 800 et un Boeing 737- 400. Les équipages qualifiés Boeing 737-400 ne volaient que sur cet avion.

Affrété par Air France, celui-ci était basé la semaine à Paris-Orly. Durant le week-end il était basé à Paris Charles de Gaulle d'où il effectuait des vols non réguliers, essentiellement sur le bassin méditerranéen.

Euralair Horizons dispose de quatre bases techniques qui sont Paris Charles de Gaulle, Paris Orly, Nantes, et Lyon. A Paris Charles de Gaulle, les opérations d'entretien sont assurées par une antenne d'Euralair Industries alors que sur les trois autres bases ces opérations sont sous-traitées (ALTO à Nantes et Lyon, et Corsair International à Paris Orly). Le directeur des opérations sol est chargé de l'établissement des contrats avec les sous-traitants ; il n'avait pas conclu de contrat d'assistance technique aux escales en Tunisie, les dessertes étant saisonnières et l'appareil n'effectuant que des vols aller-retour sans arrêt

nocturne. Les seules vérifications étaient les visites de transit effectuées par les équipages. En cas d'incident en escale, le commandant de bord devait prendre contact avec les services de maintenance qui, le cas échéant, envoyaient sur place une équipe de techniciens pour assurer les travaux de réparation.

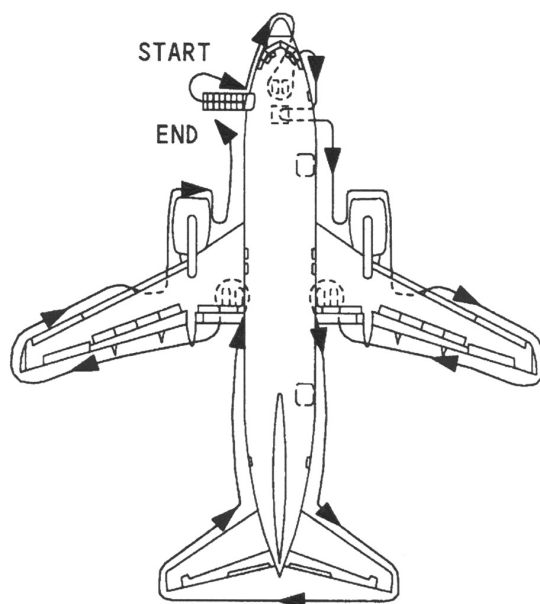
#### 1.12.2 Documentation de référence

Dans les généralités du manuel de maintenance du constructeur, il est indiqué que les touchers de fuselage peuvent se produire à l'atterrissage ou au décollage et que le fuselage peut être endommagé en cas de contact avec la piste. Le chapitre 05-51-64, pages 201 et suivantes, traite des procédures d'inspection à appliquer en cas de toucher de fuselage.

Ces informations ne sont pas reprises dans le manuel d'utilisation du constructeur (OPS manual) qui n'envisage de procédure équipage qu'en cas de toucher de fuselage au décollage (TAIL STRIKE ON TAKE OFF – Quick Reference Handbook – Non Normal Checklist).

Le manuel d'exploitation de la compagnie ne prévoit pas de procédure à appliquer en cas d'atterrissage dur ; les équipages se réfèrent au manuel du constructeur.

Le chapitre 1.5 « INSPECTION EXTERIEURE » du manuel d'exploitation Euralair Horizons (PRN-01-4 procédures au parking) demande à l'équipage, avant chaque vol, d'accomplir certains contrôles ou de vérifier que la maintenance les a effectués et en particulier « que l'avion n'a pas de trace de dommage ou de fuite de liquide ». La configuration du tour avion fait que le pilote contourne chaque train d'atterrissage principal (éléments les plus proches de la zone des dommages) en passant sous l'avion à leur niveau mais il vérifie la dérive et la gouverne de profondeur en restant parallèle au fuselage sans jamais passer dessous.



### 1.13 Témoignages

L'équipage a confirmé que le vol s'était déroulé dans de bonnes conditions météorologiques et que l'ensemble des moyens de radionavigation et aéroportuaires fonctionnaient. Il a précisé que l'intensité de la rampe d'approche et du balisage de la piste était faible.

L'approche finale a été réalisée conformément aux consignes du manuel d'exploitation. A l'occasion du premier toucher, l'avion a semblé un peu « mou » comme s'il était centré arrière. Le copilote déclare avoir conservé une poussée résiduelle afin d'amortir le deuxième toucher. Il a perdu les références visuelles extérieures lors du planer. Les pilotes n'ont pas perçu le premier atterrissage comme « positif »<sup>③</sup> selon l'acception du constructeur. En revanche, ils ont été surpris par le bruit inhabituel lors du contact avec la piste. Le commandant de bord a conclu au toucher du sabot arrière. De son côté, le chef de cabine fait état d'un premier atterrissage « un peu dur » suivi d'un deuxième atterrissage qualifié « d'un peu brutal ».

Au parking, le commandant de bord est allé vérifier le sabot avec une lampe torche. Il a constaté qu'il était râpé sur la partie avant mais que le repère de couleur situé sur la face arrière de l'ensemble mobile était toujours dans la plage verte.

Il précise que l'avion était stationné face à une aérogare très éclairée et que la documentation opérationnelle ne prévoit l'inspection de ce sabot qu'à l'occasion d'un décollage à forte assiette. Par ailleurs, il n'a trouvé aucun motif d'annulation du vol en relation avec le sabot. Dans ces conditions, il a décidé d'effectuer le vol de retour. Trente minutes avant l'atterrissage à Paris, il a averti l'équipe technique de la compagnie que l'avion avait subi un atterrissage dur. Cet événement a été inscrit au compte rendu matériel (annexe 2).

Lors d'un deuxième entretien, l'équipage a confirmé qu'il n'était pas informé de l'importante augmentation du couple à cabrer qu'amenait le déploiement des destructeurs de portance en effet de sol (cf. § 1.11.2).

<sup>③</sup> Boeing définit comme « positif » un atterrissage sous une accélération verticale supérieure à + 1,5 g.

## 2 - ANALYSE

L'enquête a mis en évidence deux sujets d'intérêt qui font l'objet de la présente analyse :

- l'atterrissage dur avec contact du fuselage,
- la décision d'effectuer le vol retour.

### 2.1 Atterrissage dur

L'atterrissage peut être décomposé en trois phases :

- un premier toucher donnant lieu à rebond,
- une phase de vol à très faible hauteur au dessus de la piste,
- un second toucher au cours duquel l'arrière du fuselage entre en contact avec la piste.

#### 2.1.1 Le premier toucher

L'avion est stable sur sa trajectoire jusqu'en très courte finale.

Les conditions météorologiques n'étaient propices ni à un cisaillement de vent (pas d'activité convective à proximité en l'absence de nuages) ni à un fort gradient thermique de l'air au voisinage de la piste, susceptible de provoquer une perte de portance. En effet, à l'heure de l'événement, la rémanence de la piste était pratiquement nulle et le vent faible (7 kt) venant de la mer (40° droite) permettait un léger brassage de la masse d'air, donc un équilibrage des températures dans les différentes couches au voisinage de la piste. On peut ainsi exclure l'existence de perturbation atmosphérique de basse couche.

Alors qu'aucun paramètre extérieur n'évoluait notablement, les éléments de la finale et de l'arrondi étant sensiblement cohérents avec ceux présentés dans le manuel d'exploitation, l'assiette est passée rapidement à + 7° à une hauteur de quinze pieds environ. La profondeur a été amenée à une valeur extrême de 21,8°, alors qu'elle n'avait jamais dépassé + 3° au cours de l'approche. En l'absence de perturbation extérieure, il peut être établi que cette augmentation rapide d'assiette est la conséquence de la seule action sur la profondeur.

Par ailleurs, au cours de cette phase, l'étude des paramètres montre une absence d'action sur les manettes de poussée. Les régimes N1 restent stables, toujours supérieurs à 56 %.

Le PF, décrivant ses sensations aux commandes, a qualifié l'avion de « mou, comme centré arrière ». Or, ces deux « phénomènes » ne correspondent pas aux mêmes sensations. Ceci montre que le PF manquait d'aisance, qu'il a

probablement senti ou cru sentir que l'avion s'enfonçait. Ceci peut être dû aux contrastes créés par le poste de pilotage, l'environnement, les phares et les feux de piste dans un contexte de vision nocturne.

Ainsi, l'absence de réduction de poussée et l'action rapide sur la profondeur sont probablement les conséquences d'un « refus du sol ».

L'avion possédant suffisamment de vitesse et de poussée pour assurer la sustentation, il a effleuré la piste, ses roues du train principal ont été mises en rotation et il a rebondi.

### 2.1.2 Le vol au dessus de la piste

A la suite du rebond, l'atterrissage a été poursuivi alors que les procédures décrites dans le manuel d'exploitation prévoient une remise de gaz. L'avion a volé pendant sept secondes avec un apogée de neuf pieds, la vitesse décroissant lentement jusqu'à 135 kt ( $V_{REF} - 8$  kt) sans que la poussée des moteurs soit réduite. L'assiette a évolué entre  $5,6^\circ$  et  $6,2^\circ$  ce qui est proche de la valeur maximale préconisée par le constructeur ( $6^\circ$ ).

Durant cette phase, le PF est resté relativement inactif, peut-être dans le but d'effectuer un atterrissage en douceur comme préconisé dans le manuel d'exploitation. De ce fait, il a maintenu cette assiette élevée et la poussée. Il a conservé la vue des repères extérieurs même si ceux-ci pouvaient se situer en limite de champ visuel ; cependant, ce laps de temps a décalé significativement le point de toucher (environ sept cents mètres).

Au bout de six secondes, alors que l'avion était à son apogée, la réduction de poussée a eu lieu sur décision du commandant de bord. Les conditions de sortie des spoilers étaient alors remplies puisque le premier toucher a mis en rotation les roues du train principal. La commande s'est activée et les destructeurs de portance vol se sont déployés. Ceci a provoqué alors une réduction de la vitesse, de la portance et l'apparition d'un couple à cabrer.

### 2.1.3 Le deuxième toucher

L'augmentation d'assiette n'a pas été anticipée par l'équipage qui ignorait les effets secondaires à cabrer des spoilers, et la commande de profondeur est restée sensiblement dans la même position. En revanche, l'assiette a crû rapidement, ce qui a fait probablement disparaître les repères visuels extérieurs puisque l'avion évoluait avec une assiette supérieure à celles requises, créant ainsi un phénomène de « trou noir ». Le pilote, surpris, n'a effectué ni remise de gaz ni réduction d'assiette, cette dernière action n'étant pas naturelle à proximité du sol.

Il a donné au contraire un ordre à cabrer à la gouverne de profondeur, probablement dans le but d'amortir au mieux le contact avec la piste. Cette action s'est traduite par une assiette de 9,5° au moment où l'avion touchait la piste, et le contact a eu lieu à l'arrière du fuselage.

## 2.2 Préparation du vol retour

Lorsque, dès l'arrêt au parking, le commandant de bord est allé vérifier l'état du sabot, il a noté que les dégâts restaient limités.

La position de l'avion sur le parking, face à une aérogare éclairée formant un halo lumineux en arrière plan, empêchait, du fait des contrastes, de voir de façon précise les détails du dessous du fuselage, en particulier dans la zone du sabot. De plus, la partie inférieure du fuselage peinte en gris foncé comportait de nombreuses traînées noirâtres d'écoulement et des salissures diverses qui contribuaient à masquer tout détail.

En outre l'intensité de l'éclairage pouvait être de nature à entraîner un éblouissement passager. Le commandant de bord a donc utilisé sa lampe torche et a éclairé la zone du sabot où il recherchait des dommages éventuels.

Il n'a pas recherché d'autres indices de frottement ou de choc que ceux constatés sur le sabot. Il est probable qu'en dirigeant le faisceau lumineux sous le fuselage, il aurait découvert les déformations et arrachements du revêtement de cellule.

Il a alors consulté la documentation opérationnelle, laquelle ne mentionne le rôle du sabot qu'au chapitre des décollages et ne fournit aucun indice permettant de corrélérer la valeur de la plage verte visible sur le coulisseau et la gravité des dommages structuraux.

Les programmes de maintien des compétences abordent de nombreux points, mais pas ceux relatifs aux atterrissages durs et aux touchers de fuselage. Certes, au regard du nombre de mouvements de ce modèle d'avion dans la flotte mondiale, le nombre d'événements relatés est extrêmement faible. La relative rareté d'un tel événement fait que de nombreux pilotes ignorent que la partie inférieure du fuselage peut toucher avant le sabot et qu'en cas d'atterrissage dur un sabot intact ne signifie pas nécessairement que la structure n'a pas été affectée.

Le bruit anormal à l'atterrissage a orienté le commandant de bord vers un toucher du sabot : l'image mentale de la situation a été figée dans le poste de pilotage. Comme il a trouvé des dommages limités à l'endroit où il pensait les

trouver, et qu'il ne pouvait pas voir les autres dégâts de là où il se trouvait, il n'a pas regardé davantage, ce qui a constitué un biais de confirmation. Un tel biais apporte une économie de ressources en entérinant immédiatement une hypothèse élaborée, fruit des connaissances et de l'expérience, et exclut le besoin d'une recherche d'indices supplémentaires.

De même, le commandant de bord avait la possibilité d'appeler l'équipe de maintenance de la compagnie afin d'obtenir des conseils. Il ne l'a pas fait, d'une part parce qu'il croyait que l'avion était dans les normes techniques, d'autre part parce qu'aucune consigne relative aux pannes en escale n'existait dans son manuel d'exploitation.

Il convient de noter qu'à la suite de cet événement, la compagnie a introduit de telles dispositions dans sa documentation.

### 3 - CONCLUSIONS

#### 3.1 Faits établis par l'enquête

- ❑ L'avion possédait un certificat de navigabilité en état de validité.
- ❑ La masse et le centrage étaient dans le domaine d'utilisation normale de l'aéronef.
- ❑ L'équipage détenait les titres aéronautiques nécessaires à l'accomplissement du vol.
- ❑ L'avion effectuait une finale ILS en mode manuel dans de bonnes conditions météorologiques.
- ❑ L'avion a effectué un premier toucher sans réduction de poussée et a rebondi.
- ❑ Il s'en est suivi une phase de vol à très faible hauteur.
- ❑ A la fin de cette phase, une réduction de poussée a provoqué la sortie des destructeurs de portance vol et l'augmentation de l'assiette.
- ❑ Afin d'atténuer la chute de l'avion le pilote a introduit un ordre supplémentaire à cabrer.
- ❑ Au second toucher, l'avion a dépassé l'assiette maximum de garde amortisseurs enfoncés ; la partie inférieure du fuselage a touché la piste, ce qui a occasionné des dommages structuraux.
- ❑ Consécutivement à l'atterrissage dur, le commandant de bord a inspecté l'avion et n'a recherché de dégâts que sur le sabot.
- ❑ Le commandant de bord n'a pas détecté les dommages à la cellule.
- ❑ Les conditions d'éclairage et les particularités de la vision nocturne ont contribué à cette non-détection.
- ❑ Les constatations du commandant de bord et l'absence de documentation pertinente à sa disposition l'ont conduit à effectuer le vol de retour.

#### 3.2 Causes probables

L'atterrissage dur résulte d'une réduction insuffisante de la poussée au moment du premier toucher et de l'absence de remise de gaz après le rebond. La sortie des destructeurs de portance au moment de la réduction de la poussée et l'assiette supplémentaire introduite par le pilote ont amené le frottement du fuselage sur la piste.

La non-détection des dommages à l'avion n'est pas un facteur de l'accident mais a constitué un facteur de risque pour le vol suivant.



#### 4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

L'apprentissage des techniques d'approche et d'atterrissage se déroule lors des formations initiales et ces techniques sont considérées comme « règles de l'art » par la suite. Or, cet accident montre qu'en cas de rebond à l'atterrissage, des caractéristiques particulières de fonctionnement des destructeurs de portance interviennent dans le comportement des avions.

C'est pourquoi le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure que les exploitants préparent leurs équipages de conduite à la gestion d'éventuels rebonds au cours des entraînements et contrôles périodiques.**

La procédure de traitement d'un toucher de fuselage à l'atterrissage, dans la documentation opérationnelle disponible à bord, n'a pas permis à l'équipage d'identifier les dégâts à la structure, ce qui l'a conduit à effectuer le vol de retour avec un avion endommagé.

C'est pourquoi le BEA recommande que :

- **Boeing rappelle dans la documentation opérationnelle destinée aux équipages de conduite que l'examen du sabot de queue, après un atterrissage considéré comme dur, ne préjuge pas de l'état du fuselage.**

L'absence de documentation satisfaisante n'a pas permis l'exploitation complète de l'enregistrement des paramètres. Le BEA a émis des recommandations sur ce point dans l'étude « Exploitation des enregistreurs de paramètres » parue en mai 2005.

# *Liste des annexes*

## **annexe 1**

Liste des dommages à l'avion

## **annexe 2**

Compte rendu matériel

## **annexe 3**

Photos


## **annexe 4**

Données issues du FDR

## Liste des dommages à l'avion

- Criques et déchirures sur les cadres 867 à 927
- Lisses 817 à 907 à changer (déformations)
- Déformations des intercostaux entre les cadres 847 et 867
- Angles de renforcement des cadres déformés
- Deux plaques de revêtement déformées, rayées, déchirées
- Pôle de vidange des toilettes déformé
- Patin d'atterrissage rayé et sabot enfoncé

# Compte rendu matériel

REG: <b>EP 07.51</b>	Date: <b>NZ</b>	Carnet N° <b>1026</b>	 <b>euralair</b> INTERNATIONAL <small>LIÈGE AÉROPORT DE PARIS LE BOURG</small>				
AC Type: <b>734</b>	M/Terrain: <table border="1"><tr><td>O</td><td>N</td></tr></table>	O			N	Feuillelet N° <b>27</b>	Repas: <table border="1"><tr><td>O</td><td>N</td></tr></table>
O	N						
O	N						
Cost:	CC	All	All	All			
F.O.:	All	All	All	All			
Deliv C:	Weekly C	CRS according to Euralair Int ME	EOR N°	Rev N°			
Name:	JAR 145 50	N°	ENG	1+ Qts 2+ Qts			
Sign:	Date:	GMT:	APU	Qts			
Component Changes			HYD	A+ Qts B+ Qts			
			OXY	Psi Bill repl			
Fig N°	Item	Description	Part Number	S/N ON	S/N OFF		
		<b>Roue TP N°2</b>	<b>2606671-2</b>	<b>6461</b>	<b>7025</b>		
<b>FIRST FLIGHT LEG</b>							
Deliv C:	Fluid type:	Mixt. Type:	Start T:	Crit:	Delay code:	Delay Time:	
Tot Pac: <b>172</b>	Cargo:	Kgs	Fuel uplift: <b>9600</b>	tr	MEL		
Ad. <b>PH</b> Tr:	Dep bloc T: <b>18:00</b>	T.O Time: <b>18:57</b>	Dep. Qty: <b>10200</b>	Kg/b	codes:		
Ch. <b>Ab</b> Tr:	Arr. bloc T: <b>20:55</b>	Land T: <b>20:49</b>	Arr. Qty: <b>3000</b>	Kg/b	Cap:	Pre-flt check	
St. <b>Q</b> Tr:	Block hrs: <b>02:55</b>	Flt. hrs: <b>02:17</b>	Cons. Qty: <b>7000</b>	Kg/b	Sign:		
1-Remark:		1-Corrective action:		Crs Jar 145-50 N° <b>OR</b>			
<b>ALLIAGE D'ALUMINUM DUR +</b>		<b>Teles cellule Touches</b>		Name:			
<b>AE BORD + TOUCHE</b>		<b>et perçages</b>		Visa:			
<b>DU SABOT ARR.</b>		<b>Avion Enop pour</b>		Date: <b>23/7</b>			
<b>(type de fabrication +</b>		<b>vel commercial</b>		Sta: <b>CDG</b>			
<b>références du sabot)</b>				GMT: <b>3:00</b>			
2-Remark:		2-Corrective action:		Crs Jar 145-50 N°			
				Name:			
				Visa:			
				Date:			
				Sta:			
				GMT:			
<b>SECOND FLIGHT LEG</b>							
Deliv C:	Fluid type:	Mixt. Type:	Start T:	Crit:	Delay code:	Delay Time:	
Tot Pac: <b>144</b>	Cargo:	Kgs	Fuel uplift: <b>11800</b>	tr	MEL		
Ad. <b>PH</b> Tr:	Dep bloc T: <b>21:50</b>	T.O Time: <b>22:03</b>	Dep. Qty: <b>17100</b>	Kg/b	codes:		
Ch. <b>Ab</b> Tr:	Arr. bloc T: <b>02:30</b>	Land T: <b>02:22</b>	Arr. Qty: <b>5500</b>	Kg/b	Cap:	Pre-flt check	
St. <b>Q</b> Tr:	Block hrs: <b>02:40</b>	Flt. hrs: <b>02:19</b>	Cons. Qty: <b>6900</b>	Kg/b	Sign:		
1-Remark:		1-Corrective action:		Crs Jar 145-50 N° <b>012</b>			
<b>ML</b>		<b>E/S roue TP N°2</b>		Name:			
		<b>effectuée suivant le</b>		Visa:			
		<b>MPI 32.45.11</b>		Date: <b>23.07.01</b>			
				Sta: <b>CDG</b>			
				GMT: <b>2h30</b>			
2-Remark:		2-Corrective action:		Crs Jar 145-50 N°			
				Name:			
				Visa:			
				Date:			
				Sta:			
				GMT:			

Photos

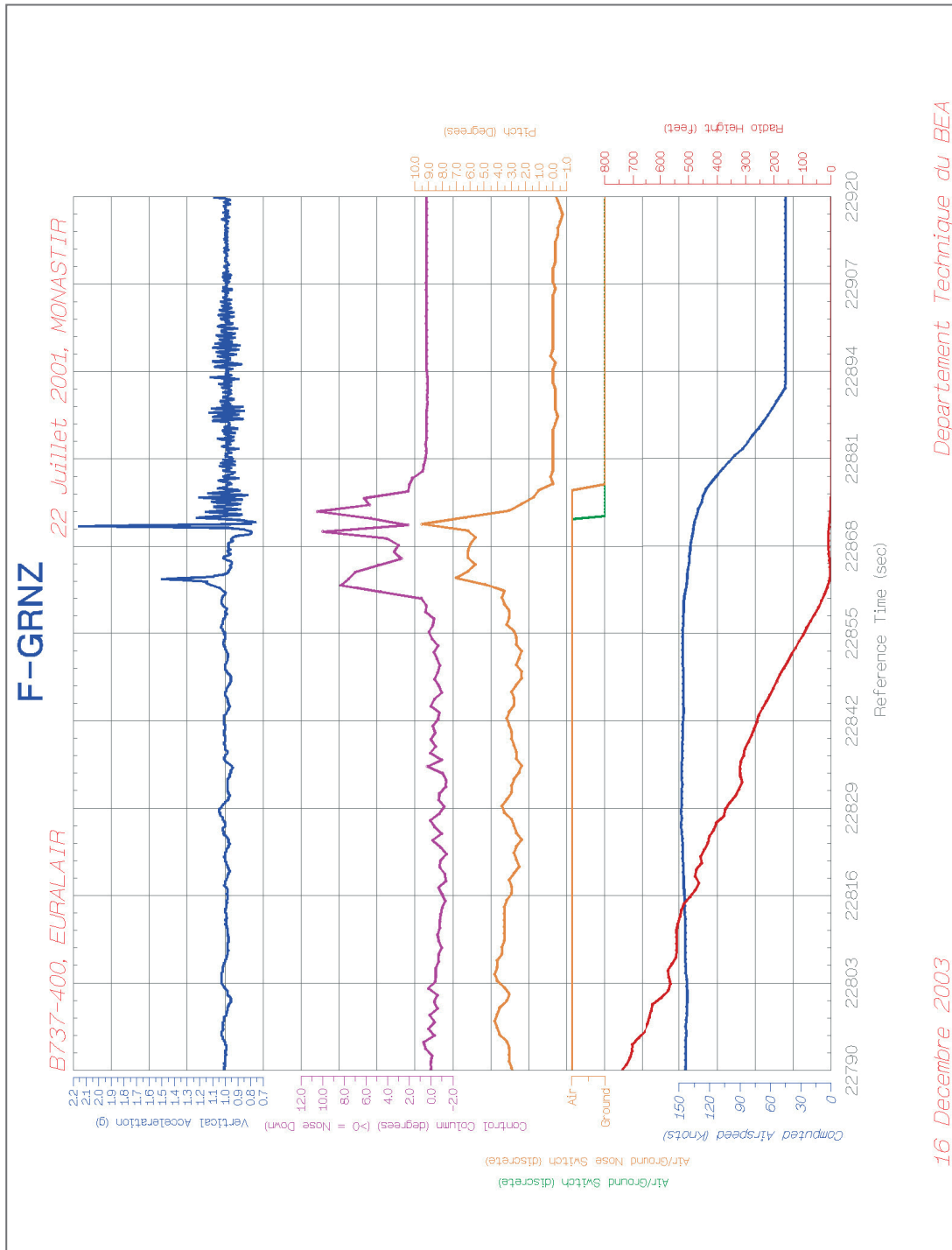








# Données issues du FDR



*Departement Technique du BEA*

*16 Decembre 2003*



# 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](http://www.bea.aero)