

**REPUBLIQUE TUNISIENNE**

**MINISTERE DES TECHNOLOGIES DE LA COMMUNICATION ET DU TRANSPORT**

---

## **RAPPORT D'ENQUETE**

**RELATIF A L'ACCIDENT SURVENU LE 07 MAI 2002  
A TUNIS A L'AVION DE TYPE BOEING 737-500  
IMMATRICULE SU-GBI ET EXPLOITE PAR EGYPTAIR**



**Mai 2004**

## **AVERTISSEMENT**

1. Ce rapport exprime les conclusions techniques auxquelles est parvenue la Commission d'Enquête sur les circonstances et les causes de cet accident. Conformément à l'Annexe 13 de la Convention relative à l'aviation civile internationale, l'analyse et les recommandations de sécurité formulées dans ce rapport ne visent pas à établir des fautes ou évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Leur unique objectif est de tirer de cet événement les enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention des accidents pourrait conduire à des interprétations erronées.
2. Le texte français du présent rapport constitue la version originale et officielle. Toute traduction ne peut être considérée comme référence.

# TABLE DES MATIERES

## GLOSSAIRE

## ORGANISATION DES TRAVAUX

## SYNOPSIS

- 1 RENSEIGNEMENTS DE BASE**
  - 1.1 Déroulement du vol**
  - 1.2 Tués et blessés**
  - 1.3 Dommages à l'aéronef**
  - 1.4 Autres dommages**
  - 1.5 Renseignements sur le personnel**
    - 1.5.1 Personnel navigant technique
    - 1.5.2 Personnel navigant de cabine
    - 1.5.3 Personnel de contrôle ATC
  - 1.6 Renseignements sur l'aéronef**
    - 1.6.1 Caractéristiques de l'avion
    - 1.6.2 Documents de bord
    - 1.6.3 Heures de fonctionnement
    - 1.6.4 Dernières visites d'entretien
    - 1.6.5 Masse et centrage
  - 1.7 Conditions météorologiques**
    - 1.7.1 Prévisions météorologiques TAF de 10h00 à 19h00
    - 1.7.2 Observations METAR à 8h30
    - 1.7.3 Carte TEMSI valide jusqu'à 18h00
    - 1.7.4 Messages SIGMET
    - 1.7.5 Messages METAR et SPECI
    - 1.7.6 Vent instantané
    - 1.7.7 Sources additionnelles
  - 1.8 Aides à la navigation**
  - 1.9 Télécommunications**
  - 1.10 Renseignements sur l'aérodrome**
    - 1.10.1 Généralités
    - 1.10.2 Services ATC à l'aéroport Tunis-Carthage
    - 1.10.3 Procédure d'approche aux instruments piste 11
  - 1.11 Enregistrements**
    - 1.11.1 Enregistrements ATC et radar
    - 1.11.2 Enregistreurs de bord
    - 1.11.3 Exploitation des paramètres FDR
  - 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact**
    - 1.12.1 Examen des traces
    - 1.12.2 Examen de l'épave
  - 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques**
  - 1.14 Incendie**

## **1.15 Questions relatives à la survie des occupants**

## **1.16 Gestion de la crise**

## **1.17 Essais et recherches**

1.17.1 Expertise et dépouillement du contenu du FDAU

1.17.2 Simulation du dispositif avertisseur de proximité sol amélioré

1.17.3 Dispositif de représentation de la situation verticale

## **1.18 Renseignements supplémentaires**

1.18.1 Témoignages

1.18.2 Procédures d'Egyptair

## **2 ANALYSE**

### **2.1 Généralités**

### **2.2 Facteurs météorologiques**

### **2.3 Scénario de l'accident**

2.3.1 Procédure VOR/DME publiée

2.3.2 Procédure VOR/DME d'Egyptair

2.3.3 Descente prématurée

2.3.4 Non-respect du repère de descente

2.3.5 Conjugaison des deux facteurs précédents

2.3.6 Effet du vent de face sur la pente de descente finale du vol MSR843

### **2.4 Performances de l'équipage**

2.4.1 Préparation de l'approche

2.4.2 Performances du commandant de bord

2.4.3 Performances du copilote

2.4.4 Facteur stress

### **2.5 Formation des pilotes**

2.5.1 Formation à Egyptair

2.5.2 Formation du commandant de bord

2.5.3 Formation du copilote

### **2.6 Performances du dispositif avertisseur de proximité sol**

2.6.1 Annonce orale du passage à 50ft

2.6.2 Alarme de taux de descente excessif

### **2.7 Approche adoptée**

2.7.1 Approche à vitesse verticale constante

2.7.2 Approche à angle constant ou approche stabilisée

2.7.3 Approche contrôlée

### **2.8 Carte d'approche aux instruments**

### **2.9 Procédures d'Egyptair**

2.9.1 Intégration de l'expérience dans la programmation des équipages

2.9.2 Répartition des tâches entre PF et PNF

2.9.3 Annonces standards

### **2.10 Gestion de la crise**

### **2.11 Les accidents de type CFIT et les moyens de les prévenir**



- 2.11.1 Généralités
- 2.11.2 Représentation de la situation verticale
- 2.11.3 Dispositif avertisseur de proximité sol amélioré
- 2.11.4 Dispositif de représentation de la situation verticale
- 2.11.5 Navigation verticale
- 2.11.6 Dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité
- 2.11.7 Système d'atterrissage aux instruments

## **2.12 Les enregistreurs**

- 2.12.1 Enregistreur de vol
- 2.12.2 Enregistreur de paramètres non protégés

## **3 CONCLUSIONS**

### **3.1 Faits établis**

### **3.2 Causes de l'accident**

## **4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE**

## **ANNEXES**

**Annexe 1 :** Images radar météorologique

**Annexe 2 :** Carte d'approche aux instruments VOR/DME piste 11 de l'aéroport Tunis-Carthage, publiée dans l'AIP-Tunisie

**Annexe 3 :** Transcription de l'enregistrement phonique du CVR

**Annexe 4 :** Graphes des paramètres de vol

**Annexe 5 :** Répartition des débris et éléments retrouvés sur site

**Annexe 6 :** Examen de l'épave

**Annexe 7 :** Observations du Représentant accrédité de la république arabe d'Égypte sur le projet de rapport final

**Annexe 8 :** Observations du Représentant accrédité des États-Unis d'Amérique sur le projet de rapport final

## GLOSSAIRE

AACO	Arab Air Carriers Organization Association Arabe des Compagnies Aériennes
ADF	Automatic direction-finding equipment Radiogoniomètre automatique
AGB	Accessory Gear Box Boîte d'entraînement accessoires moteur
AIP	Aeronautical Information Publication Publication d'Information Aéronautique
ALPA	Airline Pilot Association Association des pilotes de lignes
APP	Approach Approche
ATC	Air Traffic Control Service Service de Contrôle de la Circulation Aérienne
ATIS	Automatic Terminal Information Service Service automatique d'information de région terminale
BSV	Bulletin de sécurité des vols
CB	Cumulonimbus
CCR	Centre de Contrôle Régional
CFIT	Controlled Flight Into Terrain Impact avec le sol sans perte de contrôle
CRM	Crew Resource Management Gestion des ressources de l'équipage
CPU	Central Processing Unit Unité centrale de traitement
CSD	Constant Speed Drive Régulateur de vitesse constante
CVR	Cockpit Voice Recorder Enregistreur de conversations et d'alarmes sonores ou enregistreur phonique
DAR	Direct Access Recorder Enregistreur de maintenance
DME	Distance Measuring Equipment Dispositif de mesure de distance
DTTA	Indicateur d'emplacement de l'aéroport International Tunis-Carthage
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System Dispositif avertisseur de proximité sol amélioré
FAF	Final Approach Fix Repère d'approche finale
FBS	Fixed Base Simulator Simulateur de base fixe

FDAU	Flight Data Acquisition Unit Unité d'acquisition des données de vol
FDR	Flight Data Recorder Enregistreur de paramètres de vol
FFS	Full Flight Simulator Simulateur de vol complet
FIR	Flight Information Region Région d'information de vol
FL	Flight Level Niveau de vol
FMC	Flight Management Computer
FMS	Flight Management System
FOM	Flight Operations Manual Manuel d'exploitation
FOQA	Flight Operations Quality Assurance Assurance qualité des opérations aériennes
FSF	Flight Safety Foundation
Ft	Feet Pied
GPS	Global Positioning System Système mondial de localisation
GPWS	Ground Proximity Warning System Dispositif avertisseur de proximité sol
GSOP	General Standard Operating Procedures
IF	Intermediate Fix Repère d'approche intermédiaire
IFR	Instrument Flight Rules Règles de vol aux instruments
ILS	Instrument Landing System Système d'atterrissage aux instruments
IMC	Instrument Meteorological Conditions Conditions météorologiques de vol aux instruments
Kg	Kilogram Kilogramme
Kt	Nœud
MAPt	Missed Approach Point Repère d'approche interrompue

MDA	Minimum Descent Altitude Altitude de descente minimale
MEC	Main Engine Control Unité de commande moteur
METAR	Meteorological Airport Report Message régulier d'observation météorologique pour aéronautique
Min	Minute
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning Dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité
MSR	Indicatif des vols d'Egyptair
NM	Nautical Mile Mille marin
NTSB	National Transportation Safety Board (USA)
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PAPI	Precision Approach Path Indicator Indicateur de trajectoire d'approche de précision
PF	Pilot Flying Pilote en Fonction
P/N	Part number Numéro de type
PNC	Personnel Navigant de Cabine
PNF	Pilot Not Flying Pilote non en fonction
PNT	Personnel Navigant Technique
PSU	Passenger Service Unit Unité de service passager
QNH	Calage altimétrique faisant indiquer au sol l'altitude de l'aérodrome
RNAV	Navigation de surface
SIGMET	Significant meteorological Information Messages de phénomènes météorologiques en route spécifiés
S/N	Serial Number Numéro de série
SPECI	Message d'observation spéciale sélectionné pour l'aviation (en code aéronautique)
TAR	Indicatif des vols de Tunisair

TAF	Terminal Aerodrome Forecast Prévision de temps sur un aéroport
TEMSI	Carte schématique du temps significatif prévu à heure fixe où ne sont portés que les phénomènes importants
UTC	Universal Time Coordinated Temps Universel Coordonné
VFR	Visual Flight Rules Règles de vol à vue
VNAV	Vertical Navigation Navigation verticale
VOR	VHF Omni directional Range VHF omnidirectionnel
V/S	Vertical Speed Vitesse verticale
VSD	Vertical Situation Display Dispositif de représentation de la situation verticale

## **ORGANISATION DES TRAVAUX**

### **Constitution de la commission d'enquête**

Par arrêté du 21 mai 2002, le ministre tunisien du transport a institué une commission d'enquête pour étudier les circonstances, rechercher les causes et dégager les enseignements de l'accident survenu le 07 mai 2002, sur le territoire de la République Tunisienne à un avion de type Boeing 737-500 de la compagnie égyptienne Egyptair.

La commission comprenait les membres suivants :

- M. Nabil Chettaoui, Ingénieur Général, Directeur Général de l'Aviation Civile, Président ;
- M. Hamadi Ben Khelifa, Ingénieur en Chef, Directeur de la Navigation Aérienne à l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports ;
- M. Fethi Ben Saad, Ingénieur en Chef, Sous-directeur à la Direction Générale de l'Aviation Civile ;
- M. Sami Masmoudi, Instructeur Pilote de ligne à la compagnie tunisienne Tunisair ;
- M. Mongi Houcine, Ingénieur en Chef, Directeur de l'Exploitation des Aéroports à l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports.

La commission d'enquête a été assistée notamment par :

- M. Samir Arfaoui, Ingénieur à la Direction Générale de l'Aviation Civile.
- M. Khelifa Ezzine, Ingénieur Principal, Chef de Service à la Direction Générale de l'Aviation Civile ;
- M. Adel Bouajina, Ingénieur Principal, Chef de Service Analyse des Vols à la compagnie tunisienne Tunisair ;
- M. Monoom Jennane, Chef de la Division Contrôle et Enquête à l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports ;

En application des dispositions de l'annexe 13 à la convention relative à l'aviation civile internationale, M. Oraby Abdallah Oraby, représentant accrédité de la République Arabe d'Egypte au titre de l'Etat d'immatriculation et de l'exploitant et M. Joe Sedor, représentant accrédité des Etats-Unis d'Amérique au titre de l'Etat de construction, ont été associés aux travaux de la commission d'enquête.

Par arrêté du Ministre égyptien de l'Aviation Civile N° 47 en date du 26 janvier 2003, le représentant accrédité de l'Egypte, Monsieur Oraby Abdallah Oraby, a été remplacé par Monsieur Saad Eddine Galal.

### **Méthode de travail**

A sa première réunion tenue le 08 mai 2002, la commission d'enquête a créé trois groupes de travail composés d'experts de l'administration tunisienne de l'aviation



civile pour préparer les éléments du chapitre I « Renseignements de base » de ce rapport et procéder aux analyses permettant notamment de décrire le scénario de l'accident.

Les groupes de travail, dont les rapporteurs étaient membres de la commission ont conduit leurs investigations en respectant l'engagement de stricte confidentialité. Au fur et à mesure de leur avancement, la commission d'enquête a exploité les résultats de ces travaux pour préparer le chapitre I "Renseignements base" et le chapitre II "Analyse". La commission a ensuite préparé les chapitre III « Conclusions » et IV « Recommandations de sécurité ».

Le projet de rapport final de la commission a été communiqué aux autorités aéronautiques égyptiennes et américaines pour observations à présenter dans un délai de 60 jours conformément aux dispositions de l'annexe 13 à la convention relative à l'aviation civile internationale.

La mise au point du rapport final a été effectuée par la commission d'enquête à la lumière des observations parvenues dans les délais.

Conformément aux dispositions de l'annexe 13 à la convention relative à l'aviation civile internationale, les observations des autorités aéronautiques égyptiennes et américaines ont été jointes en annexes 7 et 8 de ce rapport. Certaines observations ont été acceptées par la commission d'enquête et intégrées dans le corps du rapport.

Pour des considérations indépendantes de la volonté des membres de la commission d'enquête, ce rapport, bien qu'élaboré en mai 2004, il n'a été possible de le signer, par les membres de cette commission, qu'en septembre 2013.

## **SYNOPSIS**

### **Date et heure de l'accident**

Le mardi 07 mai 2002 vers 14h18min<sup>(\*)</sup>

### **Lieu de l'accident**

Dans la région dite « Ennahli » à environ 6 km à l'ouest de l'aéroport international Tunis-Carthage (DTTA)

### **Nature du vol**

Vol régulier de transport public de passagers, numéro MSR843

### **Phase du vol**

En approche finale vers la piste 11 de l'aéroport international Tunis-Carthage

### **Type et immatriculation de l'aéronef**

Boeing 737-500, immatriculé SU-GBI

### **Propriétaire et Exploitant de l'aéronef**

La compagnie égyptienne Egyptair

### **Personnes à bord de l'aéronef**

- 6 membres d'équipage (2 PNT et 4 PNC)
- 56 passagers dont un bébé

### **Résumé de l'accident**

Le 7 mai 2002, à 14h18min, lors d'une approche VOR/DME effectuée en conditions IMC, l'avion de la compagnie Egyptair, de type Boeing 737-500, immatriculé SU-GBI et assurant le vol régulier MSR843 (le Caire-Tunis), a percuté une colline de la région d'Ennahli au cours de sa descente finale vers la piste 11 de l'aéroport international Tunis-Carthage, à environ une altitude de 750 ft et une distance de 3,6 NM du seuil de cette piste.

### **Conséquences de l'accident**

- 3 membres d'équipage (2 PNT et 1 PNC) et 11 passagers ont été tués.
- L'avion a été sévèrement endommagé.

---

<sup>(\*)</sup> Les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en Temps Universel Coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure légale en vigueur en Tunisie le jour de l'accident.

## 1- RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1- Déroulement du vol

L'avion de type Boeing 737-500, immatriculé SU-GBI, qui effectuait le vol MSR843, a décollé de l'aéroport international du Caire à 10h40min à destination de l'aéroport international Tunis-Carthage. Son entrée dans la FIR de Tunis a été vers 13h50min, heure à laquelle il a été pris en charge par le Centre de Contrôle Régional (CCR) de Tunis.

Après son transfert par le CCR de Tunis au contrôle d'approche de Tunis-Carthage vers 14h00, le vol MSR843 a bénéficié d'un guidage radar vers la trajectoire du segment final de l'approche aux instruments VOR/DME Piste 11, en vue de l'atterrissage.

Au dernier cap le ramenant sur la trajectoire d'approche finale (radiale 289° du VOR de Tunis), MSR843 était en descente vers 3000 ft. Il a reçu l'autorisation d'effectuer son approche aux instruments en lui précisant qu'il était numéro un à l'atterrissage. Après avoir informé le contrôleur d'approche qu'il quittait 3000 ft pour 2100 ft, le vol MSR843 reçut sa distance 12NM par rapport au seuil, le vent instantané 130 degrés 30 nœuds et l'autorisation d'atterrissage (clear to land).

Transféré par l'approche de Tunis-Carthage au contrôle d'aérodrome à 14h16min, le vol MSR843 contacte la tour de contrôle et l'informe qu'il est en finale pour la piste 11. Le contrôleur d'aérodrome lui confirme l'autorisation d'atterrissage (clear to land) et lui communique le dernier vent instantané 120 degrés 30 nœuds. Il instruit également un avion au départ, le vol TAR216, de rouler jusqu'au point d'attente de la piste 11 et d'y attendre.

Ayant perdu tout contact avec le vol MSR843 et après confirmation par le contrôleur d'approche de la disparition du vol MSR843 de l'écran radar, une alerte de détresse a été déclenchée par la tour de contrôle vers 14h22min.

Aucune difficulté ou message de détresse n'a été signalé aux organismes de contrôle d'approche et d'aérodrome de l'aéroport Tunis Carthage par l'équipage du vol MSR843.

L'épave de l'avion a été retrouvée sur une colline dans la région d'Ennahli à environ 3,6 NM du seuil de la piste 11.

### 1.2- Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	3	11	0
Graves	2	10	0
Légères	1	21	0
Aucune	0	14	

### 1.3- Dommages à l'aéronef

La partie arrière du fuselage a été sectionnée. Le poste de pilotage et la partie inférieure du fuselage sont fortement endommagés. Les deux moteurs et leurs mâts sont arrachés des ailes. Le train avant et le train principal droit sont également arrachés tandis que le train principal gauche repose au sol au niveau de la partie sectionnée du fuselage. Les deux ailes, qui ont été endommagées principalement au niveau de leurs ailerons et dispositifs hypersustentateurs, sont restées attachées au fuselage.



**Photo 1** : Vue générale de l'épave



**Photo 2** : Vue de face





**Photo 3** : Vue de la partie arrière



**Photo 4** : Vue arrière de l'épave



**Photo 5** : Vue de la partie arrière de la cabine



**Photo 6** : Vue de la partie avant de la cabine



## 1.4- Autres dommages

Une partie de la clôture (un grillage et 4 piquets en béton) qui délimite le parc "Montazah Ennahli" a été défoncée et plusieurs arbustes ont été rasés.



Photo 7 : Vue de la clôture défoncée

## 1.5- Renseignements sur le personnel

### 1.5.1- Personnel navigant technique

Le commandant de bord et le copilote du vol MSR843 ont effectué ensemble deux vols avant l'accident :

- Premier vol (Le Caire/Luxor/Asswan/Le Caire) en date du 8 mars 2002 durant 3 heures et 10 minutes,
- Deuxième vol (Le Caire/Riadh/Le Caire) en date du 1<sup>er</sup> avril 2002 durant 5 heures et 45 minutes.

#### 1.5.1.1- Commandant de bord

- Homme, âgé de 34 ans, de nationalité égyptienne
- Employé à la Compagnie Egyptair depuis le mois d'août 1992

##### a- Brevets et licences

- Licence de pilote de ligne N°1146 délivrée le 02 décembre 2001 et valide jusqu'au 30 juin 2002 en tant que pilote commandant de bord sur B737-500
- Visite médicale valide jusqu'au 19 avril 2003

##### b- Qualifications

- Qualification de radiotéléphonie internationale délivrée le 19 janvier 1989

- Qualifications de type en tant que copilote:
  - B737-200 du 12 juillet 1993
  - B737-500 le 26 juin 1994
  - B767 du 12 septembre 1996
  - B777 du 20 août 1997

c- Expérience professionnelle

Nombre d'heures de vol (temps du vol de l'accident non compris):

- Heures de vol totales: 4509
- Heures de vol sur B737-500: 1549
- Heures de vol en tant que commandant de bord sur B737-500: 162
- Heures de vol dans les 90 derniers jours: 139
- Heures de vol dans les 30 derniers jours: 61
- Heures de vol dans les 7 derniers jours: 3
- Heures de vol dans les dernières 48 heures: 0

d- Expérience du trajet Le Caire-Tunis

Il a effectué 6 vols sur Tunis en tant que copilote sur B737-500 et un seul vol en tant que commandant de bord le 16 avril 2002.

e- Carrière aéronautique

Le commandant de bord a effectué sa formation de pilote avion en 1988 à l'école égyptienne de l'aviation. A sa sortie de l'école, il totalise 155 heures de vol.

Au mois d'août 1992, il est recruté par la compagnie Egyptair. A partir du 1<sup>er</sup> septembre 1992, il commence un cours de transition compagnie dénommé ABC, et ce durant 4 mois au Centre de formation technique de la compagnie. Ce cours comprend un complément de formation théorique et une familiarisation avec le simulateur de vol.

Au mois de mars 1993, il entame sa qualification en tant que copilote sur Boeing 737-200. Le 12 juillet 1993, il obtient cette qualification avec un résultat satisfaisant. Il est lâché sur ce type d'avion le 2 septembre 1993 après avoir accompli 40 heures de vol avec instructeur sans difficultés majeures. Il totalise par la suite 269 heures de vol sur B737-200.

Au mois d'avril 1994, il commence une qualification sur Boeing 737-500 et l'obtient le 26 juin 1994. Il est lâché sur ce type d'avion le 4 août 1994 après avoir effectué 41 heures de vol avec instructeur. Il totalise 1487 heures sur cet avion en tant que copilote.

Le 11 juin 1996, il entame sa qualification sur Boeing 767-200/300 et obtient cette qualification le 12 septembre 1996. Il est lâché sur ce type d'avion le 7 octobre 1996 après avoir accompli 23 heures et 40 min de vol avec instructeur. Il totalise par la suite 447 heures de vol sur B767 en tant que copilote.

En juillet 1997, il entame sa qualification sur Boeing 777-200 et la réussit avec un bon résultat le 20 août 1997. Il est lâché sur ce type d'avion le 28 août 1997, après avoir accompli 15 heures et 25 min de vol avec instructeur. Sur cet avion, il accomplit 1988 heures de vol en tant que copilote.

Au mois d'octobre 2001, il commence son stage commandant de bord sur Boeing 737-500. Ce stage est composé d'un cours au sol, d'un programme d'entraînement sur simulateur, d'un vol hors ligne et d'un programme d'adaptation en ligne.

Le programme de formation sur simulateur se compose de 5 séances en FBS et 8 séances en FFS suivi d'un contrôle. La durée de chaque séance est de 4 heures, soit un total de 52 heures de formation sur simulateur.

Ce programme se compose de différents exercices et comporte, entre autres :

- 4 approches ILS, 3 approches VOR et une approche ADF pour la partie FBS,
- 14 approches ILS, 3 approches VOR, une approche ADF et une approche indirecte.

Aucune indication n'a été relevée dans ce programme concernant les exercices relatifs à la réaction aux alarmes GPWS.

Le 11 février 2002, il est lâché en tant que commandant de bord sur B737-500 après avoir accompli 23 heures de vol en instruction. Il effectue par la suite 138 heures de vol en tant que commandant de bord dont un seul vol sur Tunis, le 16 avril 2002.

#### f- Conditions de travail

Les conditions de travail du Commandant de Bord pendant le mois précédant l'accident ont été conformes à la réglementation en vigueur, y compris pendant les dernières 48 heures durant lesquelles il était en repos.

#### g- Maintien et contrôle de compétence

- Dernier contrôle en ligne: le 06 février 2002

### **1.5.1.2- Copilote**

- Homme, âgé de 28 ans, de nationalité égyptienne
- Employé à la Compagnie Egyptair depuis le 18 février 1998

#### a- Brevets et licences

- Licence dite « Commercial Pilot License » N°3154, renouvelée le 15 avril 2002 et valide jusqu'au 31 juillet 2002
- Visite médicale valide jusqu'au 15 janvier 2003

#### b- Qualifications

- Qualifications IFR et sur B737-500 en date du 20 février 2000

c- Expérience professionnelle

Nombre d'heures de vol (temps du vol de l'accident non compris):

- Heures de vol totales: 880
- Heures de vol sur B737-500: 639
- Heures de vol dans les 90 derniers jours: 109
- Heures de vol dans les 30 derniers jours: 31
- Heures de vol dans les 7 derniers jours : 4
- Heures de vol dans les dernières 48 heures: 0

d- Expérience du trajet Le Caire-Tunis

Il a effectué 3 vols sur Tunis en tant que copilote sur B737-500.

e- Carrière aéronautique

Le copilote a effectué sa formation de pilote avion à l'école égyptienne de l'aviation. Il obtient en date du 26 mars 1994 la licence de pilote privé et la licence de pilote commercial en date du 28 mai 1996. A sa sortie de l'école, il totalise 203 heures de vol.

Le 18 février 1998, il est recruté par Egyptair. Durant les quatre premiers mois, il suit un cours de transition compagnie, dénommé ABC et comprenant un complément de formation théorique et une familiarisation avec le simulateur de vol.

Le 9 septembre 1999, soit environ quatorze mois après la fin du cours de transition ABC, il réussit la qualification théorique B737-500 avec un score de 78%. Le score minimum étant de 70%.

Le 29 novembre 1999, il entame la qualification B737-500 sur simulateur. La première phase simulateur intitulée FBS se compose de 8 séances. La durée de chaque séance est de 4 heures, soit un total de 32 heures de formation en FBS.

Le programme FBS se compose de différents exercices et comporte, entre autres, 18 approches ILS, 4 approches VOR, 3 approches ADF et 3 approches indirectes.

Sa progression est jugée lente par son instructeur qui lui demande de travailler davantage ses connaissances avion, ses connaissances générales ainsi que le vol aux instruments.

Le 11 décembre 1999, son instructeur le présente à la seconde phase simulateur intitulée FFS. Le programme FFS se compose de 8 séances d'une durée de 4 heures chacune suivie d'un contrôle, soit un total de 36 heures de formation en FFS.

Le programme FFS se compose de différents exercices et comporte, entre autres, 14 approches ILS, 3 approches VOR, 1 approche ADF et une approche indirecte.

Là encore, son instructeur lui demande un effort important afin de rattraper le niveau standard. Sa progression dans cette phase s'améliore et le 22 décembre 1999, il réussit son contrôle FFS.

Le 23 décembre 1999, il réussit le test hors ligne sur l'avion B737-500.

Le 20 février 2000, il obtient la qualification de vol aux instruments et la qualification de type B737-500.

Du 17 au 29 juin 2000, soit six mois après son contrôle hors ligne, il effectue ses quatre premiers vols d'adaptation en ligne au cours desquels son instructeur lui fait remarquer, d'une part, que son niveau de connaissances théoriques reste en deçà du niveau minimum requis et d'autre part qu'il est très lent.

Au mois de juillet 2000, il effectue un recyclage sur simulateur et son instructeur lui confirme les mêmes remarques évoquées lors des premiers vols.

Au mois d'août 2000, il passe avec succès un nouveau contrôle oral sur les connaissances avion du B737-500.

Le 11 novembre 2000, il reprend les vols avec un nouvel instructeur. Celui-ci lui fait remarquer qu'il doit améliorer ses connaissances générales et s'entraîner davantage sur les approches VOR. Sa progression s'est par la suite améliorée lors de cette phase.

Au mois de janvier 2001, il effectue un stage de recyclage concluant sur simulateur B737-500.

Il reprend par la suite le stage d'adaptation en ligne avec un nouvel instructeur qui au bout de cinq vols le juge au niveau standard et le présente au contrôle lâcher en ligne.

Le 19 mars 2001 et après avoir totalisé 83 heures d'instruction en vol, il passe le contrôle lâcher en ligne avec succès.

Depuis son lâcher, le copilote a totalisé 556 heures de vol au cours desquelles il a effectué, avant l'accident, trois vols entre Tunis et Le Caire.

#### f- Conditions de travail

Les conditions de travail du copilote pendant le mois précédant l'accident ont été conformes à la réglementation en vigueur, y compris pendant les dernières 48 heures durant lesquelles il était en repos.

#### g- Maintien et contrôle de compétence

- Dernier contrôle en ligne: 22 et 23 janvier 2002

### **1.5.2- Personnel navigant de cabine**

Conformément à la réglementation applicable, l'équipage de cabine comportait quatre personnes.

### **1.5.2.1- Chef de Cabine**

- Homme âgé de 48 ans, de nationalité égyptienne
- Licence valide jusqu'au 17 août 2002
- Visite médicale valide jusqu'au 17 août 2002

### **1.5.2.2- Steward**

- Homme âgé de 31 ans, de nationalité égyptienne
- Licence valide jusqu'au 09 octobre 2002
- Visite médicale valide jusqu'au 16 octobre 2003

### **1.5.2.3- Hôtesse 1**

- Femme âgée de 32 ans, de nationalité égyptienne
- Licence valide jusqu'au 07 juin 2002
- Visite médicale valide jusqu'au 07 juin 2002

### **1.5.2.4- Hôtesse 2**

- Femme âgée de 24 ans, de nationalité égyptienne
- Licence valide jusqu'au 11 novembre 2002
- Visite médicale valide jusqu'au 11 novembre 2003

## **1.5.3- Personnel de contrôle ATC**

Les renseignements relatifs aux contrôleurs d'approche et d'aérodrome de Tunis-Carthage ayant pris en charge le contrôle de la circulation aérienne du vol MSR843 sont détaillés ci-après:

### **1.5.3.1- Contrôleur radar d'approche**

- Homme âgé de 49 ans, de nationalité tunisienne
- Licence de Contrôleur N° 133 délivrée le 24 mai 1982 valide jusqu'au 30 novembre 2002
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôle d'aérodrome: 24 mai 1982
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôle d'approche classique: 11 octobre 1991
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôleur radar approche: 24 août 1995
- Validité du certificat médical d'aptitude physique et mentale : 30 Novembre 2002

### **1.5.3.2- Contrôleur d'aérodrome**

- Homme âgé de 33 ans, de nationalité tunisienne



- Licence de contrôleur N° 184 délivrée le 23 juin 1994 et valide jusqu'au 30 septembre 2003
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôle d'aérodrome: 23 juin 1994
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôle d'approche classique: 26 décembre 1996
- Date d'obtention de la qualification locale de contrôleur radar approche: 29 avril 1999
- Validité du certificat médical d'aptitude physique et mentale : 30 septembre 2003

## **1.6 Renseignements sur l'aéronef**

### **1.6.1 Caractéristiques de l'avion**

- Constructeur: Boeing
- Type: B737-500
- S/N: 25307
- Type des moteurs: CFM 56-3C1
- Immatriculation: SU-GBI
- Date de fabrication: 14 octobre 1991
- Masse maximale au décollage: 60554 kg
- Masse maximale à l'atterrissage: 49895 kg

### **1.6.2- Documents de bord**

- Certificat d'immatriculation N° 894 délivré le 03 février 1991
- Certificat de navigabilité N° 755 délivré le 07 octobre 1997 valide jusqu'au 10 octobre 2002
- Licence de station radio N° 14/4/4 valide jusqu'au 31 décembre 2002
- Certificat de limitation de nuisance acoustique N° 16 délivré le 12 novembre 1991

### **1.6.3- Heures de fonctionnement**

#### **1.6.3.1-Cellule**

- Nombre total d'heures de vol depuis fabrication: 26 805
- Nombre total de cycles depuis fabrication: 16 111

#### **1.6.3.2- Moteurs**

##### **a- Moteur N° 1**

- S/N: 726239
- Type: CFM 56-3C1
- Date de fabrication: 14 octobre 1991
- Nombre total d'heures de vol depuis fabrication: 23 289
- Nombre total de cycles depuis fabrication: 14 191

**b- Moteur N° 2**

- S/N: 726264
- Type: CFM 56-3C1
- Date de fabrication: 28 août 1991
- Nombre total d'heures de vol depuis fabrication: 21 859
- Nombre total de cycles depuis fabrication: 13 287

**1.6.4- Dernières visites d'entretien****1.6.4.1- Cellule**

Type de visite	Date	Nombre total heures de vol	Nombre total de cycles
"D" Check	13.2.2002 au 17.6.2001	24 397	14 511
"8A" Check	04.3.2002	26 364	15 810
"A" Check	10.4.2002	26 601	15 990

**1.6.4.2- Moteurs N° 1**

Type d'intervention	Date	Lieu	Nombre d'heures de vol	Nombre de cycles
Inspection et réparation	04.11.1999	SNECMA Paris	20 881	12 591

**1.6.4.3- Moteurs N° 2**

Type d'intervention	Date	Lieu	Nombre d'heures de vol	Nombre de cycles
Inspection et réparation	13.07.1998	General Electric Royaume Uni	13 287	7 831
Remplacement de la chambre de combustion	13.10.2001	Egyptair Le Caire	20 467	12 372

**1.6.5- Masse et centrage**

Les données mentionnées sur les feuilles de masse et centrage et relatives au vol MSR843 sont les suivantes :

- Masse de base : 33 317 kg
- Masse sans carburant : 39 532 kg
- Quantité de carburant au départ : 12 200 kg
- Carburant de l'étape : 8 000 kg

- Charge offerte : 6 215 Kg
- Masse au décollage : 51 532 kg
- Masse à l'atterrissage : 43 532 kg
- Fret : 1 200 kg
- Centrage au décollage : 19,7%

## **1.7- Conditions météorologiques (Annexe 1)**

### **1.7.1- Prévisions météorologiques TAF de 10h00 à 19h00**

Un ciel couvert avec temporairement de la pluie ou des averses modérées avec orages et 4/8 de nuages de type cumulonimbus dont la base est à 3000 ft. Le vent est de secteur est à sud-est, 21 kt avec des coups de rafales de 33 kt. La visibilité est de 5000 m, temporairement de 4000 m.

### **1.7.2- Observations réelles METAR**

Les observations réelles METAR à 08h30min à l'aéroport Tunis-Carthage remise à l'équipage au départ du Caire indiquent un ciel couvert avec présence de 2/8 de cumulonimbus dont la base est à 2300 pieds ; un vent de secteur est/sud-est à 17 kt et une visibilité de 5000 m.

### **1.7.3- Carte TEMSI valide jusqu'à 18h00min**

La région de Tunis est traversée par une perturbation qui se déplace lentement vers le nord / nord-est avec une vitesse de 5 nœuds. Cette perturbation est caractérisée par la présence de Cumulonimbus isolés à noyés dans la masse. Cette région est aussi intéressée par une turbulence modérée entre les niveaux 260 et 370.

### **1.7.4- Messages SIGMET (06h30min, 09h30min, 13h15min)**

Ces messages indiquent la présence de turbulence modérée à sévère observée et prévue dans la FIR de Tunis entre le sol et le niveau de vol 120 à partir de 06h30min et jusqu'à 17h30min. Ils indiquent aussi la présence de Cumulonimbus dans la FIR de Tunis isolés à noyés dans la masse se déplaçant lentement vers le nord/ nord-est en s'intensifiant.

### **1.7.5- Messages METAR et SPECI entre 11h00 et 18h00**

La perturbation signalée dans les messages SIGMET a été très active sur l'aéroport Tunis-Carthage entre 11h00min et 13h30min et ceci a été indiqué dans les messages METAR et SPECI. (SCT023CB, RMK CB/ toutes zones). Cette même perturbation a été moins active sur l'aéroport entre 14h00 et 18h00 et ceci a été indiqué dans les METAR et SPECI (FEW023CB, RMK CB/N/NE).

Les valeurs de la visibilité observée intéressant la période de l'accident étaient de 5000 m à 14h00 ainsi qu'à 14h30min.

Les vents au sol mesurés étaient de 090°/17 kt à 14h00 et de 100°/24kt avec rafales à 35 kt à 14h30min.

Le temps présent était caractérisé par la présence de pluie mais sans tempête de sable.

#### **1.7.6- Vent instantané**

Le vent instantané communiqué par le contrôle d'approche au vol MSR843 à 14h15min42s était de 130°/30 kt et par la tour de contrôle à 14h15min56s était de 120°/30 kt.

#### **1.7.7- Sources additionnelles**

Il ressort des témoignages des responsables des secours, des services médicaux et de l'aéroport qui se sont rendus sur les lieux que les conditions météorologiques juste après l'accident étaient caractérisées par un vent fort, des averses de pluie et une visibilité réduite et parfois variable sur le lieu de l'accident.

Certains de ces témoins ont précisé que le sol était glissant et boueux et que la piste était visible avec son balisage à partir du lieu de l'épave.

Le contrôleur radar d'approche a précisé qu'il n'a pas reçu d'information sur un cisaillement de vent de la part de l'avion précédent. Le contrôleur d'aérodrome a affirmé avoir vu les phares d'atterrissage de l'avion allumés puis les a perdus plus tard. Selon ce dernier, la visibilité était variable.

L'hôtesse qui était assise à l'arrière de l'avion, a indiqué que le vol se déroulait normalement avant l'impact à part les turbulences qu'elle considérait comme modérées. Bien avant la descente, il y avait des turbulences modérées qui avaient duré environ 30 minutes.

Les passagers rencontrés par les enquêteurs ont tous déclaré que le vol se déroulait normalement avant l'accident, à part les légères turbulences qui régnaient à l'arrivée. Durant l'approche, ils ont témoigné que la visibilité était nulle à l'extérieur de l'appareil.

##### **1.7.7.1- Le commandant de bord du vol de Tunisair TAR 639**

Le commandant de bord du vol TAR639 (Airbus A320) précédant le vol MSR843 a déclaré avoir rencontré une turbulence modérée qui s'est affaiblie en dessous de 1800 ft. Il a, par ailleurs, précisé qu'il y avait de la pluie et qu'il n'a pas rencontré de cisaillement de vent.

Il a souligné, en outre, qu'il n'y avait pas de noyau orageux sur la finale de la piste 11, par contre, il y avait des cellules orageuses au nord-est du terrain.

### **1.7.7.2- Le commandant de bord du vol de Tunisair TAR745**

Le commandant de bord du vol TAR745 (Boeing B737-600) qui suivait le vol MSR843 pour l'atterrissage sur la piste 11 a déclaré avoir vu sur son radar météorologique (antenne sur + 2°) une cellule orageuse qui se déplaçait du sud-ouest vers le nord-est. Le vent indiqué était de 158°/40 kt à 3000 ft.

A environ 8 NM et à 2800 ft, le contrôleur d'aérodrome lui a demandé d'interrompre l'approche et de virer à gauche sur la balise TS car il a perdu le contact avec l'avion d'Egyptair.

Durant la deuxième approche, la turbulence était légère, le vent reporté au sol était de 100°/35 kt et il n'y avait pas de cisaillement de vent.

A 900 ft, il est sorti des nuages et a gardé la piste en vue jusqu'à l'atterrissage en présence d'une pluie faible.

Après l'atterrissage en piste 11, il a remarqué que les sommets des collines de l'Ariana (région d'Ennahli) étaient couverts par les nuages.

### **1.8- Aides à la navigation**

L'aéroport Tunis-Carthage est doté des aides à la navigation suivantes :  
1 VOR/DME, 2 ILS et 2 locators.

En ce qui concerne la piste 11, l'aéroport Tunis-Carthage, est doté d'un VOR/DME ayant les caractéristiques suivantes:

- Identification: TUC
- Fréquence: 116.5 MHz - CH 112X
- Heures de fonctionnement: H24
- Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission (en WGS84):  
365105.7N, 0101349.2E

Aucune anomalie de fonctionnement de ces aides n'a été signalée le jour de l'accident. Leur dernier contrôle périodique a été effectué en octobre 2001.

Par ailleurs, la piste 11 n'étant pas dotée d'un ILS, les services spécialisés de l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports ont étudié, au mois de novembre 1999, la possibilité d'en installer au niveau de ce seuil. Pour ce faire, ils ont procédé au calcul de l'OCH, en utilisant deux méthodes différentes à savoir la « surface OAS » et le « modèle CRM ».

Cette étude s'est notamment basée sur les hypothèses d'installation d'un ILS de catégorie I (CAT I) et d'un angle d'alignement de descente de 3° ou 3,5°.

Cette étude a conclu que l'installation d'un ILS sur la piste 11, conformément aux dispositions de l'OACI, élèverait la hauteur de décision à 973 ft pour une pente de

3,5° et à 960 ft pour une pente de 3° alors que la hauteur minimale de descente de l'approche classique VOR/DME est de 580 ft.

## 1.9- Télécommunications

Les communications air/sol entre les aéronefs et les organismes de contrôle d'approche et d'aérodrome de Tunis-Carthage sont assurées par les fréquences de travail (VHF) suivantes :

Désignation du service	Indicatif d'appel	Fréquences	Heures de fonctionnement	Observations
TWR	Tunis airport Tunis ground	118.1 MHz 121.9 MHz 121.5 MHz <sup>1</sup>	H24	Puissance 50W
APP	Tunis approach	121.2 MHz 119.5 MHz <sup>2</sup>	H24	Puissance 50W
ATIS	Tunis	116.5 MHz	H24	Langue anglaise

Aucune anomalie de fonctionnement des communications air/sol n'a été signalée le jour de l'accident.

## 1.10- Renseignements sur l'aérodrome

### 1.10.1- Généralités

L'aéroport Tunis-Carthage est situé à environ 7 km au Nord-est de la capitale Tunis et a les caractéristiques générales suivantes :

- Deux pistes sécantes
- Altitude: 22 ft
- Coordonnées du point de référence: 365104 N/0101337E
- Température de référence: 33°C
- Type de trafic autorisé: IFR/VFR
- Classe: 4E
- Niveau de sécurité incendie: 8

L'aéroport Tunis-Carthage est doté de deux pistes 01/19 et 11/29. La piste 11/29 a une longueur de 2840 m et une largeur de 45m. Elle est constituée d'une chaussée souple en bitume ayant comme résistance: PCN = 45/F/B/Y/U. La piste possède un prolongement d'arrêt au niveau de chaque seuil, de dimensions 60 m x 45 m, une raquette à chaque seuil de piste et des accotements de 7,5 m de largeur de part et d'autre de la piste.

<sup>1</sup> Urgences

<sup>2</sup> Peut être utilisée par Tunis ACC



La piste 11 est équipée des feux de balisage suivants:

- Feux de seuil de couleur verte.
- Feux de bord de piste de couleurs blanche et orange.
- Feux d'extrémité de piste de couleur rouge.
- Feux de prolongement d'arrêt couleur rouge pour les deux seuils.

Le seuil de la piste 11 est doté d'un PAPI dont l'angle de la pente d'atterrissage est de 3° 30'.

Les taux de décollages et d'atterrissages de la piste 11 par rapport aux autres pistes de l'aéroport Tunis-Carthage pendant les années 2000 et 2001 sont comme suit :

Année	Décollage	Atterrissage
2000	19,7 %	13,6 %
2001	11,5 %	6,5 %

## **1.10.2- Services ATC à l'aéroport Tunis-Carthage**

### **1.10.2.1- Le contrôle d'approche radar**

Le contrôle d'approche de Tunis-Carthage dispose d'un système radar comprenant:

- Un radar primaire de surveillance
- Un radar secondaire de surveillance monopulse
- Une unité de traitement des données radar et des données de vol

L'identification radar du vol MSR843 a été établie par le centre de Contrôle Régional de Tunis à 13h50min52s au premier contact sur la fréquence 132,55 MHz et a été maintenue par le Contrôleur radar d'approche de l'aéroport International Tunis-Carthage depuis le transfert électronique de ce vol par le CCR.

Compte tenu de la présence de formations nuageuses denses couvrant toute la zone d'approche, telles que décrites dans le message ATIS émis à 13h25min, information OSCAR, et telles qu'apparaissant sur l'écran radar de contrôle, l'équipage du vol MSR843 a bénéficié d'une assistance radar suivie d'un guidage radar pour rejoindre la trajectoire d'approche finale de la piste 11.

En effet :

1. une assistance radar a été fournie à l'équipage du vol MSR843, par le contrôleur d'approche radar, en répondant favorablement à ses demandes de déviation par rapport à la trajectoire le menant au point GOLLA et en lui proposant des caps pour éviter les formations nuageuses et ce tel que prévu au

paragraphe 8.9.6.1 du Document 4444 ATM /501 de l'OACI « Gestion du trafic aérien ».

2. Un guidage radar a été fourni au vol MSR843, pour joindre la finale de la piste 11, dès que les conditions météorologiques ont permis au contrôleur d'approche radar de le faire.

Le dernier cap 070 qui lui a été assigné à 14h12min32s pour intercepter la trajectoire d'approche finale était accompagné de l'autorisation d'approche conformément aux dispositions du paragraphe 8.9.4.1 qui stipule, notamment, que «si les circonstances le permettent, l'autorisation d'approche devrait être émise avant le moment où l'équipage signale être établi sur la trajectoire d'approche finale».

C'est à partir de ce moment que le guidage radar prend fin tel que prescrit au paragraphe 8.9.4.1 du Doc. 4444 ATM/501 : « le guidage radar prendra normalement fin au moment où l'aéronef s'écarte du dernier cap qui lui a été assigné pour intercepter la trajectoire d'approche finale ».

Toutefois, le contrôleur radar d'approche a continué à suivre sur son écran radar l'évolution du MSR843 après que ce dernier a rappelé être établi sur le radial de rapprochement, reçu l'autorisation d'atterrissage et transféré au contrôleur d'aérodrome et ce, notamment afin d'assurer la séparation de ce vol avec un autre vol à l'arrivée, pour la même piste, TAR745, en respectant les dispositions du paragraphe 8.9.4.2 du Doc. 4444 ATM/501 attribuant au contrôleur radar d'approche la responsabilité « de maintenir la séparation radar entre les aéronefs qui se succèdent sur la même trajectoire d'approche finale ».

#### **1.10.2.2- Contrôle d'aérodrome**

Le contrôleur d'aérodrome, qui était physiquement séparé du contrôleur radar d'approche, a eu deux contacts radio-téléphoniques avec l'équipage du vol MSR843 au cours desquels ce dernier a reçu l'autorisation d'atterrissage et le vent 120°/30 kt, dont il a collationné le contenu à 14h16min07s.

Juste après, le contrôleur d'aérodrome a eu deux contacts avec un autre vol au départ, le TAR216, auquel il a délivré l'autorisation de roulage pour le point d'attente avant la piste 11.

Le contrôleur d'aérodrome a déclaré à la commission d'enquête et a confirmé dans son rapport écrit avoir vu les phares d'atterrissage de l'avion puis les a perdus, ce qui l'a amené à faire cinq appels, restés sans aucune réponse. Le premier appel, tel qu'il apparaît dans la transcription des communications avec l'ATC, a eu lieu à 14h19min14s, soit une minute environ après l'impact de l'avion sur le sol de la colline d'Ennahli.

Après confirmation de la disparition de l'étiquette radar par le contrôleur d'approche radar, la tour de contrôle a déclenché une alerte locale, transformée

immédiatement en alerte de détresse vers 14h22min, conformément au plan d'urgence de l'aérodrome.

### **1.10.2.3- Dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité (MSAW)**

Le dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité (MSAW), déjà opérationnel dans certains pays, permet à l'organisme de contrôle de la circulation aérienne d'informer aussitôt que possible l'équipage d'un aéronef en cas de rapprochement dangereux par rapport au relief.

Le MSAW constitue une nouvelle barrière de défense contre les accidents CFIT et agit de manière complémentaire et indépendante.

Les services ATC de Tunis-Carthage sont dotés de cette fonction qui assure une protection à l'extérieur d'un cylindre centré autour de l'aéroport Tunis-Carthage, de rayon 25 NM et de hauteur 6000 ft.

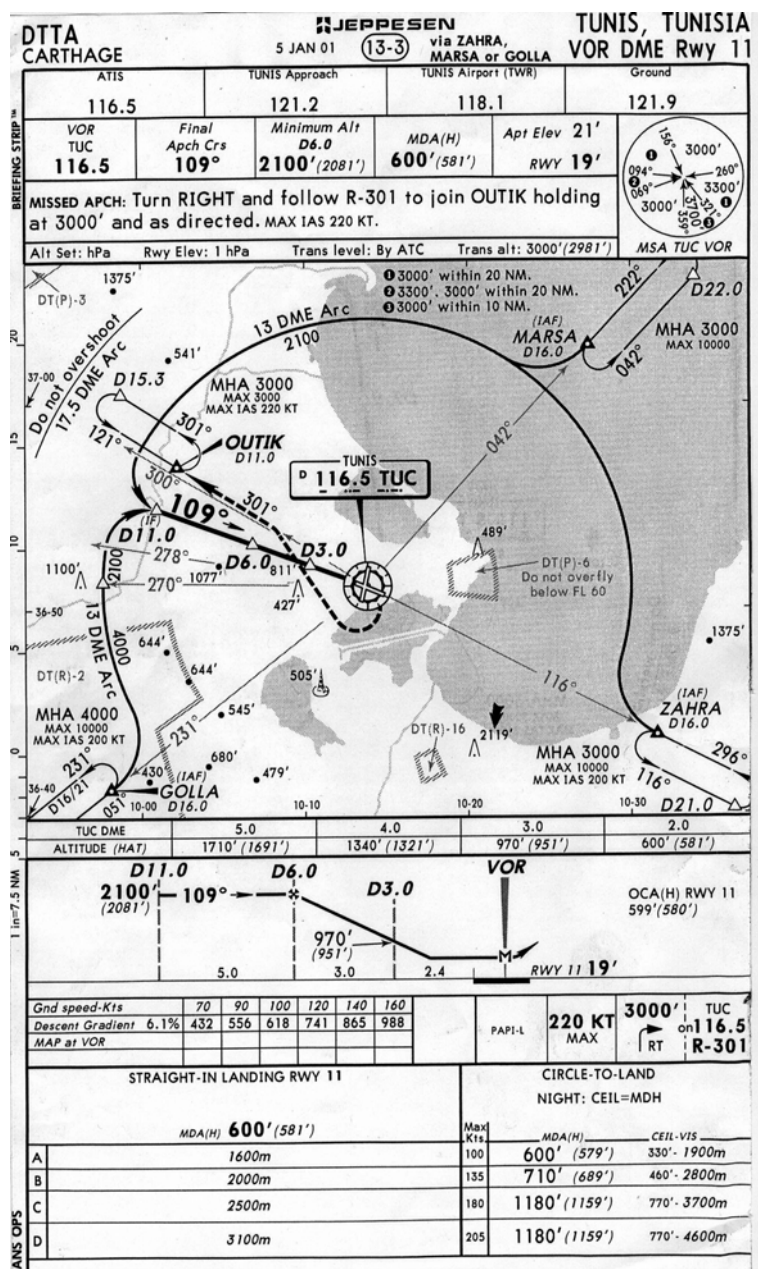
### **1.10.3- Procédure d'approche aux instruments piste 11 (Annexe 2)**

La piste 11 est dotée de deux procédures d'approche aux instruments, une procédure VOR/DME et une autre RNAV VOR/DME. Elles sont élaborées conformément aux critères d'établissement des procédures d'approche figurant dans le Document 8168 OPS/611-Volume II (Exploitation technique des aéronefs) de l'OACI.

La procédure VOR/DME piste 11 prescrit, après le passage du repère d'approche finale (FAF) situé à 6 DME, la descente à l'altitude minimale de descente (MDA) 600 ft avec une pente de descente de 6,1% en passant par le repère de descente situé à 3 DME et à une altitude de 965 ft. La fiche des procédures intègre également un tableau de correspondances altitudes/distances DME (de contrôle de la pente de descente) et un tableau de correspondances vitesses sol/vitesses verticales.

Cette procédure est publiée dans une carte d'approche aux instruments (IAC: Instrument Approach Chart) confectionnée et publiée à l'intention des exploitants conformément aux dispositions de l'annexe 15, de l'annexe 4 et du Document 8697 AN/889/2 de l'OACI. Elle figure à la page AD2DTTA-45 de la Publication d'Information Aéronautique AIP-Tunisie.

La compagnie Egyptair utilise les publications « Jeppesen » dont ci-dessous le feuillet correspondant à cette procédure.



## 1.11- Enregistrements

### 1.11.1- Enregistrements ATC et Radar

L'enregistrement des communications radio-téléphoniques entre le contrôle radar d'approche, le contrôle d'aérodrome et le vol MSR843 était de bonne qualité. La transcription des communications a été effectuée.

L'enregistrement radar a été visualisé et a permis de situer le lieu de la disparition du plot radar du vol MSR843 à 3,5 NM environ de l'aéroport Tunis-Carthage.

### 1.11.2- Enregistreurs de bord

L'avion immatriculé SU-GBI est équipé de deux enregistreurs de vol protégés :

- Un enregistreur de paramètres de vol universel, UFDR de marque Sundstrand, de numéro de type 980-4100-AXUN et de numéro de série 9951.
- Un enregistreur phonique, CVR de marque Fairchild de numéro de type A100 et de numéro de série 3793.

Le CVR a été retrouvé le jour de l'accident, le FDR a été retiré de l'avion 24 heures après. Ils se trouvaient à l'arrière de l'appareil.

L'avion possédait en outre un enregistreur de paramètres non protégé (DAR) de marque Sundstrand de numéro de type 981-6103-002 et de numéro de série 536. Les données sont enregistrées sur sa cassette est de marque Sundstrand de numéro de type 980-3008-006 et de numéro de série 2461.

#### **1.11.2.1- Enregistreur phonique (CVR)**

En présence de représentants des autorités tunisiennes, égyptiennes et américaines, l'extraction et la lecture de la bande du CVR ont été effectuées le 14 mai 2002 au sein du département technique du Bureau Enquêtes-Accidents français à Paris.

##### **Extraction de la bande**

L'enregistreur phonique (CVR) étant endommagé, sa bande magnétique a été extraite. L'enveloppe externe de l'enregistreur présentait des traces de chocs et de déformations, ainsi que des salissures. L'enveloppe externe était néanmoins démontable sans découpes. Après extraction, la bande a été transférée sur une bobine vierge standard.

##### **Lecture de la bande**

La bande magnétique du CVR Fairchild A-100 comporte quatre pistes qui correspondent aux quatre voies enregistrées pendant 30 minutes. La lecture de la bande a été effectuée sur un lecteur REVOX adapté, après réglage de la vitesse de défilement grâce au signal 400Hz de la génération électrique de bord de l'aéronef présent sur une des pistes de l'enregistrement. Cette vitesse de défilement a été ensuite affinée par comparaison des délais entre les communications radio avec celles de la transcription ATC, ainsi que celles enregistrées sur le FDR. Les paramètres retrouvés se terminent à 14h18min05s UTC.

##### **Exploitation de l'enregistrement (Annexe 3)**

L'exploitation de l'enregistrement a débuté le 14 mai 2002.

Une transcription complète a été effectuée avec un temps UTC extrait de la transcription des communications ATC. Cette transcription a été réalisée en langue arabe, puis traduite en langue anglaise par les membres de la délégation égyptienne.

### **1.11.2.2- Enregistreur de vol**

En présence des représentants des autorités tunisiennes, égyptiennes et américaines, l'extraction et la lecture de la bande du FDR ont été effectuées le 14 mai 2002 au sein du département technique du Bureau Enquêtes-Accidents français à Paris.

#### **Extraction de la bande**

L'enregistreur de paramètres étant légèrement endommagé sur une de ses faces, l'enveloppe externe de l'enregistreur a été découpée à l'aide de cisailles, afin d'accéder au boîtier protégé. A l'intérieur du boîtier protégé, la bande magnétique était en place et en parfait état. La bande magnétique a été extraite à l'aide d'un adaptateur pour bobine 4100.

#### **Lecture de la bande**

La bande magnétique du FDR a été placée sur un lecteur REVOX équipé de têtes de lecture 4100.

Les 8 pistes de la bande ont été lues simultanément par le système d'acquisition développé au BEA. Une fois la lecture de la bande terminée, la piste courante a été déterminée automatiquement par le logiciel de décodage: il s'agit de la piste n°6.

Les 8 pistes ont été décodées en 8 fichiers binaires de données brutes avec un taux de synchronisation proche de 100%. Les paramètres retrouvés se terminent à 14h18min01s UTC.

En date du 8 octobre 2002, le Bureau des Enquêtes-Accidents français a réussi à trouver d'autres paramètres pour une durée de 0,25 secondes.

#### **Extraction des paramètres**

Le décodage des fichiers binaires (données brutes) en paramètres avion exprimés en grandeur physique a été réalisé en appliquant la grille de décodage 737-2 issue du document Boeing ayant la référence « Document N°D226A101-1 rev. D - "Digital Flight Data Acquisition Unit 737-300/400/500 Databases interface control and requirements" ».

La grande majorité des paramètres est valide, mais certains (extension complète des becs 1 et 2, poignée de frein aérodynamique), douteux, nécessitent une plus ample validation. Un des huit mots d'enregistrement de l'accélération verticale (mot 26) ne contient pas de données valides.

Le temps UTC enregistré sur le FDR diffère du temps UTC de la transcription ATC d'une quarantaine de secondes. Le temps UTC de l'ATC a été choisi comme référence pour les courbes du FDR.

### **1.11.2.3- Enregistreur de maintenance**

Afin d'essayer de récupérer les paramètres relatifs aux derniers instants du vol, il a été décidé de dépouiller les données du DAR puisqu'il contient une copie des données du FDR. La lecture de la cassette du DAR a été effectuée, le 09 octobre 2002, au sein du « Centre de lecture des enregistreurs d'Airbus » à Toulouse en France, en présence des représentants des autorités tunisiennes, égyptiennes et de deux enquêteurs du Bureau Enquêtes - Accidents français.

La cassette du DAR a une capacité d'enregistrement de 25 heures sur 12 pistes d'enregistrement.

Après lecture de toutes les pistes, l'une après l'autre, il s'est avéré que la cassette ne contenait aucune donnée.

### **1.11.3- Exploitation des paramètres FDR (Annexe 4)**

Les paramètres extraits de la bande ne couvrent pas les quelques instants précédant l'impact de l'avion avec le sol. Il est à rappeler que la dernière trame de données enregistrées s'est arrêtée à une hauteur radiosonde de 29 ft.

L'estimation de la taille des données perdues et potentiellement récupérables correspond à une durée comprise entre 1s et 3s.

Il est à noter, d'autre part, que la base de temps référence est corrigée en fonction du temps ATC.

#### **Planche générale des paramètres :**

- La sortie des trains s'est effectuée à 14H16min06s, ce qui correspond à une altitude pression de 2392 ft,
- Les capteurs liés aux trois trains d'atterrissage sont restés à une position air jusqu'à la fin de l'enregistrement,
- Le paramètre cap magnétique était resté aligné sur une valeur comprise entre 111° et 114°, ce qui correspond bien à l'alignement de la piste,
- Les valeurs des paramètres accélérations selon les trois axes : longitudinal, latéral et vertical ne sont pas jugées excessives.

Toutefois, sur les 30 dernières secondes, il a été noté une légère croissance des valeurs des paramètres suivants :

- Entre + 0,04g et -0,06g pour l'accélération longitudinale ;
- Entre 0,82g et 1,2g pour l'accélération verticale ;
- Phase accélérée sur le plan longitudinal de 0 à 0,09g.

Par ailleurs, le paramètre tangage (pitch angle) qui donne l'assiette de l'avion montre que sur les 30 dernières secondes, l'avion avait une assiette autour de 2°. Il est à signaler qu'à 14h15min51s, soit un peu plus que deux minutes avant

l'accident, une variation importante de l'assiette a été enregistrée passant de  $+6,5^\circ$  à  $-1,5^\circ$ .

Le paramètre roulis (roll angle) de l'avion a évolué d'une manière assez plate en finale et montre peu de variations, entre  $-4^\circ$  et  $+4^\circ$ .

Le paramètre vitesse sol (Ground speed) a connu un premier palier à 160 kt, puis un second à 150 kt, ensuite une tendance à la décroissance à partir de 14h16min02s. Il est à noter, à ce sujet, l'aspect en cloche de l'évolution de ce paramètre au cours de la dernière minute du vol qui décroît jusqu'à 92 kt, 30 secondes avant l'impact, puis croît de nouveau pour atteindre 113 kt.

Le paramètre vitesse air calculée (computed air speed) a eu une évolution plus stable passant d'un palier de 180 kt vers un palier autour de 140 kt.

### **Planche des paramètres longitudinaux**

Le paramètre « Control column position » donne l'angle de la colonne du manche dans le sens piqué-cabré. Durant la dernière minute, ce paramètre a varié entre  $-0,5^\circ$  à  $+0,75^\circ$ . Il n'a pas été constaté de valeurs traduisant des actions brutales d'évitement.

Les paramètres « elevator position left » et « elevator position right » traduisent l'évolution des angles des gouvernes de profondeur. Les positions de ces gouvernes sont contrôlées par la colonne de direction. C'est pour cette raison que la courbe est une symétrie miroir par rapport à celle de l'angle de la colonne de direction.

Les valeurs du paramètre « pitch trim position » sont restées dans la plage positive des valeurs, elles ont varié entre  $5^\circ$  et  $6^\circ$  au cours des deux dernières minutes.

Le paramètre position des volets gauche et droit montre une extension :

- De  $0^\circ$  à  $5^\circ$  à 14h13min14s,
- De  $5^\circ$  à  $15^\circ$  à 14h16min02s,
- De  $15^\circ$  à  $30^\circ$  à 14h16min10s.

Le paramètre angle d'attaque (angle of attack) montre une perturbation importante à la fin de l'enregistrement: variant entre  $-0,3^\circ$  et  $+9,2^\circ$  durant les 45 dernières secondes.

L'évolution du paramètre altitude pression montre deux paliers: un palier autour de 3300 ft et un deuxième palier proche de 2400 ft. La pente finale de l'évolution de l'altitude à partir du dernier palier a débuté autour de 14h16min34s, ce qui correspond à un DME de 6,8 NM.

### **Planche paramètres moteurs**

- Le paramètre « fuel flow left » et « fuel flow right » donne en Kg/h le flux carburant instantané vers les deux réacteurs. La croissance des valeurs de ces



paramètres dans la dernière minute du vol traduit une montée des régimes moteurs ;

- Les paramètres N2 left et N2 right traduisent le régime de compression des étages haute pression des réacteurs. Au cours de la dernière minute du vol, ces paramètres ont varié entre 80% et 90% ;
- Les paramètres N1 left et N1 right traduisent le régime de compression des étages basse pression. Au cours des deux dernières minutes, les valeurs des N1 sont passées d'un régime autour de 65% vers un régime de 31%, pour remonter de nouveau vers une valeur de 65%, puis rechuter vers 37%. Ensuite, il y a eu un régime croissant de 37% vers 73% durant la dernière minute du vol ;
- Les paramètres « THR » level angle left et « THR » level angle right donnent l'angle que font les manettes des gaz. La courbe liée à ce paramètre est corrélée avec celle des régimes moteurs avec une imperceptible avance. L'angle de la position des manettes avait une valeur croissante durant la dernière minute pour finir à une valeur de 28°.

### **Planche paramètres latéraux**

- Les paramètres « Aileron position left » et « Aileron position right » donnent l'angle de braquage des ailerons gauche et droit. Les mouvements des ailerons s'effectuent en opposition de phase et produisent des courbes diamétralement opposées. Il n'y a pas d'anomalies particulières constatées dans le mouvement des ailerons.
- Le paramètre « Control Wheel position » donne en degré la rotation du manche de direction contrôlant le roulis de l'avion à l'origine, entre autre, des mouvements des ailerons. Durant les 30 dernières secondes, des fluctuations ayant une amplitude plus importante et comprise entre  $-30^{\circ}$  et  $+30^{\circ}$  ont été constatées. La tendance vers la fin de l'enregistrement de vol est un braquage dans le sens de rotation à droite.
- Le paramètre « Rudder position » traduit en degrés la position de la gouverne de direction. Peu de fluctuations ont été, en général, constatées avec une augmentation de leurs amplitudes dans les 30 dernières secondes variant entre  $-5,5^{\circ}$  et  $+1^{\circ}$ .
- Le paramètre « Drift angle » permet de situer le sens du vent qui est resté dans la plage négative des valeurs.
- Le paramètre « wind speed » donne la vitesse du vent. Il est à noter que sa vitesse, durant les dernières minutes, était assez constante autour de 44 kt. A la dernière minute, le vent a subi une évolution en cloche passant de 41 à 53 kt, puis chutant à une valeur de 37 kt.
- Le paramètre « Wind Direction True » donne l'évolution de la direction du vent. Durant les cinq dernières minutes, la direction du vent a varié de  $155^{\circ}$  vers  $114^{\circ}$  à la fin de l'enregistrement.

### **Planche modes de commande et paramètres sélectionnés**

Durant les cinq dernières minutes, les modes de commande et les paramètres sélectionnés ont été comme suit :

- Le « Flight director » du commandant de bord et celui du copilote étaient en position ON ;
- L'auto-manette (autothrottle) était engagée
- Le pilote automatique A était engagé
- Le pilote automatique était en mode CMD.
- Le pilote automatique était en mode « Heading select » jusqu'à 14h14min38s ;
- La vitesse sélectionnée était de 180 kt jusqu'à 14h16min02s, ensuite elle est passée à 140 kt ;
- L'altitude sélectionnée était de 3300 ft pour passer à 600 ft autour de 14h15min32s, en passant par une valeur intermédiaire caractérisée par une transition rapide invisible pour la fréquence d'enregistrement de ce paramètre. La valeur intermédiaire était approximativement de 2100 ft ;
- Le VOR MODE CAPT était sélectionné ;
- Le VOR MODE F/O n'était pas sélectionné.

### **Planche « Vz evaluation »**

Durant les 90 dernières secondes du vol, les paramètres de cette planche ont évolué comme suit :

- La vitesse sol a décré de 120 à 92 kt avant de finir à 113 kt, la variation de ce paramètre forme de ce fait un creux ;
- La distance DME a varié de 6,85 NM à 4,25 NM, la variation étant linéaire ;
- La vitesse verticale (Vz) calculée par dérivation est montrée par la courbe verte, ensuite ses fluctuations ont été lissées pour obtenir une moyenne qui correspond à la courbe de couleur mauve. La variation de ce paramètre l'a fait passer d'une valeur de + 3 ft/min à une valeur de -1100 ft/min en 15 s. La Vz est restée autour de cette valeur jusqu'à 20s de l'impact avant de décroître durant ce laps de temps jusqu'à une valeur de -850 ft/min ;
- L'évolution du paramètre hauteur radiosonde par rapport à celle de l'altitude pression montre une décroissance linéaire de l'altitude pression de 2450 ft à 1000 ft. En même temps, la radiosonde a subi une variation sensiblement de même pente jusqu'aux dernières trente secondes, à partir desquelles la valeur de la pente de la variation de la hauteur radiosonde a été plus rapide.

### **Planche de correspondance altitude-DME**

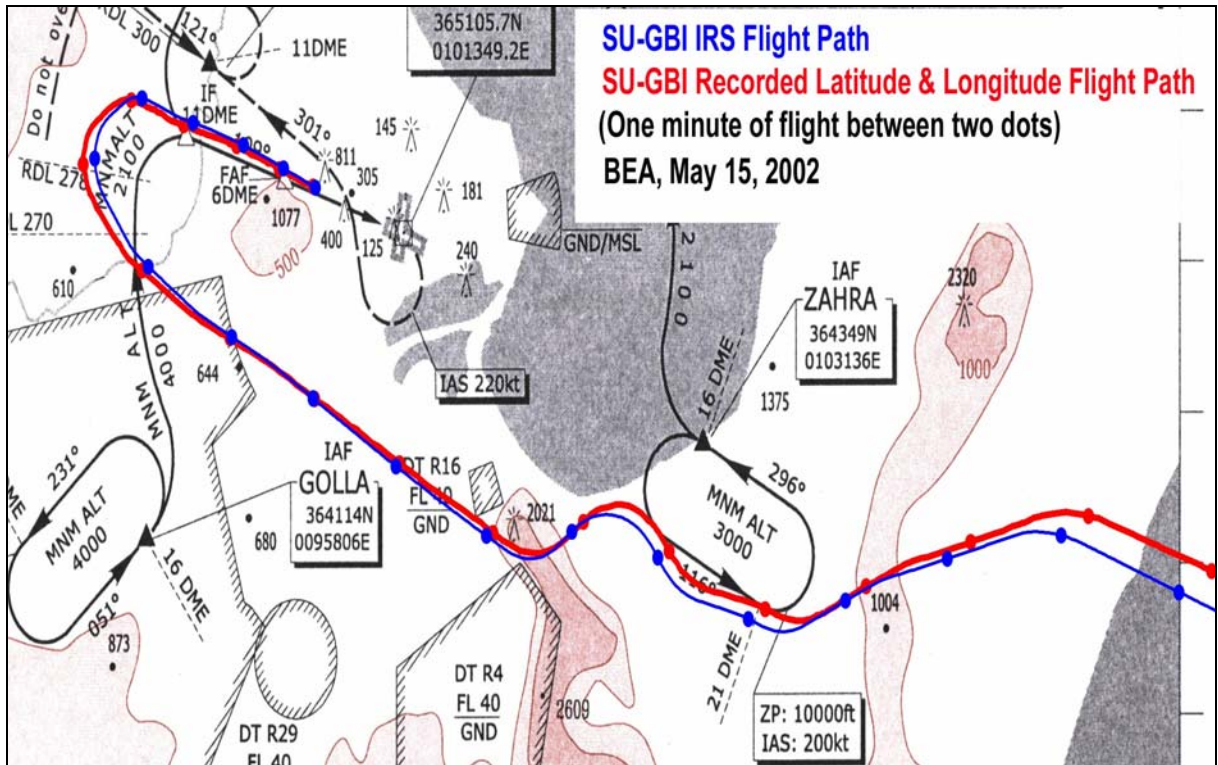
Cette planche montre la variation de l'altitude pression corrigée en fonction de la DME, c'est la courbe de couleur bleue. Elle montre un premier palier à 3000 ft, puis un deuxième autour de 2100ft.

La courbe en rouge représente la variation de l'altitude pression corrigée à laquelle est soustraite la hauteur radiosonde, ce qui donne une indication concernant le relief.

La courbe en noir représente la trajectoire théorique de l'approche VOR/DME.

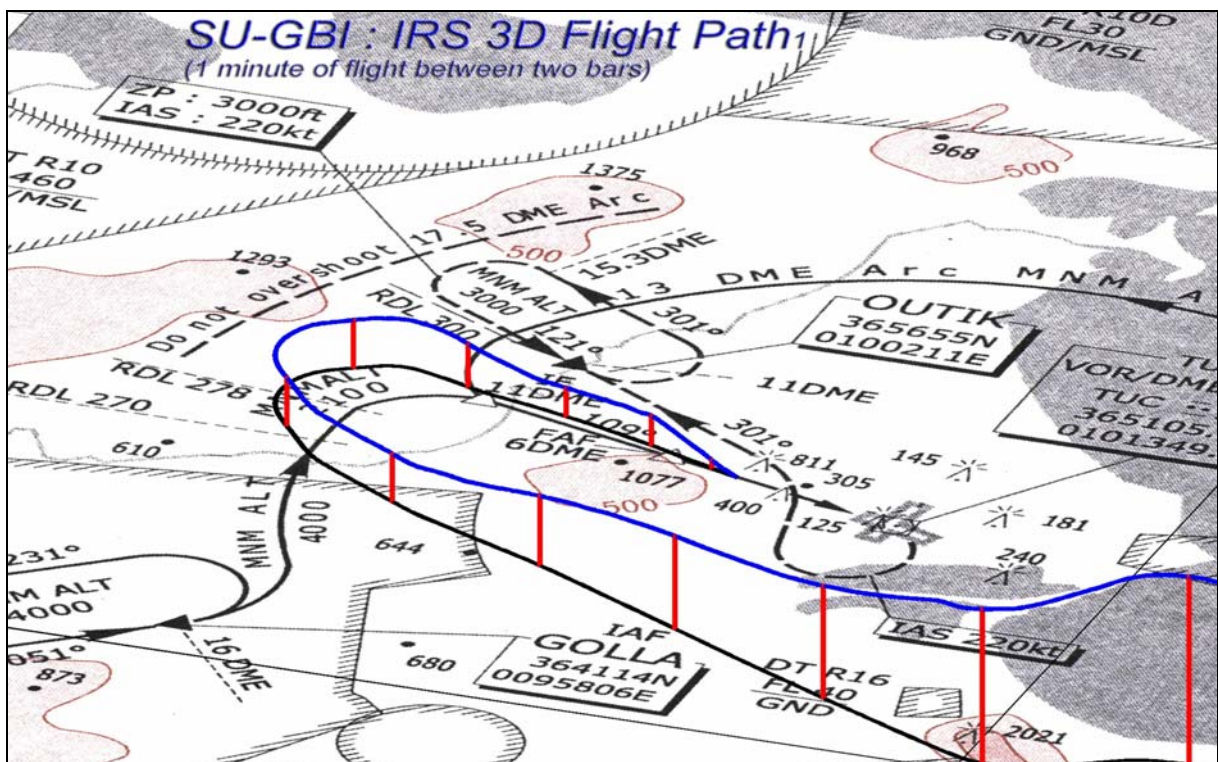
### Planche trajectoire 2 D

Cette planche montre en rouge la trajectoire tracée à partir des paramètres latitude et longitude et en bleu, la trajectoire calculée à partir de la vitesse et du cap.



### Planche trajectoire 3 D

Cette planche montre en bleu la trajectoire 3 D à partir des paramètres vitesse, cap et altitude et en rouge le tracé des barres support de la trajectoire. L'espacement entre deux barres est d'une minute.





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

### 1.12.1- Examen des traces (Annexe 5)

La première trace relevée sur la colline est au point (P2), par le train d'atterrissage droit (de P2.0 à P2.3), le train d'atterrissage gauche (de P2.1 à P2.5), le train avant (de P2.4 à P2.4a) et la nacelle du moteur droit (de P2.2 à P2.2a).



**Photo 8** : Vue des premières traces sur la colline (P2)

Aucune trace au sol n'a été relevée entre le point d'impact initial et la clôture. L'avion a heurté ensuite la clôture (un grillage et 4 piquets en béton) qui se trouve à 140 mètres du point d'impact initial. Il s'est rabattu par la suite sur le flanc de la colline en rasant les arbres de sapins se trouvant sur sa trajectoire et s'est immobilisé enfin à environ 270 mètres des premières traces après avoir subi une rotation d'environ 150° à droite par rapport à l'axe de la piste 11.

## 1.12.2- Examen de l'épave (Annexe 6)

### 1.12.2.1- Le fuselage

La partie avant du poste de pilotage qui se trouve au-dessous des glaces frontales ainsi que le radôme sont arrachés. La partie inférieure du fuselage est écrasée depuis le nez de l'avion jusqu'à l'emplanture de l'aile (Station 663.75). Le fuselage est sectionné au niveau des stations 627.5 et 847. Il est écrasé entre ces deux stations et a subi des déformations vers la gauche de l'avion. La partie arrière du fuselage (station 847) et les empennages ont subi une torsion vers la droite. De ce fait, l'empennage repose à même le sol sur l'extrémité du stabilisateur horizontal droit. Le sommet de la gouverne de direction se trouve dans la position 4 heures (étant à l'arrière de l'appareil en regardant vers le nez de l'avion).

### 1.12.2.2- Les empennages

L'extrémité du stabilisateur horizontal droit est cassée à partir de la station 129.5 vers l'extérieur. Le stabilisateur horizontal gauche n'a pas subi de dommages importants. Le bord d'attaque du stabilisateur vertical est endommagé. La gouverne de direction est cassée au niveau de la station 86.59.

### 1.12.2.3- Les ailes

Les ailes de l'avion sont restées attachées au fuselage. Les dégâts sont importants au niveau des bords et des volets. Les quatre volets de bord de fuite ont été détachés des ailes. L'aileron droit est endommagé le long de son longeron avant tandis que l'aileron gauche est resté intact. La majorité des spoilers sont cassés et endommagés tout en restant attachés à la structure des ailes.

### 1.12.2.4- Le poste de pilotage

Le nez du fuselage a été arraché jusqu'à la station 227. 8. Le poste de pilotage a été complètement détruit. Les sièges des pilotes et les manches de commande de vol sont arrachés. Les panneaux et instruments latéraux et frontaux sont arrachés et endommagés. Les deux altimètres ont été retrouvés à une vingtaine de mètres de l'épave :



Altimètre 1



Altimètre 2

Les sièges de l'équipage de conduite ont été retrouvés selon la configuration suivante:

- à une distance de 70 mètres environ du cockpit pour le commandant de bord,
- à une distance de 6 mètres environ du cockpit pour le copilote.

#### **1.12.2.5- La cabine**

La cabine a été sectionnée au niveau de la 10<sup>ème</sup> rangée (deux triplets par rangée - sièges passagers numérotés 27 A B C - H J K) située approximativement au milieu de la cabine et derrière les issues de secours. Les rangées des sièges numérotés 27, 28, 29, 34 et 35 ont été éjectées à l'extérieur ainsi que les rangées des sièges situées à droite numérotées de 30 à 33. Les sièges situés à gauche et numérotés de 30 A/B/C à 33 A/B/C dans la partie arrière de la cabine sont restés attachés aux rails de fixation.

La plupart des racks à bagages et des PSU (Passenger Service Unit) situés dans la partie avant de la cabine ont été détachés et endommagés.

Le plafonnier a été détaché. Le plancher a été endommagé au niveau de la partie avant de la cabine et complètement sectionné après la 10<sup>ème</sup> rangée. Les cloisons séparant le poste de pilotage du galley avant ont été défoncées.

Les galleys avant et arrière ont été endommagés et déplacés de leurs positions initiales.

#### **1.12.2.6- Les moteurs**

Les deux moteurs et leurs mâts d'attaches ont été arrachés séparément de leurs points de fixation.

##### **a- Moteur N°1**

Le moteur gauche a été trouvé en bas de la colline à environ 50 mètres de l'épave, tourné sur sa partie droite face à l'aéroport. Les attaches avant du moteur et les deux bielles de poussée sont restées sur le moteur. Le cône est intact et la couronne d'entrée d'air est séparée du moteur. La plupart des ailettes de la soufflante sont propres et ne présentent pas de traces d'absorption de corps étrangers.

Sur un total de 38 ailettes, 35 sont pliées dans le sens inverse de rotation du moteur et 3 sont cassées au-dessus de leurs nageoires. La partie inférieure de la boîte accessoire (AGB - Accessory Gearbox) est restée attachée au moteur, équipée de la pompe hydraulique et du module de graissage. L'examen des trois bouchons magnétiques n'a pas révélé la présence de dépôt métallique. La partie supérieure de l'AGB s'est détachée du moteur et trouvée à quelques mètres de celui-ci avec le CSD (Constant Speed Drive), le générateur et le démarreur.

Le MEC (Main Engine Control) et la pompe haute pression carburant ont été trouvés entre le moteur n°1 et l'épave. Le carter du compresseur haute pression est

en bon état. La turbine basse pression et son carter ne présentent pas de dommages à l'exception de quelques impacts visibles au niveau de la position sept heures.

b- Moteur N°2

Le moteur droit a été trouvé à même le sol et tourné face à l'aile droite à côté du fuselage. Les attaches avant sont détachées du moteur mais elles sont restées fixées au pylône.

L'entrée d'air est détachée du corps du moteur. Le cône et les ailettes sont couverts de boue. 19 ailettes sont cassées au-dessus de leur emplanture et 5 ailettes sont cassées au-dessus des nageoires. Les 14 ailettes restantes sont fortement tordues dans le sens inverse de rotation du moteur. Le carter de la soufflante est aplati à la position 6 heures. L'AGB est détaché du moteur et sa partie inférieure a été trouvée au sommet de la colline avec seulement le filtre à huile.

Le CSD avec le générateur, le démarreur ainsi que la pompe hydraulique ont été trouvés entre la clôture et l'épave. La partie supérieure de l'AGB avec la pompe haute pression et le MEC sont localisés à l'arrière de l'aile droite. Le carter du compresseur haute pression semble intact. La turbine basse pression est presque intacte. La partie arrière de la turbine paraît en bon état.

### **1.13- Renseignements médicaux et pathologiques**

Ces renseignements n'ont pas été communiqués aux enquêteurs.

### **1.14- Incendie**

Aucune trace d'incendie n'a été relevée sur l'épave ou sur le site de l'accident.

### **1.15- Questions relatives à la survie des occupants**

Les témoignages recueillis ont permis de relever ce qui suit :

- un grand nombre de passagers a quitté l'avion à pieds ou avec l'aide des personnes qui ont accouru vers le lieu de l'accident ;
- les brigades de la protection civile étaient les premiers services de secours à arriver sur le lieu de l'accident. Ils ont commencé par secourir les passagers qui étaient à l'intérieur de la cabine ;
- du personnel et des moyens médicaux ont été dépêchés d'urgence vers le lieu de l'accident et ont pris part aux opérations de sauvetage ;
- les blessés ont été dirigés vers les hôpitaux. Leur répartition a été effectuée en tenant compte de la gravité et de la nature des blessures ainsi que de la spécialité des hôpitaux.

La majorité des passagers survivants ont évacué l'avion par la partie sectionnée de la cabine. L'évacuation des passagers assis à l'arrière de la cabine était plus difficile.

Des personnes qui étaient aux alentours sont intervenues les premiers pour secourir les passagers avant l'arrivée des brigades de la protection civile et des ambulances.

### **1.16- Gestion de la crise**

Suite au déclenchement de l'alerte de détresse vers 14h22min, les parties concernées suivantes ont été alertées conformément aux dispositions du plan d'urgence de l'aéroport :

- Service de sécurité incendie et sauvetage,
- Protection Civile,
- Service médical de l'aéroport Tunis-Carthage,
- Gouverneur de l'Ariana dont relève le lieu de l'accident,
- Services d'urgence du Ministère de la Santé Publique,
- Forces de Sécurité Intérieure.

Les moyens suivants ont été dépêchés sur le lieu de l'accident :

- La Protection civile était le premier service de secours arrivé sur le lieu de l'accident avec deux véhicules de type tout terrain, un véhicule de sauvetage, trois ambulances et trois brigades de pompiers. Compte tenu du fait de



- l'absence de toute trace d'incendie sur l'épave ou sur le site de l'accident, les agents de la Protection Civile ont procédé immédiatement au sauvetage des passagers,
- Les forces de Police et de la Garde Nationale qui ont mis en place un cordon de sécurité autour du lieu de l'accident pour protéger l'épave et les objets éparpillés tout autour,
  - Le Service médical de l'aéroport : deux ambulances, un poste médical avancé équipé pour ce genre d'accident et une équipe médicale,
  - Le Service d'Ambulance Médicale d'Urgence de Tunis : sept ambulances de catégorie 1 et des équipes de sauvetage ont contribué à secourir les passagers,
  - Deux hélicoptères de l'Armée de l'Air.

Certains passagers, sortis indemnes de l'épave, ont été éloignés du lieu de l'accident par des témoins avant l'arrivée des sauveteurs. La forte odeur de kérosène faisait craindre le déclenchement d'un incendie.

Un comité de gestion de crise regroupant les premiers responsables des différents ministères et organismes concernés a coordonné les opérations de secours sur le lieu de l'accident. Ce comité était secondé par des comités de crise au sein de chaque ministère.

Le comité de crise créé au sein du Ministère de la Santé Publique a pris les mesures immédiates suivantes :

- Mise en alerte de tous les hôpitaux de la région de Tunis,
- Réquisition de l'hôpital de l'Ariana (hôpital le plus proche du lieu de l'accident) pour servir de centre de tri et de premiers soins pour les blessés avant leur transfert aux autres hôpitaux ou services spécialisés principalement en traumatologie.
- Réquisition de deux autres ambulances de catégorie 1 et de 11 ambulances de catégorie 2.

De même, le comité de crise créé à l'aéroport pour la gestion de la situation a pris les actions suivantes:

- Réservation de deux lignes téléphoniques à la disposition des familles des passagers et de la cellule de crise,
- Prise en charge des demandes d'informations en relation avec l'accident,
- Mobilisation d'une équipe médicale composée de psychiatres, de médecins et d'infirmiers pour l'assistance et la prise en charge des familles des passagers.

Le bilan de l'accident se présente comme suit :

- 14 morts sur place,
- 34 blessés ont été transportés vers les hôpitaux,
- 14 indemnes ont été transportés vers les hôpitaux par mesure de précautions.

D'après les témoignages recueillis auprès des médecins et des sauveteurs, les opérations de secours étaient difficiles en raison des averses de pluie réduisant la visibilité sur le lieu de l'accident, du sol boueux et glissant et du vent fort qui changeait souvent de direction et de vitesse.

Ils ont également signalé des difficultés pour atteindre le sommet de la colline, dues notamment à la topographie du lieu.

## **1.17- Essais et recherches**

### **1.17.1- Expertise et dépouillement du contenu du FDAU**

L'enregistrement des paramètres de vol s'est arrêté juste avant l'impact, la dernière valeur de la hauteur radiosonde enregistrée était de 29 ft.

En conséquence, il a été décidé d'expertiser le Flight Data Acquisition Unit (FDAU) afin d'essayer, d'une part de récupérer quelques fragments correspondants aux derniers instants du vol, d'autre part de récupérer des rapports produits durant le vol pour voir si des anomalies n'ont pas été signalées sur ce vol.

Le FDAU a été envoyé au constructeur Teledyne et expertisé les 7 et 8 mai 2003 à Los Angeles en présence de représentants des autorités tunisienne, égyptienne et américaine.

Après mise sous tension du FDAU, des rapports stockés en mémoire ont été transférés vers une disquette vierge placée dans le lecteur.

Six rapports produits au cours du dernier vol de l'avion accidenté ont été imprimés. Ces rapports qui portent respectivement les numéros 5536, 5537, 5538, 5539, 5540 et 5541 sont les suivants :

1. Rapport de démarrage du moteur 1 ( ENG 1 START REPORT ) ;
2. Rapport de démarrage du moteur 2 ( ENG 2 START REPORT ) ;
3. Rapport de décollage ( TAKE OFF REPORT ) ;
4. Rapport de la phase croisière ( STABLE CRUISE REPORT ) ;
5. Rapport de turbulence ( TURBULENCE REPORT ) ;
6. Rapport de résumé de vol ( FLIGHT SUMMARY REPORT ).

Les rapports 1,2,3,4 et 6 font partie de la catégorie des rapports d'exploitation qui sont produits au cours du vol pour servir à contrôler le fonctionnement de l'avion. Par contre, le rapport 5 est produit à la suite de l'occurrence d'événements exceptionnels.

Les valeurs des paramètres mentionnés sont conformes aux données enregistrées dans le FDR.

Le rapport 5 (Turbulence report) montre que l'avion accidenté a rencontré des turbulences à 14h08min, à partir d'une altitude de 8608 ft et a subi des accélérations verticales qui ont varié entre 0,946 et 1,633 au cours de cette phase.

### **Contenu de la disquette originale**

La disquette originale contenait 7 rapports relatifs à des vols anciens et portants les numéros 5531, 5532, 5533, 5534 et 5535 ainsi que deux rapports de tendance qui ne portent pas de numéro.

Il n'y a rien à signaler dans le contenu de ces rapports.

### **Récupération des derniers instants du vol**

Il n'était pas possible de récupérer les derniers instants du vol car ces données, adressées au FDR, sont placées au niveau du calculateur N°1 dans des registres mémoires volatiles, c'est à dire qui perdent leur contenu en absence d'alimentation électrique.

Ce n'est pas le cas des données relatives aux rapports qui sont élaborées et gardées dans les mémoires non volatiles des cartes électroniques du calculateur N°2 et de la mémoire étendue.

#### **1.17.2- Simulation du dispositif d'alerte de proximité de terrain amélioré (EGPWS)**

Depuis 1997, un nouveau dispositif d'alerte de proximité de terrain a été développé en tant qu'amélioration du GPWS. Il s'agit de l'Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS).

Ce dispositif présente, par rapport à l'ancienne génération du GPWS, de meilleures dispositions pour alerter l'équipage avec suffisamment de délais lui offrant ainsi des temps de réaction appropriés.

Le dispositif EGPWS n'est ni installé ni réglementairement exigé à bord de l'avion accidenté d'Egyptair.

A la demande de la commission d'enquête, une simulation avec les données de vol de l'avion accidenté a été réalisée par le constructeur Honeywell afin de déterminer les effets et les alarmes éventuelles qui auraient été reçues par l'équipage du vol MSR843 d'Egyptair, si le dispositif EGPWS était installé.

La simulation a révélé que l'équipage aurait reçu une alerte orale « Caution terrain » et une représentation en jaune du terrain sur l'écran 32 secondes avant l'impact. Trois secondes plus tard, l'EGPWS aurait fourni une alarme « Terrain Terrain » et « Pull Up » ainsi qu'une représentation en rouge du terrain sur l'écran.

Ces alarmes se seraient poursuivies jusqu'à la réalisation complète d'une manœuvre d'évitement ou jusqu'à l'impact. (voir complément et illustration dans le paragraphe 2.11.3)

### **1.17.3- Dispositif de représentation de la situation verticale (VSD)**

Le dispositif de représentation de la situation verticale connu sous le nom de VSD (Vertical Situation Display), a été développé récemment afin d'améliorer la conception de la représentation verticale chez les équipages. Ce dispositif, disponible depuis début 2003 comme option sur les avions B737 en production et disponible en rétrofit pour les B737-600, 700, 800 et 900 déjà en service. Pour les avions d'ancienne génération B737-200, 300, 400 et 500, Boeing compte l'offrir, mais à la date de publication de ce rapport, aucune confirmation de la date de disponibilité n'a été communiquée.

Ce nouveau concept, option de l'EGPWS, consiste à offrir sur le même écran une représentation intuitive de la situation verticale relativement aux terrains environnants et à la trajectoire de descente finale.

Le VSD rajoute une vue de profil du terrain et de la trajectoire de vol. Cette représentation vient s'ajouter à la vue latérale du terrain déjà disponible avec l'EGPWS.

Le VSD permet à l'équipage d'avoir une conscience de la situation verticale des terrains environnants par rapport à la position de l'avion ainsi que par rapport à la trajectoire de vol. Le VSD n'est ni installé ni réglementairement exigé à bord de l'avion accidenté d'Egyptair.

A la demande de la commission d'enquête, une simulation avec les données de l'accident a été réalisée par le constructeur Honeywell pour montrer les visualisations qui auraient été disponibles pour les équipages avec ce dispositif.

Cette simulation a permis de démontrer que l'équipage aurait eu, sur son écran, une représentation de la colline d'Ennahli à 32 secondes de l'impact avec une coloration en jaune du terrain, suivie à 29 secondes de l'impact d'une coloration rouge, associées aux alarmes respectives « *Caution terrain* » et « *Terrain Terrain Pull Up* ». (voir paragraphe 2.11.4).

## **1.18- Renseignements supplémentaires**

### **1.18.1- Témoignages**

#### **1.18.1.1- Informations fournies par les contrôleurs ATC**

Le contrôleur radar d'approche a indiqué que le vol MSR843 a été traité normalement jusqu'à la trajectoire d'approche finale de la piste 11, en vue d'effectuer une approche aux instruments VOR/DME. MSR843 a été autorisé à effectuer son approche au moment où il a reçu le cap 070 pour intercepter la trajectoire finale.

Une fois établi sur la radiale de rapprochement, MSR843 a informé le contrôleur qu'il quitte 3000 ft en descente pour 2100 ft. A ce moment, le contrôleur lui a communiqué sa position 12 NM du point de toucher de la piste, après quoi il lui a communiqué le vent 130°/30 Kt, l'a autorisé à l'atterrissage (clear to land) et l'a transféré sur la fréquence du contrôle d'aérodrome.

L'avion MSR843 a disparu de l'écran radar 3 minutes environ après son transfert au contrôle d'aérodrome.

Le contrôleur radar d'approche a précisé :

- qu'il n'a reçu aucun message du MSR843 signalant une difficulté à bord.
- qu'il n'a pas reçu d'information sur un cisaillement de vent de la part de l'avion précédent.

Le contrôleur d'aérodrome a précisé que dès le premier contact avec MSR843, il lui a confirmé l'autorisation d'atterrissage et lui a communiqué le vent instantané 120°/30 kt.

Il a affirmé avoir vu les phares d'atterrissage de l'avion allumés, puis les a perdus plus tard. La visibilité était variable. La phase de détresse a été déclenchée après confirmation de la disparition de l'écho radar par le contrôleur radar d'approche.

#### **1.18.1.2- Informations fournies par deux personnels navigants de cabine**

Le chef de cabine a déclaré qu'au départ du Caire, au briefing, le commandant de bord a annoncé du mauvais temps prévu à l'arrivée à Tunis.

Durant la descente et l'approche, il n'y avait pas eu de briefing spécial de la part du commandant de bord concernant des pannes ou des turbulences sévères. L'annonce "attachez vos ceintures et défense de fumer" effectuée par l'équipage ne correspondait pas à des turbulences sévères.

Il a senti les trains sortir normalement et a vu l'étiquette « défense de fumer » s'allumer.

A l'approche, il a annoncé en insistant auprès des passagers d'attacher bien leurs ceintures, de s'asseoir convenablement et de respirer profondément. Cette annonce est une habitude chez lui en cas de turbulence.

Il n'a pas senti de procédure de remise de gaz de la part de l'équipage de conduite.

L'hôtesse qui était assise à l'arrière de l'avion, a indiqué que le vol se déroulait normalement avant l'impact à part les turbulences qu'elle considérait comme modérées. Bien avant la descente, il y avait des turbulences modérées qui avaient duré environ 30 minutes.

La sortie des trains était normale. Peu avant l'impact, il y a eu l'annonce du chef de cabine d'attacher les ceintures, de s'asseoir convenablement et de prendre le souffle.

Quelques instants après l'annonce, elle a senti l'impact.

### **1.18.1.3- Informations fournies par certains passagers**

Les témoignages de certains passagers ont été globalement concordants.

Les passagers rencontrés par les enquêteurs ont tous déclaré que le vol se déroulait normalement avant l'accident à part les légères turbulences qui régnaient à l'arrivée. Durant l'approche, la visibilité était nulle à l'extérieur jusqu'à l'impact.

Aucune annonce particulière concernant un problème quelconque à bord n'a été faite et aucun bruit anormal de moteur ou autre n'a été entendu. Ils confirment tous l'annonce faite par le chef de cabine juste avant l'impact.

Après l'accident et à la sortie de l'avion, il y avait une légère pluie. Les passagers survivants ont quitté l'avion, l'évacuation des passagers assis à l'arrière de la cabine était plus difficile que l'évacuation de ceux assis à l'avant.

Quelques civils qui étaient aux alentours sont intervenus les premiers pour secourir les passagers avant l'arrivée des brigades de la protection civile et des ambulances.

### **1.18.1.4- Informations fournies par deux commandants de bord de Tunisair**

#### **Le commandant de bord du vol de Tunisair TAR639**

Le vol TAR639 (Airbus 320) a atterri à l'aéroport Tunis-Carthage juste avant l'accident. Il a été le numéro un pour l'atterrissage sur la piste 11 suivi par le vol d'Egyptair MSR843, numéro deux.

Le commandant de bord du vol TAR639 a déclaré avoir rencontré une turbulence modérée qui s'est affaiblie en dessous de 1800 ft. Il y avait de la pluie et il n'a pas rencontré de cisaillement de vent.

Il n'y avait pas de noyaux orageux sur la finale de la piste 11, par contre, il y avait des cellules orageuses au nord-est du terrain.

En finale, la puissance affichée était stable et il n'y a pas eu de mouvements d'affaissement de l'avion.

Il a effectué l'approche en mode automatique VNAV avec une vitesse verticale entre 600 et 650 ft/min, une vitesse indiquée de 140 kt et une vitesse sol de 110 kt.

A la sortie des nuages, il était exactement sur le PAPI et avait vu le sol entre 1000 et 900 ft. Il a gardé le contact visuel de la piste jusqu'au toucher.

## **Le commandant de bord du vol de Tunisair TAR745**

Le vol TAR745 (un Boeing 737-600) était le numéro trois pour l'atterrissage sur la piste 11 après celui d'Egyptair MSR843.

Le commandant de bord du vol TAR745 suivait le vol d'Egyptair qui évoluait plus bas, à une distance estimée à 4 NM. Il était en approche radar et il s'est établi en finale à 15 NM et à 3000 ft.

A environ 8 NM et à 2800 ft, le contrôleur d'aérodrome lui a demandé d'interrompre l'approche et de virer à gauche sur la balise TS, vu qu'il a perdu le contact avec le vol MSR843.

Il voyait sur son radar météorologique (antenne sur + 2°) une cellule orageuse qui se déplaçait du sud-ouest vers le nord-est.

Le vent indiqué était de 158°/40 kt à 3000 ft.

Toute l'approche a été effectuée en IMC.

La deuxième approche qu'il a effectuée 20 minutes après était en mode V/S avec une vitesse verticale de l'ordre de 500 ft/min avec un cross-check avec la VNAV.

Durant la deuxième approche, la turbulence était légère, le vent rapporté au sol était de 100°/35 kt et il n'y avait pas de cisaillement de vent.

A 900 ft, il est sorti des nuages et a gardé la piste en vue jusqu'à l'atterrissage en présence d'une pluie faible.

Après l'atterrissage en piste 11, il a remarqué que les sommets des collines de l'Ariana (région d'Ennahli) étaient couverts par les nuages.

A aucun moment, il n'a entendu un message d'urgence ou de détresse de la part du vol MSR843.

### **1.18.1.5- Autres témoignages**

Il ressort des autres témoignages des responsables des secours, des services médicaux et de l'aéroport qui se sont rendus sur les lieux que les conditions météorologiques après l'accident étaient caractérisées par un vent très fort, des averses de pluie et une visibilité réduite et parfois variable sur le lieu de l'accident.

Certains de ces témoins ont précisé que:

- le sol était glissant et boueux ;
- la piste était visible avec son balisage à partir du lieu de l'accident.



## 1.18.2- Procédures d’Egyptair

### 1.18.2.1- Procédure d’approche VOR

La compagnie Egyptair utilise la procédure VOR décrite dans le manuel des opérations du constructeur Boeing (B737 Operations Manual, D6-27370-566-EGP, SP.4.5, SP.4.6 et SP.4.7 du 1<sup>er</sup> décembre 2000), ci-après :

#### **VOR Approach**

Complete normal approach preparations.  
The pitch mode will be V/S.  
The roll mode may be VOR LOC or LNAV.

**Note:** Do not use the VOR/LOC AFDS mode when conducting VOR approaches if the VOR/DME station elevation is more than 5000 feet MSL.

**Note:** During VOR approaches, one pilot must have raw data from the VOR associated with the approach displayed in the HSI VOR/ILS mode no later than the final approach fix.

Prior to intercepting final approach course:  
VOR/ADF switch(es).....VOR  
Monitor VOR pointers on the RDMI display.

When on an intercept heading to the VOR course:  
VOR LOC or LNAV switch.....Push  
Verify VOR LOC or LNAV armed mode annunciates.  
A/P automatically captures the approach course.  
Verify VOR LOC engaged mode annunciates upon localizer capture when using VOR LOC.

Prior to descent to the minimum descent altitude:  
ALTITUDE selector.....Set  
Verify V/S armed mode annunciates  
Set intermediate altitude constraint or MDA if no intermediate altitude constraint exists.  
In descent, set each intermediate altitude constraint and MDA.  
If constraints or MDA are not in 100 foot increments, set the next higher 100 foot increment (Example: MDA 1720’, set 1800’).

At descent point:  
V/S thumbwheel.....Select desired vertical speed  
Select approximately 1,000 fpm descent.  
Verify V/S engaged mode annunciates.

At minimum descent altitude:  
Verify ALT HLD mode annunciates.  
Missed approach altitude.....Select

If an altitude above the MDA has been selected and descent to the MDA is required, use CWS or disengage the A/P and fly manually.  
A/P may be engaged and ALT HLD used to maintain MDA.

**Note:** if ALT HOLD is deselected from the MCP and airplane altitude is within 100 feet of MCP altitude, the autopilot flies to and captures the MCP altitude.

Circling to land:  
HDG SEL switch.....push  
Verify HDG SEL mode annunciates.

At the visual descent point:  
Fly manually to landing. F/D is still in ALT HLD mode, but is available for GA.

### 1.18.2.2- Répartition des tâches entre pilote en fonction et pilote non en fonction

Les procédures d’Egyptair concernant la répartition des taches entre PF et PNF sont décrites dans le FOM de la compagnie et font partie du Manuel des Procédures Générales Standards (GSOP : General Standard Operating procedures). Ces procédures sont publiées depuis septembre 2001 et mises à jour régulièrement.

Le paragraphe 2 du chapitre 8 du FOM de la compagnie Egyptair, décrit la répartition des tâches entre PF et PNF aussi bien au sol qu’en vol. Ce paragraphe distingue également la répartition des tâches en exploitation normale et en cas d’urgence.

En ce qui concerne le vol MSR843, l’extrait suivant du FOM daté du 7 mars 2003<sup>1</sup>, montre, la répartition des taches entre PF et PNF:

<b>AREA OF RESPONSABILITY and TASK SHARING – Table 1</b>		
<b>Pilots</b>		
<b>NORMAL PROCEDURES</b>		
	<b>Auto-Pilot Disengaged</b>	<b>Auto-Pilot Engaged</b>
<b>PF</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manual Flight path control</li> <li>2. Aircraft configuration Order</li> <li>3. Navigation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flight path control</li> <li>2. Manipulation of FCU/MCP Air-speed, Altitude and Heading Selection</li> <li>3. Aircraft configuration Orders</li> <li>4. Navigation</li> </ol>
<b>PNF</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manipulation of FCU MCP Airspeed, Altitude and Heading on PF request</li> <li>2. Checklist reading Paper Electronic/ECAM</li> <li>3. Execution of required actions on PF request</li> <li>4. Actions on overhead panel</li> <li>5. Communication</li> <li>6. Monitor and cross check flight path at all times</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal Checklist reading Paper/Electronic/ECAM</li> <li>2. Execution of required actions on PF request</li> <li>3. Actions on overhead panel</li> <li>4. Communication</li> <li>5. Monitor and cross check flight path at all time</li> <li>6. Any FMC changes below 10.000 ft</li> </ol>

<sup>1</sup> D’après Egyptair, cette procédure était en vigueur depuis septembre 2001.

### 1.18.2.3- Annonces standards

Les annonces standards sont décrites dans le FOM de la compagnie et font partie du GSOP, qui est publié depuis septembre 2001.

Le paragraphe 4 du chapitre 8 du FOM de la compagnie Egyptair, décrit les généralités sur les annonces standards entre PF et PNF dont voici un extrait relatif à l'exécution de l'approche, daté du 7 mars 2003<sup>1</sup>:

<b>Approach</b>		
Start of descent	PF PNF	DESCENT AND APPROACH C/L DESCENT AND APPROACH C/L COMPLETED TO QNH
At Transition Level	PNF PF PF PNF	TRANSITION LEVEL CHECKED CONTINUE APPROACH C/L DESCENT AND APPROACH C/L COMPLETED
Radio altitude indication	PF PNF	R/A ALIVE CHECKED
Flaps extension	PF PNF	FLAPS... FLAPS...SELECTED, MOVING, SET

<b>Instrument Approaches</b>		
<b>EVENT</b>	<b>CALLOUT</b>	
First movement of Loc/GS or VOR radial	PNF PF	LOCALIZER/Glide Slope or RADIAL ALIVE CHECKED
When established on Loc/GS or VOR radial	PNF PF	ON LOCALIZER/Glide Slope or RADIAL CHECKED
ON Glide Slope	PNF PF	SET GO AROUND ALTITUDE GO AROUND ALTITUDE SET
FAF	PNF PF	PASSING (Fix Name),---FT ALTITUDE CHECKED
At 1000 ft AGL GATE	PNF PF	1000 FT CHECKED
100 ft above minima	PNF PF	HUNDRED ABOVE CHECKED
MDA/DH and visual reference	PNF PF	MINIMA, VISUAL CONTACT LANDING
MDA/DH and <u>NO</u> visual reference	PNF PF	MINIMA, NO RUNWAY GO AROUND FLAPS
Auto-pilot manual disconnect	PNF PF	MANUAL FLIGHT CHECKED

Le Manuel de formation de Boeing utilisé par Egyptair (Boeing Flight Crew Training Manual FCT 737 CL™ du 31 octobre 2002 page 1.17 et 1.18) décrit les annonces standards concernant l'utilisation du Boeing 737-500, dont voici un extrait traduit de l'anglais:

<sup>1</sup> D'après Egyptair, cette procédure était en vigueur depuis septembre 2001.

**Extrait (traduit de l'anglais) de la page 1.17 du FCT 737 CL™ de Boeing**

**Annonces**

*Les deux membres d'équipage devraient être conscients de l'altitude, de la position de l'avion et de la situation.*

*Évitez les conversations informelles et non essentielles pendant les phases critiques du vol, en particulier pendant le roulage, le décollage, l'approche et l'atterrissage.*

*La conversation inutile réduit l'efficacité de l'équipage et sa vigilance et n'est pas recommandée quand au-dessous 10,000 pieds MSL / FL100...*

*Le PNF fait les annonces en se basant sur les indications des instruments ou les observations relatives aux conditions appropriées. Le PF devrait vérifier et reconnaître la condition/location à partir des instruments de vol. Si le PNF ne fait pas l'annonce exigée, le PF devrait le faire.*

*Un des principes de base de Gestion des Ressources de l'Équipage (CRM) est que chaque membre d'équipage doit être capable de faire le supplément ou agir comme une réserve pour l'autre membre d'équipage. L'adhésion adéquate aux annonces standards est un élément essentiel pour un vol bien-dirigé. Ces annonces fournissent aux deux membres d'équipage l'information nécessaire au sujet des systèmes de l'avion et au sujet de la participation de l'autre membre d'équipage.*

*L'absence d'une annonce standard au moment approprié peut indiquer un fonctionnement défectueux d'un système de l'avion ou d'une indication, ou indique la possibilité d'incapacité de l'autre pilote...*

**Extrait de la page 1.18 du FCT 737 CL™ de Boeing**

	<b>CONDITION / LOCATION</b>	<b>CALLOUT (Pilot Not Flying, unless noted)</b>
<b>Approach</b>	First positive inward motion of localizer pointer (IFR)	"LOCALIZER ALIVE"
	First positive motion of Glide Slope pointer (IFR)	"GLIDE SLOPE ALIVE"
	Final approach fix inbound (Altimeter, Instrument and Flag cross checked) (IFR)	"OUTER MARKER/VOR/NDB/FIX, TIME, ___FT, ALTIMETERS AND INSTRUMENTS CROSS CHECKED"
	1000 and 500 ft. above field elevation	"1000 FEET" "500 FEET"
	500 ft. above field elevation (Checked autoland status annunciator)	Autoland status "FLARE ARMED" (Autoland callout only)
	After 500 ft. above field elevation	Call out significant deviations from programmed airspeed, descent, and instrument indications.
	100 ft. above DA(H) or MDA(H) (IFR)	"APPROACHING MINIMUMS"
	Visual Descent Point (VDP)	"VISUAL DESCENT POINT"
	Reaching Decision Altitude DA(H) or minimum Descent Altitude (MDA) (IFR)	"MINIMUMS – APPROACH/STROBE/CENTERLINE LIGHTS – RUNWAY (or NO RUNWAY)"
	At DA(H) – Suitable visual reference established	PF: "LANDING"
	At DA(H) – Suitable visual reference not established, i.e. PNF does not call any visual cues or only calls strobe lights	PF: "GO AROUND"
At minimums callout – If no response from PF	"I HAVE CONTROL _____" (state intentions)	

#### **1.18.2.4- Cours CRM**

Le programme de formation d'Egyptair en vigueur au moment de l'accident, ne contient pas un cours CRM (Crew Resource Management). Egyptair a indiqué qu'un cours CRM qui traite l'ensemble des thèmes recommandés par l'OACI est en phase finale d'élaboration.

#### **1.18.2.5- Cours CFIT**

La formation sur la prévention des impacts sans perte de contrôle (CFIT) à Egyptair concerne exclusivement les entraînements des pilotes sur les alarmes GPWS au cours de leur recyclage sur simulateur.

Le GPWS a été généralisé pour tous les types d'avion de la compagnie depuis le 17 mai 2000.

Aussi et dans le cadre des mesures prises par la compagnie pour la sensibilisation de ses pilotes sur les accidents de type CFIT, Egyptair a fait circuler en janvier 2001 un résumé sur l'accident de Korean Air du 6 août 1997.

De même et dans ce contexte, un article traitant des accidents de type CFIT, incluant des statistiques, les différentes causes de ces accidents et des recommandations, a été publié en avril 2002 ( n°9 de la revue sécurité des vols ) et distribué à tous les pilotes de la compagnie.

Dans le N°10 de cette même revue parue au mois d'avril 2002, il a été rappelé aux pilotes que les accidents de type CFIT constituent une grande part de tous les accidents survenus dans le transport aérien commercial.

#### **1.18.2.6- Procédure suivie par Egyptair pour la programmation des pilotes nouvellement lâchés :**

A la suite du lâcher d'un nouveau pilote, la compagnie Egyptair applique la procédure suivante :

1. Le responsable de la programmation des équipages introduit pour chaque pilote nouvellement lâché la mention « NOT FLY TOGETHER » (ne pas voler ensemble) dans le logiciel de programmation des équipages afin d'éviter son appariement avec un autre pilote totalisant moins de 100 heures de vol sur le même type d'avion ;
2. Le pilote nouvellement lâché ne peut être programmé sur de nouvelles lignes qu'après avoir totalisé 100 heures de vol sur les lignes pour lesquelles il est « lâché » ;

3. Sur la feuille de programmation individuelle du pilote nouvellement lâché, il est mentionné une observation indiquant d'une part, « Pilote nouvellement lâché » et d'autre part les lignes sur lesquelles il est lâché.
4. Lorsque le pilote nouvellement lâché a totalisé 100 heures de vol, la direction des statistiques informe la direction de la programmation des équipages afin que lui soit retirée la mention « NOT FLY TOGETHER » du logiciel de programmation des équipages.

#### **1.18.2.7- Actions prises par Egyptair après l'accident**

Suite à l'accident du vol MSR843, et afin d'améliorer la sécurité des vols, la compagnie Egyptair a pris des mesures correctives concernant la formation des pilotes dans le secteur B737-500. Les nouvelles procédures établies et publiées par notes de travail le 28 mai 2002 et le 25 mai 2003, concernent notamment le lâcher des pilotes et l'appariement des équipages. Ces nouvelles procédures se résument comme suit :

1. Pendant le stage commandant de bord, les pilotes doivent effectuer 10 vols de formation en tant que 3eme pilote avant d'entamer le programme d'entraînement sur simulateur.
2. Un nouveau commandant de bord ne doit être lâché qu'après accomplissement d'un minimum de 40 étapes et 100 heures de vol d'adaptation en ligne.
3. Ne pas programmer un commandant de bord et un copilote que si, au moins, l'expérience de l'un d'entre eux est supérieure à de 300 heures de vol sur le type d'avion considéré.

## **2- ANALYSE**

### **2.1- Généralités**

L'analyse examinera les facteurs météorologiques, le scénario de l'accident, les performances en vol et les prises de décisions de l'équipage durant l'approche ainsi que le facteur stress régnant dans le cockpit.

La formation de l'équipage, le type d'approche adopté et les moyens de prévention des accidents de type CFIT feront l'objet d'un examen particulier.

Enfin, l'analyse traitera de la gestion de la crise et des opérations de secours.

### **2.2- Facteurs météorologiques**

Le jour de l'accident, la région de Tunis était marquée par des perturbations météorologiques qui ont duré pratiquement toute la journée. Les conditions météorologiques réellement observées à l'aéroport Tunis-Carthage étaient en concordance avec les prévisions.

Ces perturbations ont été matérialisées par la présence de masses nuageuses avec un plafond bas et une présence de cumulonimbus à 2300 ft localisés dans le secteur Nord-Nord-Est entre 14h00 et 14h30.

Selon les témoignages recueillis par la commission d'enquête auprès de certains rescapés, des turbulences modérées avaient duré environ 30 minutes avant la descente. Ces dernières sont confirmées par les rapports établis à partir des données du FDAU. De légères turbulences ont régné à l'arrivée.

D'après l'enregistrement du CVR, le vol MSR843 a rencontré des perturbations essentiellement entre le niveau 170 et le niveau 100. Afin d'éviter les cellules orageuses et les zones potentiellement dangereuses, le vol MSR843 a demandé, durant la période couverte par l'enregistrement du CVR, à deux reprises au contrôle d'approche un changement de cap. Pour la même raison, le contrôleur d'approche a suggéré à l'équipage un changement de cap.

Les témoignages du commandant de bord du vol TAR639 qui a précédé le vol MSR843 de 5 minutes et du commandant de bord du vol TAR745 qui le suivait juste derrière et qui évoluaient tous dans les mêmes conditions IMC, confirment que la visibilité était très réduite à l'approche de l'aéroport Tunis-Carthage. Selon les commandants de bord de ces deux vols, le contact visuel avec la piste a eu lieu à environ une altitude de 900 ft et a été gardé jusqu'au toucher. Ils ont signalé également la présence d'une légère pluie.

Les témoins au sol qui se sont rendus les premiers sur le lieu de l'accident ont signalé que les conditions météorologiques se caractérisaient par un vent fort, des averses de pluie et une visibilité réduite. Le gardien de l'antenne VHF qui était sur

place au moment de l'accident, a estimé une visibilité d'environ 20 mètres au sommet de la colline.

Cette visibilité réduite au niveau de la colline est confirmée par l'équipage comme suit :

- l'évocation par le commandant de bord, une cinquantaine de secondes avant l'impact, et pendant une trentaine de secondes, d'une éventuelle approche interrompue ;
- l'exclamation de surprise du copilote juste avant l'impact.

En outre et d'après les enregistrements du FDR et du CVR, il n'y avait aucune indication qu'un cisaillement de vent aurait pu se produire juste avant l'impact.

D'après les messages d'observations météorologiques signalant des perturbations tout au long de la phase d'approche, l'équipage a été contraint de poursuivre son approche en conditions IMC et exécuter ainsi la procédure de vol aux instruments VOR/DME de la piste 11 qui était la piste en service.

L'écoute du CVR a révélé aussi que durant la descente et l'approche, l'équipage et notamment le commandant de bord était souvent préoccupé par les perturbations météorologiques rencontrées. Durant les 30 dernières minutes précédant l'impact, les interventions du commandant de bord concernant les conditions météorologiques ont été nombreuses (environ une vingtaine de fois).

Une telle situation météorologique durant la phase finale du vol aurait provoqué une surcharge de travail particulièrement chez le commandant de bord. Ceci l'a vraisemblablement amené à chercher à sortir de la couche nuageuse le plus rapidement possible afin d'établir le contact visuel avec le sol. Ces aspects seront approfondis dans la suite du rapport.

## **2.3- Scénario de l'accident**

### **2.3.1- Procédure VOR/DME publiée**

La procédure VOR/DME de la piste 11 de l'aéroport Tunis-Carthage exige de l'équipage le maintien d'une altitude d'au moins 2100 ft entre le repère d'approche intermédiaire (IF) situé à 11 DME et le repère d'approche finale (FAF) situé à 6 DME du VOR TUC.

Après le passage du FAF, la procédure prescrit la descente à l'altitude minimale (MDA) de 600 ft avec une pente de descente de 6,1% et un passage obligatoire par le repère de descente situé à 3 DME et à une altitude de 970 ft.

En ce qui concerne l'approche interrompue, le MAPt est défini à la verticale du VOR/DME de Tunis-Carthage.



La fiche des procédures intègre également un tableau de correspondances altitudes/distances DME (de contrôle de la pente de descente) et un tableau de correspondance vitesses sol/vitesses verticales.

### **2.3.2- Procédure VOR/DME d’Egyptair**

La compagnie Egyptair utilise la procédure décrite dans le manuel d’opérations de vol (FOM) édité par le constructeur Boeing et qui stipule qu’au FAF, une vitesse verticale constante de 1000 ft/min doit être sélectionnée jusqu’au premier palier du repère de descente dont la restriction d’altitude doit être déjà affichée à la MCP. Une fois ce palier franchi, une vitesse verticale de 1000 ft/min est sélectionnée de nouveau jusqu’au prochain repère, et ainsi de suite jusqu’à la MDA. Un examen détaillé et critique de ce type d’approche est développé au paragraphe 2.7.1- Approche à vitesse verticale constante.

Il est à signaler que la procédure d’Egyptair ne prévoit pas la lecture du tableau de correspondances altitudes/distances DME.

### **2.3.3- Descente prématurée**

Arrivé au repère d’approche intermédiaire (IF), le vol MSR843 a poursuivi son vol à la même altitude et a entamé sa descente à 6,8 DME, soit 0,8 NM avant le repère d’approche finale FAF (d’après les paramètres du FDR), bien que la procédure d’Egyptair précise que la descente finale doit être amorcée au FAF.

D’après l’écoute du CVR, l’équipage savait qu’il devait entamer la descente à 6 DME. Il a été relevé à ce sujet 4 passages différents où l’équipage évoque une descente à 6 DME soit, à 14h10min39s, 14h13min14s, 14h13min33s et 14h15min15s.

De même, d’après les informations fournies par le CVR, le commandant de bord était conscient de cette descente prématurée puisqu’il a attiré l’attention de son copilote que l’avion n’a pas encore atteint les 6 DME. Dans sa réponse à 14h16min40s, le copilote ne s’est pas opposé à cet écart.

A ce sujet, il y a lieu de préciser que d’après un recoupement entre les données du CVR et du FDR, à 14h16min31s, le commandant de bord annonce « *leaving* » et sélectionne le mode V/S du pilote automatique (la distance DME indiquait alors 6,8). Ainsi, le commandant de bord s’est référé au copilote et simultanément a entamé la descente. Il y avait eu donc, de sa part, une prise de décision et une action concernant le début de la descente accompagnée par un questionnement du copilote pour avoir éventuellement son avis et chercher, peut être, à conforter cette décision. L’action qui a précédé la question aurait pu ainsi influencer ou orienter la réponse du copilote.

Qu’est ce qui peut motiver un pilote à vouloir entamer la descente finale bien avant le FAF ? Vu les circonstances de l’accident, il se pourrait qu’une volonté pour sortir

rapidement de la masse nuageuse afin de chercher des repères visuels au sol ait poussé le commandant de bord à prendre une telle décision.

Cette réaction instinctive peut s'avérer dangereuse, s'il y avait échec, également, dans la supervision permanente de la situation verticale de l'avion.

A ce stade, ni le commandant de bord, ni le copilote ne mesuraient les conséquences graves pouvant découler d'une descente prématurée surtout lorsqu'elle est accompagnée par d'autres écarts par rapport à la procédure.

#### **2.3.4- Non-respect du repère de descente**

Dans le cas de l'approche VOR/DME de la piste 11, la première et l'unique restriction d'altitude intermédiaire rencontrée après le FAF et avant la MDA est le repère de descente (970 ft/3 DME).

Après avoir stabilisé l'avion à 2100 ft, le commandant de bord devrait afficher au MCP l'altitude du repère de descente (arrondie à la centaine supérieure) soit, dans le cas d'espèce, 1000 ft.

L'analyse du CVR montre que ce repère de descente (970 ft/3DME) n'a jamais été mentionné que ce soit par le commandant de bord ou bien par le copilote durant les 30 minutes d'enregistrement précédant l'impact.

A 14h10min39s, le commandant de bord annonce qu'à 6 NM, ils descendront aux minima. Le copilote répond 600 ft. Le commandant de bord collationne 600 ft à son tour puis pose de nouveau la question «à 6 NM, on descendra à quelle altitude ?», le copilote répond une deuxième fois 600 ft.

Ceci laisse présager soit un oubli, soit une méconnaissance de la part des deux membres d'équipage du caractère obligatoire du repère de descente.

La trajectoire de l'avion telle que déterminée par les éléments fournis par le FDR confirme l'analyse du CVR et montre que le palier de 1000 ft jusqu'à 3 DME n'a pas été respecté.

Il ressort de l'analyse qui précède que l'équipage du vol MSR843, aussi bien individuellement que collectivement, a été défaillant pour adhérer rigoureusement à la procédure d'approche en négligeant (par oubli ou par méconnaissance) l'importance du respect des repères de descente.

### 2.3.5- Dissociation des deux facteurs précédents

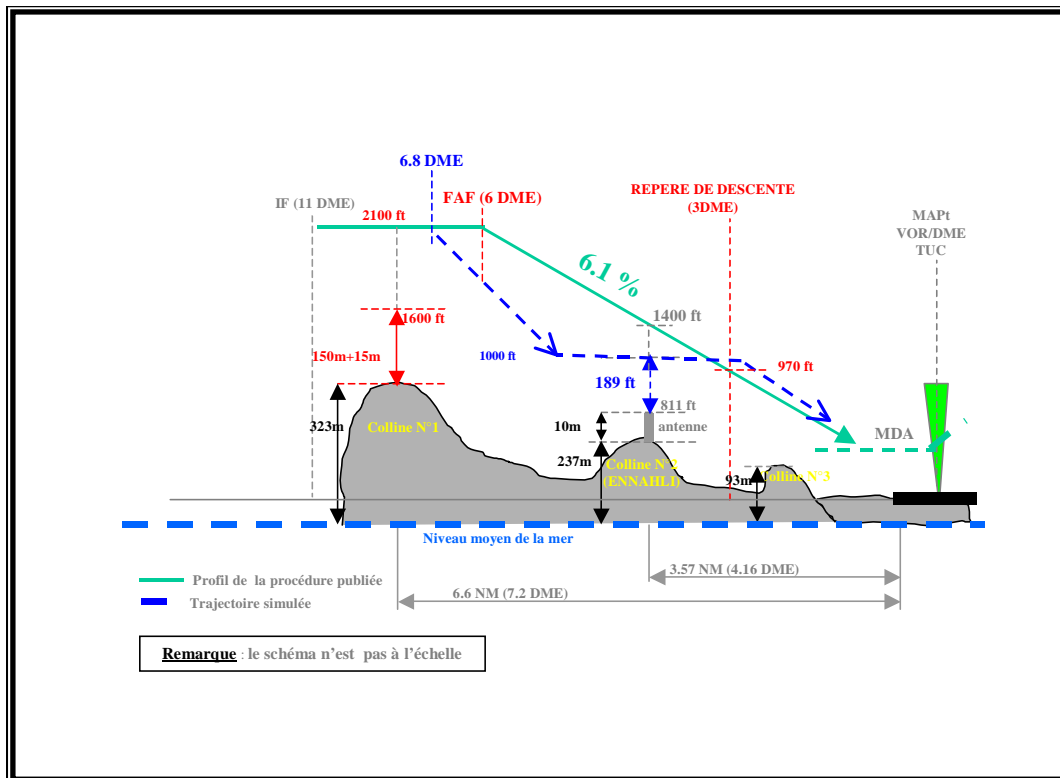
La progression dans l'analyse a mis en évidence, à ce stade, deux écarts importants par rapport à la procédure :

- une descente prématurée,
- un non-respect du repère de descente.

Dans ce qui suit, la commission d'enquête s'est intéressée à chercher ce qui aurait pu se produire, si l'un de ces deux écarts avait été évité.

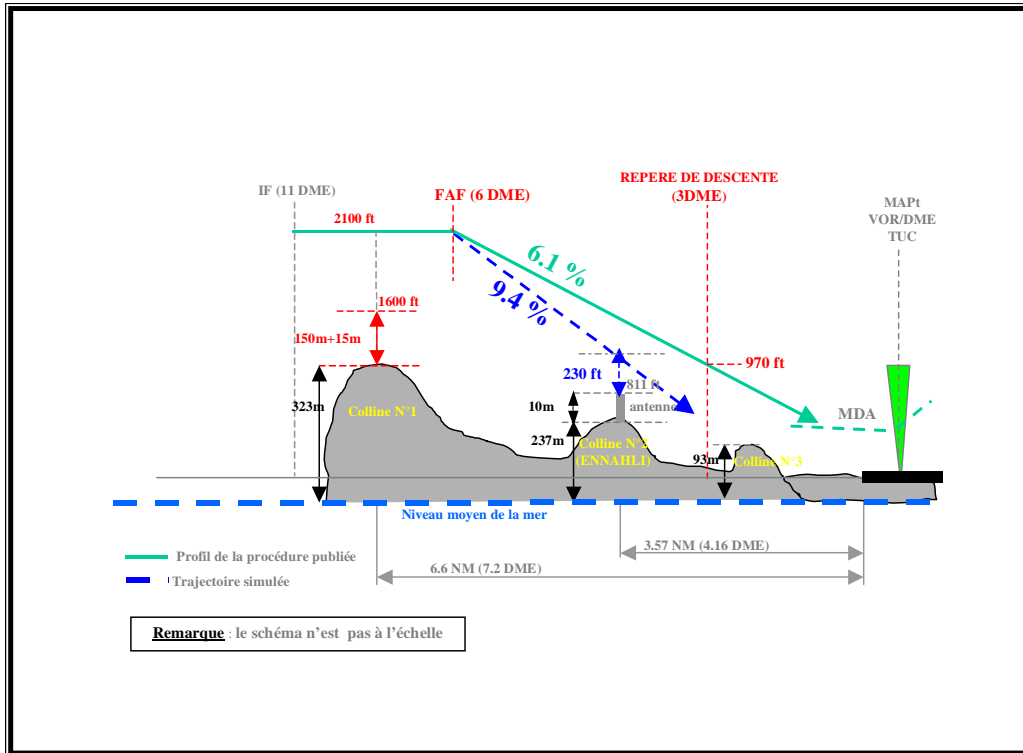
**Simulation 1 :** Descente anticipée de 0,8 NM mais, respect du repère de descente

Si le repère de descente à 3 DME avait été affiché à la MCP, et même si la descente finale avait été entamée 0,8 NM avant le FAF, l'avion aurait survolé la colline d'Ennahli avec une marge de près de 190 ft.



**Simulation 2 :** Non-respect de la restriction d'altitude intermédiaire mais descente au FAF.

Si la descente à partir du FAF avait été respectée, même en oubliant l'affichage de la restriction de l'altitude intermédiaire, l'avion aurait survolé la colline à 230 ft.



Il ressort de cette simulation que si l'un des deux écarts avait pu être évité ou prévenu, l'accident n'aurait, peut être, pas eu lieu.

### 2.3.6 - Effet du vent de face sur la pente de descente finale du vol MSR843

Entre l'instant où le vol MSR843 a entamé sa descente finale et l'instant de l'impact avec la colline, la commission d'enquête a déterminé, à partir des paramètres du FDR, que :

- La pente de descente moyenne du vol MSR 843 était de 9,4%
- La vitesse moyenne du vent de face était de 44 Kt environ,
- La vitesse sol moyenne de l'avion était de 104 Kt environ.

A cet effet, la commission d'enquête a réalisée une simulation pour déterminer l'effet de la vitesse du vent de face sur la pente de descente et a conclu ce qui suit :

- La valeur maximale de la vitesse moyenne du vent de face qui permet à l'avion de survoler la colline sans la toucher est de 26 Kt environ.
- Si la vitesse moyenne du vent de face était nulle, la pente de descente aurait été proche de 6,6% et l'avion aurait survolé la colline avec une marge de près de 235 ft.

## **2.4- Performances de l'équipage**

### **2.4.1- Préparation de l'approche**

Même si la commission d'enquête n'a pas pu constater, dans les 30 minutes d'enregistrement du CVR, que le commandant de bord a conduit un briefing au sujet de l'approche, elle est persuadée que ce briefing a été effectivement accompli comme exigé par la procédure compagne, et ceci avant de commencer la descente du niveau de croisière.

Toutefois, certaines indications montrent que l'exécution de ce briefing n'aurait pas été parfaite. Ceci est matérialisé, d'après l'écoute du CVR, par une certaine hésitation manifestée, aussi bien par le commandant de bord que par le copilote pour localiser le point GOLLA faisant partie de la procédure VOR/DME sur la carte d'approche aux instruments de la piste 11 de l'aéroport Tunis-Carthage. Il est à signaler qu'au vu des conditions météorologiques du jour, l'équipage savait que le vent était favorable pour cette piste qui n'est dotée que d'une seule carte d'approche exploitable par l'équipage.

En plus, la durée des échanges au sujet du point GOLLA a été jugée excessive par le commandant de bord lui-même en remarquant à son copilote « *Nous avons oublié l'avion pour nous occuper de GOLLA* »\*.

Par ailleurs, et à plusieurs reprises, comme développé dans la partie scénario, l'équipage a évoqué le passage direct du FAF à la MDA, ce qui pourrait indiquer que l'équipage n'a pas discuté du repère de descente à 3 DME bien que constituant un item du briefing d'approche. Ceci illustre également la préparation imparfaite de l'approche.

### **2.4.2- Performances du commandant de bord**

#### **2.4.2.1- Adhésion aux procédures**

Les deux écarts mis en évidence et analysés précédemment, à savoir :

- la descente prématurée avant le FAF couplée avec une défaillance dans la supervision de la trajectoire verticale d'une part,
- la méconnaissance ou l'oubli du passage obligatoire par le repère de descente d'autre part,

montrent une défaillance du commandant de bord quant au respect des procédures opérationnelles.

---

\* Traduction de l'Arabe (dialecte égyptien).

### 2.4.2.2- Comportement vis-à-vis du copilote

De l'écoute du CVR, la commission d'enquête a pu déterminer que durant les trente dernières minutes disponibles et couvrant les phases de descente et d'approche, le commandant de bord a multiplié les questions portant sur des connaissances technico-opérationnelles, celles-ci prenant parfois la forme de tests de connaissances pour le copilote.

Ceci est illustré par les deux exemples suivants :

- Une première série de questions a duré plus de deux minutes (a débuté à 13h52min13s) au terme de laquelle le commandant de bord a cru nécessaire de préciser au copilote « *qu'il ne devrait pas être gêné et dérangé s'il lui apprenait des choses* »\*. Il s'est justifié, juste après, en disant que « *c'était un amusement et un amusement utile* »\* et il a fini par lui lancer « *le but c'est qu'à la fin, quand tu fais quelque chose, tu le fais au moins en connaissance de cause* »\* suivi par « *tu ne fais pas quelque chose tout en l'ignorant* »\*.
- A partir de 13h56min08s, une deuxième série de questions a conduit le copilote à reconnaître sa méconnaissance du sujet, objet de ces interrogations. Dans cette phase, le commandant de bord a constaté que cette discussion avait commencé à interférer avec l'exécution de l'approche et a suggéré de reporter la suite de celle-ci après l'atterrissage ou durant la phase retour.

Le questionnement fréquent et parfois excessif du copilote, risque d'entraîner des conséquences négatives et peut générer auprès du « testé » :

- un sentiment de malaise pouvant affecter sa concentration et sa performance durant les phases importantes du vol,
- un comportement passif menant à un échec dans son rôle de veille afin d'attirer l'attention du commandant de bord sur ses écarts.

### 2.4.2.3- Comportement au cours des 1000 derniers pieds (dernière minute du vol)

Au cours de la dernière minute du vol, le commandant de bord a multiplié les interventions, soit une dizaine de fois. Celles-ci survenant durant une approche classique (plus « lourde » qu'une approche de précision), nécessitant un état de vigilance maximale, une concentration élevée et une disponibilité totale de la part de l'équipage et ce malgré la recommandation d'« *Évitez les conversations informelles et non essentielles pendant les phases critiques du vol, en particulier pendant ... l'approche ...* » mentionnée dans le manuel de formation de Boeing.

---

\* Traduction de l'arabe (dialecte égyptien).

Le résultat de ces interventions, non toutes nécessaires au cours de cette phase critique de plus par visibilité réduite, aurait pu contribuer ou même causer une dispersion et une déconcentration aussi bien du commandant de bord que du copilote, ce dernier ne pouvant plus assurer convenablement son rôle de veille et de contrôle, en particulier celui relatif à la trajectoire verticale de l'avion.

En effet, une meilleure disponibilité de l'équipage lui aurait, peut être, permis de contrôler la radiosonde en la comparant à l'indication altimétrique et d'attirer ainsi son attention quant à l'imminence de l'impact.

### **2.4.3- Performances du copilote**

Le copilote assurait la fonction de PNF au cours du vol. Son rôle étant, entre autres, d'assurer la surveillance de la trajectoire et la vérification croisée des instruments.

D'après l'analyse développée dans la partie scénario, le copilote :

- ne s'était pas opposé à la décision et à l'action du commandant de bord pour descendre avant le FAF,
- n'avait pu contrôler au cours de la descente finale, la trajectoire verticale de l'avion, matérialisée par le non-respect du repère de descente.

En plus, aucune mention de l'annonce standard du passage des 1000 ft n'a été trouvée dans l'enregistrement du CVR. Celle-ci, couplée avec une vérification du DME, aurait pu éveiller des soupçons chez l'équipage.

En conséquence de ce qui a été déjà introduit dans l'analyse des performances du commandant de bord, le copilote a adopté une attitude passive en approuvant ou en adhérant aux décisions et aux avis de son commandant de bord. Il a été ainsi défaillant dans sa tâche de surveillance et de vérification croisée.

### **2.4.4- Facteur stress**

Le facteur stress, comme celui relatif à la fatigue, peut affecter les performances d'un équipage dans la conduite d'un vol.

Pour essayer de mieux comprendre les défaillances constatées et observées plus haut, la commission d'enquête s'est penchée sur l'incidence du facteur stress sur les performances de l'équipage.

Bien qu'il n'y ait eu aucune indication manifeste traduisant un état de stress affectant soit le commandant de bord, soit le copilote, certains éléments laissent supposer que ce facteur était présent à un niveau moins évident et moins perceptible.

#### **2.4.4.1- Facteur stress lié aux conditions météorologiques**

Dans la phase finale du vol, régnaient des conditions météorologiques défavorables se traduisant par des foyers orageux et des turbulences notamment dans la zone comprise entre les niveaux 170 et 100.

Dans sa trajectoire d'approche, et d'après les données du CVR confortées par celles du FDR, l'avion a effectué des déviations pour éviter des foyers orageux, suivis au radar météorologique de bord par l'équipage.

La commission d'enquête a également relevé un niveau de préoccupation élevé au sujet des éclairs de foudre observés, illustré par de nombreux échanges entre le commandant de bord et le copilote d'après l'écoute du CVR. Le commandant de bord avait même dit « ...*que si une foudre de celle qu'on observe nous touche, nous serions déjà moi et toi par terre...* »\* Même si le commandant de bord n'était pas réellement effrayé, sa remarque aurait pu affecter son copilote.

Ces préoccupations concernant la situation météorologique se renouvellent à moins d'une minute de l'impact. En effet, d'après les éléments fournis par le CVR, le commandant de bord avait posé, durant cette minute, plusieurs questions liées à l'exécution de la manœuvre de la remise des gaz.

#### **2.4.4.2- Facteur stress comme conséquence de l'attitude du commandant de bord vis-à-vis du copilote**

Une discussion au sujet des connaissances techniques entre les membres de l'équipage ou bien une volonté de la part du commandant de bord de sensibiliser ou de briefer son copilote sur certains aspects technico-opérationnels, ne peut être que bénéfique et utile à condition :

- qu'elle ne perturbe pas le déroulement du vol, et
- n'affecte pas les performances du commandant de bord ou du copilote.

D'autre part, sont aussi importants :

- la manière adoptée par le commandant de bord pour conduire sa communication, et
- le soin qu'il doit apporter au contenu de sa présentation.

Et pour résumer, intervient à ce niveau, le côté pédagogique qui doit prévaloir chez le commandant de bord pour bien véhiculer le message et pour s'assurer qu'il a été bien compris.

Cet aspect semble avoir été négligé, tel qu'il a été illustré et analysé dans la partie traitant du comportement du commandant de bord envers le copilote, puisque cet échange s'était transformé par moment en une série continue de questions.

---

\* Traduction de l'arabe (dialecte égyptien).



D'ailleurs, le commandant de bord avait pris conscience, par moment, de la gêne qu'il causait à son copilote, puisque à plusieurs reprises, il avait essayé de se justifier comme le montrent les exemples développés précédemment.

Ceci aurait pu entraîner un sentiment d'inconfort chez le copilote, et contribuer, par conséquent, à l'élévation de son niveau de stress.

## **2.5- Formation des pilotes**

### **2.5.1- Formation à Egyptair**

#### **2.5.1.1- Généralités**

La commission d'enquête a relevé que, d'une manière générale, le contenu du programme de formation sur simulateur de vol chez Egyptair ne comporte pas de procédure d'approche VOR/DME et que la fréquence des approches classiques est nettement inférieure à celle des approches de précision.

Le fait de s'entraîner sur la même procédure d'approche, en négligeant les autres types d'approches, affecte les performances de l'équipage quant à l'exécution et le contrôle des différents types d'approches rencontrés en ligne.

En ce qui concerne l'équipage du vol MSR843, le dossier de suivi de formation ne montre pas les terrains utilisés par la compagnie pour l'entraînement de ses équipages afin de vérifier éventuellement si les approches classiques effectuées comportaient des restrictions d'altitude intermédiaire ou non.

L'association américaine des pilotes de ligne (ALPA) note qu'une moyenne d'une à trois approches classiques sont effectuées par pilote et par an. La très faible fréquence de ces approches que ce soit en vol réel ou bien au simulateur, ajoutée à la charge de travail de l'approche elle-même comparée à l'approche de précision fait que ce genre d'approche n'est pas très familier pour les pilotes. Le risque d'erreur étant plus important, la charge de travail étant plus lourde, elle demande un briefing plus rigoureux, un meilleur contrôle quant à l'exécution de l'approche comparée toujours à l'approche de précision. L'approche classique est en quelque sorte appréhendée par les pilotes. Le niveau de stress augmente en exécutant une approche classique encore plus si elle comporte une restriction d'altitude intermédiaire dans des conditions IMC et par vent fort.

#### **2.5.1.2- Cours sur la gestion des ressources de l'équipage (CRM)**

Le programme de formation d'Egyptair, en vigueur au moment de l'accident, ne contient pas un cours CRM. Egyptair a indiqué qu'un cours CRM est en phase finale d'élaboration.

#### **2.5.1.3- Cours de prévention des impacts sans perte de contrôle (CFIT)**

La commission d'enquête a examiné avec intérêt les efforts entrepris par Egyptair pour prévenir les accidents de type CFIT (Controlled Flight into Terrain ou impacts

sans perte de contrôle). Ces efforts, d'après les réponses et la documentation fournies par la partie égyptienne sont matérialisées, notamment, par :

- L'intégration dans les recyclages sur simulateur de vol d'un module de sensibilisation aux modes du GPWS ;
- La publication d'articles de sensibilisation dans le bulletin sécurité des vols de la compagnie (à trois reprises dans les numéros 8, 9 et 10 du BSV parus en 2001 et 2002).

Bien que ces efforts traduisent un intérêt certain pour cette catégorie d'accidents, ils restent, néanmoins, assez insuffisants pour sensibiliser et former aux diverses spécificités des accidents de type CFIT.

Le programme de formation sur la prévention des accidents de type CFIT, dont le module familiarisation avec le GPWS au simulateur ne constitue qu'un élément, comprend une formation théorique et une formation sur simulateur de vol.

Depuis 1997, l'industrie aéronautique, à travers des efforts conjugués coordonnés par la FSF, a développé un outil performant « Controlled flight into terrain education and training aid », intégrant des ressources comprenant des check-lists, des exemples, des séquences vidéo, des présentations prêtes pour l'instructeur, des exercices, des exemples de programmes, etc.

Cet outil, que la commission d'enquête juge inévitable pour toute politique viable de prévention des accidents, a également été parrainé par l'OACI, ce qui s'est matérialisé par sa large diffusion et par l'organisation d'ateliers régionaux pour la diffusion du contenu de ce cours.

A ce sujet, il est à noter que l'atelier régional relatif au monde arabe a été organisé, justement, au Caire, au mois de mars 2002, par l'AACO et accueilli par Egyptair. La compagnie Egyptair affirme que les recommandations de cet atelier ont été publiées et distribuées à l'ensemble du personnel navigant d'Egyptair.

En conséquence, la commission d'enquête invite Egyptair à adopter et à intégrer rapidement ce programme et permettre ainsi son suivi par l'ensemble des pilotes.

### **2.5.2- Formation du commandant de bord**

Le programme de formation du commandant de bord sur simulateur de vol chez Egyptair se compose de 5 séances en « fixed base simulator » (FBS) et 8 séances en « full flight simulator » (FFS) suivies d'un contrôle. La durée de chaque séance est de 4 heures, soit un total de 52 heures de formation sur simulateur.

Avant d'être lâché en tant que commandant de bord, sa formation a été complétée par un vol hors ligne puis de 23 heures d'adaptation en ligne. Dans son ensemble, cette formation a été jugée satisfaisante par ses instructeurs. La commission d'enquête estime que ce nombre d'heures est insuffisant pour le lâcher d'un commandant de bord en transport aérien commercial. A ce sujet, Egyptair, dans les

actions prises après l'accident, a fixée un minimum de 40 étapes et 100 heures d'adaptation en ligne pour le lâcher d'un commandant de bord (voir paragraphe 1.18.2.7).

L'analyse de ce programme, en ce qui concerne la nature des approches exécutées au cours de la phase simulateur, montre que 4 approches ILS ont été exécutées lors de la phase FBS pour 3 approches VOR et une ADF.

Pour la phase FFS, 14 approches ILS ont été effectuées pour 3 approches VOR, une approche ADF et une approche indirecte.

En conséquence, la commission d'enquête a relevé lors de la phase FBS l'absence totale d'approche VOR/DME et que le nombre d'approches ILS est pratiquement égal au nombre d'approches VOR.

De même, la commission d'enquête a relevé lors de la phase FFS, l'absence totale d'approche VOR/DME alors que le nombre d'approches ILS est pratiquement 5 fois plus important que le nombre d'approches VOR.

La compagnie Egyptair signale que l'entraînement sur simulateur du commandant de bord s'est effectué sur les aéroports de Luxor et Sharm Elsheikh, doté chacun d'une approche VOR/DME.

Aucune indication n'a été relevée dans le programme de formation de base du commandant de bord concernant des exercices relatifs à la réaction aux alarmes du dispositif de proximité du sol (GPWS).

### **2.5.3- Formation du copilote**

Contrairement à la progression de la formation du commandant de bord, celle du copilote n'a pas été constante. En effet, la formation du copilote a été ponctuée par des commentaires traduisant un faible niveau que ce soit théorique ou pratique. Le copilote a, par ailleurs, subi un arrêt de vol fin juin 2000 après avoir effectué 4 vols d'adaptation en ligne suivis d'un contrôle des connaissances théoriques. Il n'a repris les vols qu'en novembre 2000, pour être lâché un peu plus tard avec 83 heures de vol en ligne alors que la moyenne chez Egyptair tourne autour de 30 heures de vol.

En ce qui concerne sa formation sur simulateur de vol chez Egyptair, elle comprend 8 séances FBS et 8 séances FFS suivies d'un contrôle. Chaque séance est composée de 4 heures d'entraînement, soit un total de 68 heures.

Le programme FBS n'étant pas détaillé du point de vue de la nature des approches exécutées, par contre le programme FFS comporte 18 approches ILS, 4 approches VOR, 3 approches ADF et 3 approches indirectes.

La commission d'enquête a noté qu'il y a une absence totale d'approche VOR/DME et que le nombre d'approches ILS est 4 fois supérieur au nombre d'approches VOR.

Comme pour le commandant de bord, aucune indication n'a été relevée dans le programme de formation de base du copilote concernant des exercices relatifs à la réaction aux alarmes du dispositif de proximité du sol (GPWS).

## **2.6- Performances du dispositif avertisseur de proximité sol (GPWS)**

### **2.6.1- Annonce orale du passage à 50 ft**

Le dépouillement du FDR et l'écoute du CVR n'ont montré aucune indication relative au déclenchement d'une quelconque alarme GPWS.

L'avion était en configuration atterrissage, le mode 2 du GPWS « Excessive Terrain Closure » n'était pas de ce fait armé pour le déclenchement de cette alarme.

En conséquence, la commission d'enquête s'est intéressée au Mode 6 pour déterminer les raisons qui auraient fait que l'annonce orale automatique « *Fifty* » ne s'est pas déclenchée.

Une annonce orale du GPWS de passage à 50 ft aurait pu alerter, bien que tardivement, l'équipage quant à la proximité du terrain. En effet, le délai entre le passage à 50 ft et l'impact a été estimé à 1,7 seconde et semble insuffisant afin de prendre conscience du danger et d'entreprendre une manœuvre d'évitement efficace.

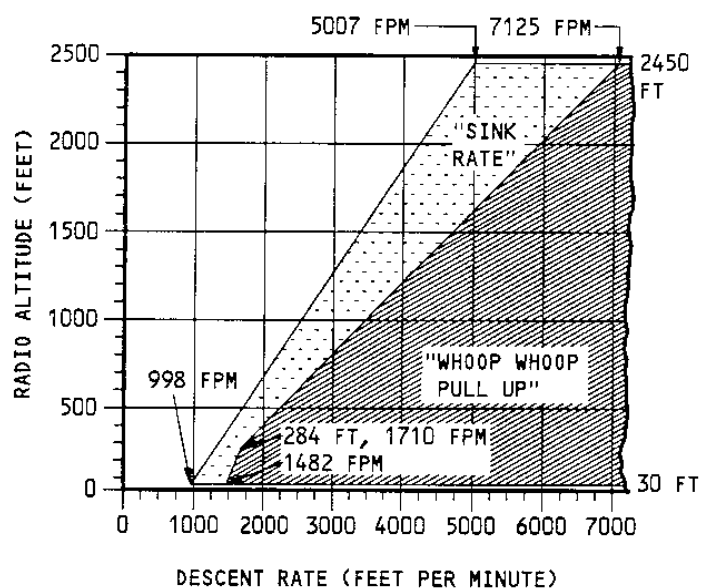
Un approfondissement de ce point entrepris avec le fournisseur du GPWS, Honeywell, a mis en évidence le fait que l'alarme de passage aux 50 ft est conçue pour fonctionner à un taux de descente de la hauteur radiosonde plafonné à la valeur de 1000 ft/min, conformément à une descente normale.

Dans le cas d'espèce, le taux de descente de la radiosonde a été de 2000 ft/min. Cette valeur élevée explique la raison du non-déclenchement de l'annonce orale de passage à 50 ft, celle-ci étant programmée pour des taux de descente dans les plages normales pour l'atterrissage.

### **2.6.2- Alarme de taux de descente excessif**

La question qui s'est posée par la suite à la commission d'enquête était de savoir, si le taux de descente de la radiosonde était élevé (autour de 2000 ft/min), pourquoi le mode 1 « Excessive descent rate » du GPWS ne s'est pas déclenché d'autant plus que ce mode reste indépendant de la configuration de l'avion et donc valide à proximité du sol ?

D'après le FOM du Boeing 737-500 et le diagramme de l'enveloppe du taux de descente excessif du Mode 1 du GPWS, un taux de descente de 2000 ft/min aurait entraîné, dans la dernière tranche des 500 ft, la violation de la limite 1 entraînant une alarme « *sink rate* », suivie par une violation de la limite 2 entraînant une alarme « *Whoop Whoop Pull Up* ». Ces alarmes, d'après le diagramme ci-dessous, restent armées jusqu'à 30 ft du sol (hauteur radiosonde).



Pourquoi alors il n'y aurait-il pas eu d'alarmes associées au Mode 1 de fonctionnement du GPWS ?

La réponse qui a été communiquée par le fournisseur du GPWS est que contrairement au Mode 6 qui se base, pour les calculs des annonces orales d'altitude, sur le taux de descente de la radiosonde, exprimant le rapprochement du terrain, le Mode 1 se base sur le calcul du taux de descente de l'altitude barométrique ou inertielle, ce qui ne tient pas compte du rapprochement du terrain. Ce dernier taux de descente est resté autour de 1000 ft/min, ce qui explique qu'il n'y avait pas eu d'alarmes de taux de descente élevé.

## 2.7- Approche adoptée

### 2.7.1- Approche à vitesse verticale constante

La procédure utilisée par Egyptair stipule qu'en arrivant au FAF, la première restriction d'altitude intermédiaire doit être affichée au MCP, puis une vitesse verticale fixe de 1000 ft/min doit être adoptée et ce, jusqu'au palier de cette restriction d'altitude intermédiaire ou à la MDA.

Cette méthode présente l'avantage d'une charge de travail réduite par rapport à celle adoptant une pente constante, puisque les vérifications des distances/altitudes recommandées ne sont pas utilisées. Par contre, elle présente un inconvénient qui pourrait s'avérer de taille, à savoir, une marge de franchissement d'obstacles, bien que réglementaire, souvent inférieure à celle préconisée par la méthode de descente à pente constante.

## 2.7.2- Approche à angle constant ou approche stabilisée

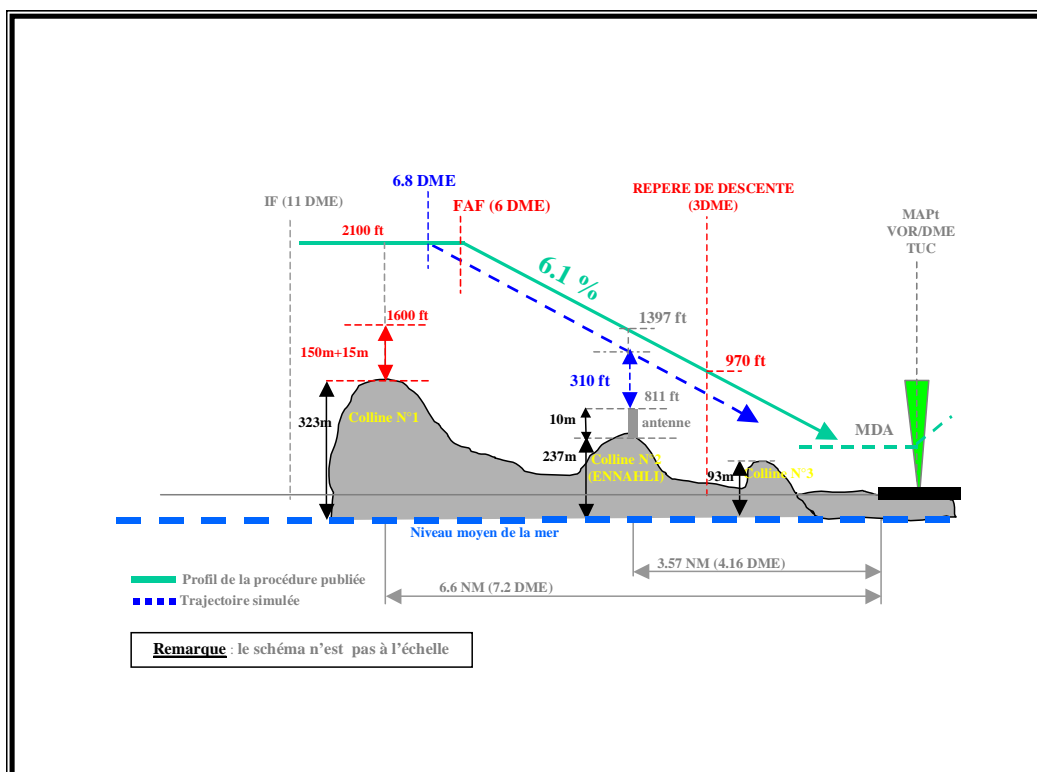
Certaines compagnies aériennes adoptent un angle de descente constant (de l'ordre de 3°) lors de l'exécution d'une approche classique. Cette technique, appelée approche stabilisée, se base sur une pente de descente constante jusqu'au toucher des roues sur la piste, garantissant toutes les restrictions d'altitudes intermédiaires.

Si l'approche comprend un DME (le cas de la piste 11 de l'aéroport Tunis-Carthage), un tableau de correspondance distances DME / altitudes et un tableau donnant le taux de descente maximum en fonction de la vitesse d'approche permettent de mieux calibrer la vitesse verticale afin de bien suivre la pente de descente constante.

Cette technique permet d'éviter les mises en paliers intermédiaires d'une part et de garantir une meilleure marge de sécurité lors du survol des obstacles en approche finale, d'autre part. Elle permet aussi aux pilotes d'être plus vigilants lors de l'exécution de l'approche parce qu'ils peuvent vérifier, nautique par nautique, la position de l'avion par rapport au plan de descente optimal et ajuster, par conséquent, la vitesse verticale pour être le plus près de ce plan.

Par contre, cette méthode surcharge l'équipage lors des vérifications distances/altitudes tout le long de l'approche.

Pour le cas du vol MSR843, si Egyptair avait adopté la méthode de la pente constante, bien que l'équipage ait commencé la descente finale à 0,8 NM avant le FAF et qu'il ait omis d'afficher au MCP la restriction d'altitude intermédiaire de 970 ft, il aurait survolé la colline d'Ennahli à 1156 ft (soit 345 ft au-dessus de l'obstacle).



D'ailleurs, l'OACI encourage les exploitants à utiliser la technique d'approche stabilisée pour les approches classiques telle que stipulée dans le Doc. 8168 – (Exploitation technique des aéronefs – Volume 1- Procédures de vol paragraphe 1.6.2) : *« les exploitants peuvent spécifier deux types de procédures d'approche pour les approches classiques. La première est celle qui consiste à descendre immédiatement à une altitude/hauteur qui ne soit pas inférieure à l'altitude/hauteur minimale du repère de palier de descente ou de la MDA /H, selon le cas ... Autrement, les exploitants sont encouragés à utiliser une technique d'approche stabilisée pour les approches classiques. Cette technique exige que l'on effectue une descente continue à une vitesse verticale de descente ajustée pour que la pente soit constante jusqu'à un point situé à 15 m (50 ft) au – dessus du seuil.... ».*

Par ailleurs, il est à signaler que le constructeur Boeing a amendé, durant le mois de juin 2002, soit environ un mois après l'accident, sa procédure d'approche pour les avions B737 en la remplaçant par l'approche stabilisée.

### **2.7.3- Approche contrôlée (monitored approach)**

Le commandant de bord et le copilote assument généralement et alternativement les fonctions de pilote en fonction (PF) et de pilote non en fonction (PNF). L'un des objectifs de ce principe est de préserver la capacité de redondance en cas d'incapacité ou bien d'erreur de l'un des deux membres d'équipage.

La fonction de PF regroupant généralement les tâches de pilotage de base et de navigation, alors que la fonction PNF comporte la gestion des communications radio, le contrôle des systèmes avion, l'assistance du PF par l'exécution de ses instructions et enfin le contrôle et le suivi de tout ce que fait le PF.

Une étude<sup>1</sup> sur les accidents d'avions survenus en phase d'approche, indique qu'environ 80% des accidents se sont produits alors que le commandant de bord était pilote en fonction (PF) et que 20% seulement des accidents se sont produits alors que le copilote était PF. Cette étude montre que les accidents de type CFIT arrivent généralement quand le commandant de bord est PF.

Une recommandation de la « Flight Safety Foundation » a été alors adoptée et suivie par plusieurs compagnies, stipulant un type d'approche dite « contrôlée » (monitored approach) lors de l'exécution d'une approche classique, c'est à dire que cette approche doit être effectuée par le copilote comme étant PF, alors que le commandant de bord est PNF, en exerçant les fonctions de contrôle de l'approche.

Le NTSB note que la méthode des approches contrôlées procure un contrôle de l'approche plus adéquat pour le PNF car le commandant de bord est plus à l'aise en exerçant son rôle basique de contrôle et de détection d'écarts en dirigeant son copilote le long de son approche tout en ayant une vue d'ensemble plutôt que l'inverse.

---

<sup>1</sup> A review of Flight Crew - Involved Major Accidents of US Air Carriers, 1978 through 1990, PP 47-49 and 55-59.

Il semble qu'Egyptair n'adopte pas la méthode d'approche contrôlée puisque pour le vol MSR843, le commandant de bord a préféré effectuer l'étape « aller » en basant probablement sa décision sur le vent fort prévu par les prévisions météorologiques TAF au départ du Caire, d'une part, et la faible expérience de son copilote face à cette situation (il totalise moins de 700 heures de vol) d'autre part.

## **2.8- Carte d'approche aux instruments**

Dans cette partie, la commission d'enquête aura à examiner la fiabilité de la carte d'approche aux instruments de la piste 11 de Tunis-Carthage en terme de clarté et étudier son rôle et sa contribution à maintenir un état de vigilance envers les obstacles présents dans l'aire de protection de l'approche finale.

Divers moyens ont été définis par l'OACI et mis en œuvre par les distributeurs de cartes d'approche pour faire figurer les obstacles dangereux et les détails de topographie :

- Utilisation de niveaux de couleurs,
- Utilisation des lignes de contour,
- Utilisation de l'ombrage,
- Utilisation de symboles...

Toutefois, la publication des informations relatives au relief et aux obstacles est envisagée par l'OACI seulement dans la partie « Plan » de la carte d'approche aux instruments. Aucune représentation du relief et des obstacles n'est normalisée par l'OACI dans la partie « Profil » d'une carte d'approche et spécialement au-dessous du segment final d'une approche aux instruments.

De même, les distributeurs de cartes d'approche n'ont pas envisagé la représentation en coupe des obstacles dans la partie profil de la carte d'approche.

La présence d'obstacles sur la trajectoire d'approche à partir d'une descente du FAF et jusqu'au toucher est un facteur à risque pour les approches classiques, eu égard aux dangers que représentent ceux-ci dans le cas d'une perte par l'équipage de la conscience de la situation verticale ou dans le cas d'oubli d'une altitude de repère intermédiaire.

Faire figurer sur les cartes d'approche les obstructions et les élévations de terrain dangereuses est un moyen qui permet d'augmenter la vigilance et de sensibiliser les équipages aux dangers du relief au voisinage des aéroports.

Lors de l'exécution d'une approche, il a été noté que le regard du pilote est focalisé sur la partie « plan » de la carte d'approche jusqu'à établi en finale. A ce moment, le regard du pilote se focalise sur la partie « profil » de descente finale. C'est pourquoi, la commission d'enquête pense que la projection des obstacles existants dans l'aire de protection de l'approche finale pourrait augmenter la vigilance de l'équipage quant au suivi et au contrôle du profil de descente finale.



Pour uniformiser la représentation des cartes et les règles de construction des procédures, la treizième réunion du Groupe d'experts sur le franchissement des obstacles (OCP/13) tenue du 28 octobre au 8 Novembre 2002, a proposé des amendements des documents PANS-OPS volume 1 et 2 et un amendement corrélatif de l'annexe 4 (Cartes aéronautiques). Les amendements proposés ont pour objectif de fournir des éléments indicatifs supplémentaires aux concepteurs, notamment en ce qui concerne les aides à la navigation nécessaires pour l'exécution d'une procédure départ/arrivée et la révision de la table des altitudes/hauteurs minimales à respecter. Cette standardisation est de nature à lever les ambiguïtés d'interprétation et de lecture et d'harmoniser la représentation des cartes sur papier et sur les écrans d'affichage au niveau du cockpit.

Les éléments indicatifs pour les procédures ont porté essentiellement sur :

- L'information à insérer au niveau de l'intitulé de la carte d'approche/départ ;
- L'équipement de navigation nécessaire pour exécuter une approche ;
- L'équipement de navigation optionnel qui permettra l'obtention d'un profil optimal;
- L'inscription des altitudes / niveaux de vol minimales de sécurité des différents segments de la procédure ou les altitudes / hauteurs supérieures, établies pour permettre une descente stabilisée à un gradient/angle de descente prescrit dans le segment d'approche intermédiaire /finale.

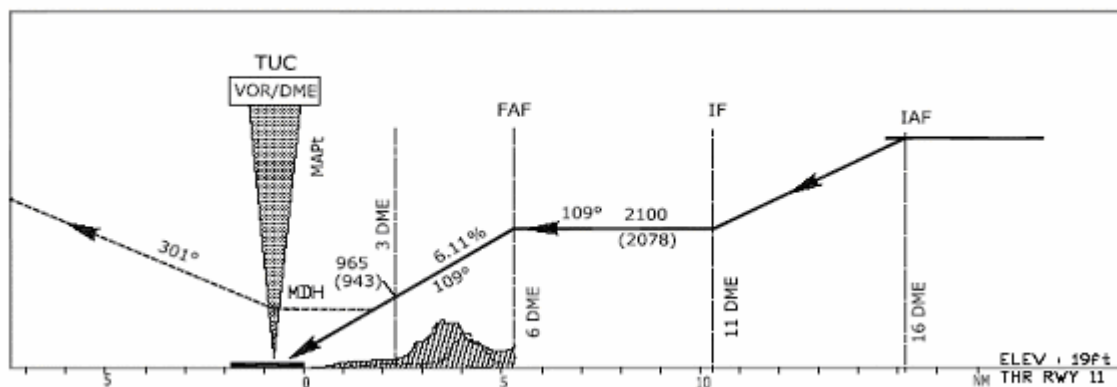
Pour des considérations de sécurité, l'amendement N°53 de l'annexe 4, approuvé par le conseil de l'OACI le 23 février 2004, prévoit une révision de la représentation des trajectoires conventionnelles et notamment en ce qui concerne les représentations des vues en profil d'une procédure d'approche. En effet, la réunion OCP/13 a proposé d'inclure dans la carte de procédure un profil du relief ou une représentation de l'altitude/hauteur minimale comme suit :

- a) Un profil du relief représenté par une ligne continue indiquant les altitudes les plus élevées du relief dans l'aire primaire du segment d'approche finale. Les altitudes les plus hautes du relief dans les aires secondaires du segment d'approche finale, indiquées par une ligne en tiret ; ou
- b) Les altitudes/ hauteurs minimales dans les segments d'approche intermédiaire et d'approche finale, indiquées dans des blocs grisés délimités.

Il y a lieu de signaler que cet amendement entrera en vigueur à partir du 25 novembre 2004.

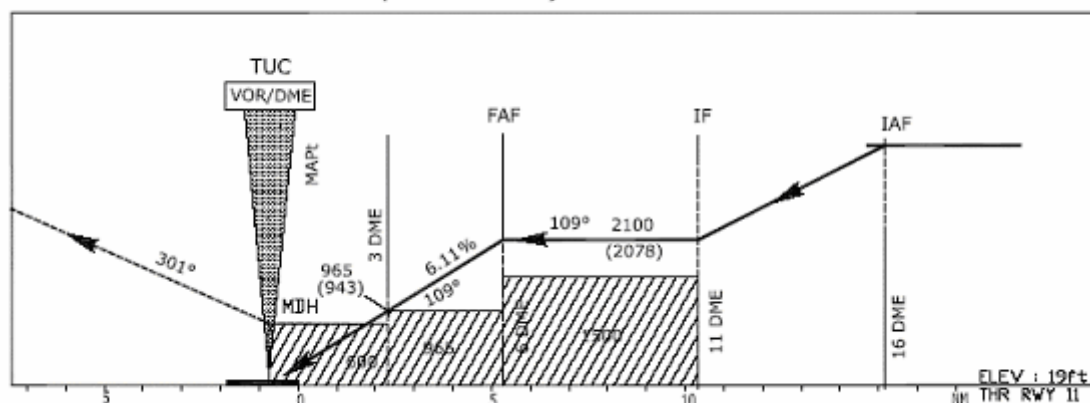
Pour ce faire, la commission d'enquête a élaboré la partie « profil » de la carte d'approche de l'aéroport Tunis-Carthage en y incluant le profil du relief,

Profil du relief selon la méthode indiquée au a) ci-dessus



et une représentation de l'altitude minimale conformément aux nouvelles dispositions de l'OACI.

Représentation des altitudes minimales selon la méthode indiquée au b) ci-dessus



Il apparaît clairement que ces représentations améliorent sensiblement la sécurité des vols puisque même si le pilote omet le repère de descente, il ne pourrait plus descendre sous l'altitude de sécurité ou le relief.

De ce fait, la commission d'enquête se félicite de l'introduction de cet amendement relatif à la définition d'exigences et de standards liés à la représentation des obstacles sur les cartes d'approche ainsi que l'introduction de dispositions pour la représentation du relief et des obstacles dans la partie profil d'une carte d'approche.

## 2.9- Procédures d'Egyptair

### 2.9.1- Intégration de l'expérience dans la programmation des équipages

Bien qu'il n'y ait aucune réglementation ou exigence internationale organisant la programmation des membres d'équipage, certaines compagnies intègrent l'expérience des pilotes comme facteur dans le processus de décision de la programmation de façon à éviter, autant que possible, une situation où l'équipage serait formé par un commandant de bord et un copilote « novices ».

La commission d'enquête a constaté qu'Egyptair a mis en place une procédure qui n'autorise l'appariement de membres d'équipage que si, au moins, l'expérience de l'un d'entre eux est supérieure à 100 heures de vol sur le type d'avion considéré. Cette procédure qui est conforme aux pratiques internationales en la matière, a été respectée dans le cas de l'équipage du vol MSR843.

Toutefois, la commission d'enquête considère que l'expérience du commandant de bord et du copilote, soit 162 heures de vol pour le premier et 639 heures pour le second reste, pour un même équipage, relativement modeste en transport aérien commercial. En effet, l'appariement de ces deux pilotes n'est pas sans conséquence sur l'application imparfaite de certaines procédures notamment celles relatives à l'approche finale.

A ce sujet, la commission d'enquête a noté avec intérêt les mesures correctives prises par Egyptair après l'accident concernant l'appariement des équipages, en élevant l'expérience individuelle de 100 à 300 heures de vol (Voir paragraphe 1.18.2.7).

### **2.9.2- Répartition des tâches entre pilote en fonction et pilote non en fonction**

L'objectif de la mise en place d'une répartition des tâches est de permettre à l'équipage d'être plus performant dans la conduite du vol en assurant l'exécution exhaustive de toutes les charges qui reviennent à chaque membre de l'équipage. De même, elle permet au copilote, lorsqu'il est PNF, de mieux intervenir pour redresser des décisions de son commandant de bord ou pour corriger ou rappeler des actions, contournant ainsi chez certains le sentiment de réserve ou de gêne inconsciente de devoir « critiquer » son commandant de bord.

La commission d'enquête a examiné la documentation mise à sa disposition par la partie égyptienne et a constaté qu'Egyptair adopte des procédures standards de répartition des tâches entre PF et PNF développées dans le GSOP de la compagnie.

Dans le cas où le pilote automatique est engagé, cette répartition des tâches assigne notamment au PF la conduite du vol (flight path control) et au PNF la surveillance et la vérification croisée de la trajectoire durant toutes les phases du vol (monitor and cross check flight path at all time).

L'examen de cette procédure et de son application par l'équipage du vol MSR843 montrent une défaillance de la part du copilote à assurer la tâche qui lui incombe en matière de surveillance et la vérification croisée de la trajectoire durant l'approche finale. En effet, il n'a ni averti que la descente était prématurée, ni signalé le repère de descente.

### **2.9.3- Annonces standards**

Les annonces standards sont définies comme des annonces orales de la part des membres de l'équipage ou de la part d'un équipement de l'avion.

La commission d'enquête a examiné la documentation mise à sa disposition par la partie égyptienne et a constaté qu'Egyptair adopte les annonces standards générales de la compagnie et celles recommandées par Boeing pour le B737. A ce sujet, il a été noté une discordance entre ces deux annonces standards notamment celle relative au FAF. En effet, d'après le FOM de la compagnie Egyptair, l'annonce au FAF est (PNF : « Passing (Fix Name),---ft » ; PF : « Altitude Checked »), alors que celle recommandée par Boeing dans le FCTM est (PNF : « OUTER MARKER/VOR/NDB/FIX, TIME,\_\_\_FT, ALTIMETERS AND INSTRUMENTS CROSS CHECKED »)

Par ailleurs, il a été relevé que l'équipage a omis les annonces relatives au passage du FAF (PNF : « *Passing FAF, 2100 ft* » ; PF : « *Altitude checked* »). L'équipage n'a, également, ni respecté l'annonce des 1000ft, ni celle relative au déclenchement de la radiosonde : (PF : « R/A alive » ; PNF : « Checked »).

De même, d'autres annonces ont été modifiées par l'équipage. A titre d'exemples, au lieu de l'annonce PNF : « *On radial* » à laquelle le PF répond « *Checked* » telle que prévue par les annonces standards de la compagnie, l'équipage a exécuté (à 14H13min38s) PF : « *Captured* » à laquelle le PNF réplique :« *VOR Loc* ».

L'application rigoureuse de la procédure des annonces standards, particulièrement celle relative aux annonces standards d'altitude durant les phases d'approche et de descente finales, est une mesure permettant, au fur et à mesure de l'approche, d'inscrire et de fixer des jalons dans la perception mentale de la situation verticale de l'avion chez l'équipage. L'intégration de la hauteur radiosonde dans le périmètre des instruments et paramètres, que le PNF est appelé à surveiller au cours de l'approche est une mesure supplémentaire permettant d'améliorer cette perception.

Dans le cas de l'accident du SU-GBI, le respect de cette procédure aurait permis à l'équipage, au moment de ces annonces de se rendre compte d'une certaine incohérence, et aurait, peut être, permis d'éviter l'accident.

Enfin, et concernant les annonces standards au FAF, si à la suite de l'annonce « *Leaving* » effectuée par le commandant de bord à 2100 ft, le copilote avait respecté les annonces standards concernant l'altitude à laquelle il aurait fallu rajouter la distance DME et le passage du FAF, l'équipage aurait été plus rigoureux dans l'exécution de son approche finale.

## **2.10- Gestion de la crise**

Conformément aux pratiques internationales en matière d'enquêtes sur les accidents d'avions, (Annexe 13 à la Convention de Chicago 1944), la commission d'enquête n'a traité des opérations de secours que de manière succincte.

L'alerte de détresse a été donnée rapidement. Il n'y a pas eu d'opérations de recherches en raison de la proximité du lieu de l'accident de certaines habitations notamment celle du gardien de l'antenne radio VHF installée au sommet de la colline d'Ennahli. Les premiers secours se sont rendus sur les lieux de l'accident dans la demi-heure qui a suivi cette alerte malgré le relief accidenté et l'absence de

toute voie carrossable dans une région vallonnée située au sein d'un parc national. Les moyens de la protection civile ainsi que ceux des services médicaux d'urgence ont été supérieurs aux besoins (34 blessés), ce qui a permis une bonne prise en charge des passagers qui en avaient besoin. Chaque entité concernée (protection civile, police et garde nationales, services médicaux d'urgence et hôpitaux publics de la région de Tunis, service médical de l'aéroport Tunis-Carthage) a mis en place un comité de gestion de la crise qui a pu faire face, avec la participation d'Egyptair, aux conséquences immédiates de l'accident.

Globalement, les opérations de secours ont été diligentes et la prise en charge des survivants a été efficace. Toutefois, la commission d'enquête a relevé, dans la gestion de la crise, que la pléthore de moyens d'intervention arrivés après l'accident, a gêné leur évolution autour de l'épave. Cette situation, compliquée par la nature accidentée du terrain, les difficultés d'accès et les conditions météorologiques rendant le sol boueux et glissant, a été favorisée par l'absence d'informations immédiates sur les besoins en secours.

La commission d'enquête estime que les moyens en excès qui ont été dépêchés sur le lieu de l'accident auraient pu servir aux secours d'un autre sinistre qui aurait pu se produire au même moment. De ce fait, elle recommande d'améliorer la coordination entre les différents intervenants afin d'optimiser les moyens de secours à déployer dans des circonstances analogues.

## **2.11- Accidents de type CFIT et moyens de les prévenir**

### **2.11.1- Généralités**

D'après les données compilées par Boeing durant la dernière décennie, sur les 200 accidents majeurs de transport aérien ayant entraîné des morts, plus de 50 % étaient associés à des accidents de type CFIT ou des accidents ayant eu lieu pendant les phases d'approche ou d'atterrissage.

D'après l'institution américaine « *Flight Safety Foundation* » (FSF), les accidents de type CFIT ont causé un nombre de victimes supérieur à celui causé par n'importe quelle autre catégorie d'accidents.

D'après les données sur les accidents, la probabilité d'occurrence d'un accident durant une approche classique (*non precision approach*) est cinq fois plus importante qu'une approche de précision. Les approches de type « step down » ont compté, par ailleurs, pour moitié dans les accidents de type CFIT.

Pour la prévention de ce type d'accident un outil de formation et de sensibilisation a été développé sous les auspices de la FSF et a été mis à la disposition des compagnies aériennes depuis 1997.

L'OACI a adopté cet outil et a mené ces dernières années un vaste effort d'intégration et de diffusion de ce programme en organisant entre autres des ateliers régionaux d'information et de sensibilisation à l'instar de ceux réalisés pour le

« wind shear » et « l'accélération arrêt ». Cette approche vise à encourager la diffusion, à grande échelle et auprès de tous les pilotes, de ce programme de formation.

### **2.11.2- Représentation de la situation verticale**

Parmi les facteurs qui ont été identifiés comme cause dans les accidents de type CFIT, est celui relatif à la perte de la conscience, par l'équipage de la situation verticale de l'avion.

Actuellement, les équipages, pour se représenter mentalement une image de la situation verticale, se basent et intègrent différentes sources d'information comme l'altitude barométrique, la hauteur radiosonde, l'indicateur V/S, le GPWS, les informations de navigation tirées du FMC, les cartes d'approche ...

Les pilotes sont formés pour compiler toutes ces sources d'information afin de se représenter mentalement une image claire et précise de la situation verticale.

Il arrive que la qualité du modèle mental relatif à la représentation de la situation verticale soit altérée, spécialement durant des phases critiques, par des surcharges de travail, des moments d'inattention, de fatigue, de stress ...

Diverses options ont été développées ces dernières années pour améliorer le contrôle, de la part des équipages, de la trajectoire verticale.

### **2.11.3- Dispositif avertisseur de proximité sol amélioré (EGPWS)**

L'avion SU-GBI était équipé d'un dispositif avertisseur de proximité sol GPWS d'ancienne génération.

La commission d'enquête a constaté, à la suite d'une simulation, réalisée par l'équipementier Honeywell, avec les données de l'accident et utilisant le dispositif de nouvelle génération l'EGPWS (*Enhanced Ground Proximity Warning System*), que si l'avion SU-GBI avait été équipé avec l'EGPWS, une alerte orale « *Caution terrain* » avec une représentation de couleur jaune du terrain sur l'écran radar aurait été, respectivement, entendue et visualisée 32 s avant l'impact.

Terrain Alert at 32 seconds before impact at 1,280 feet



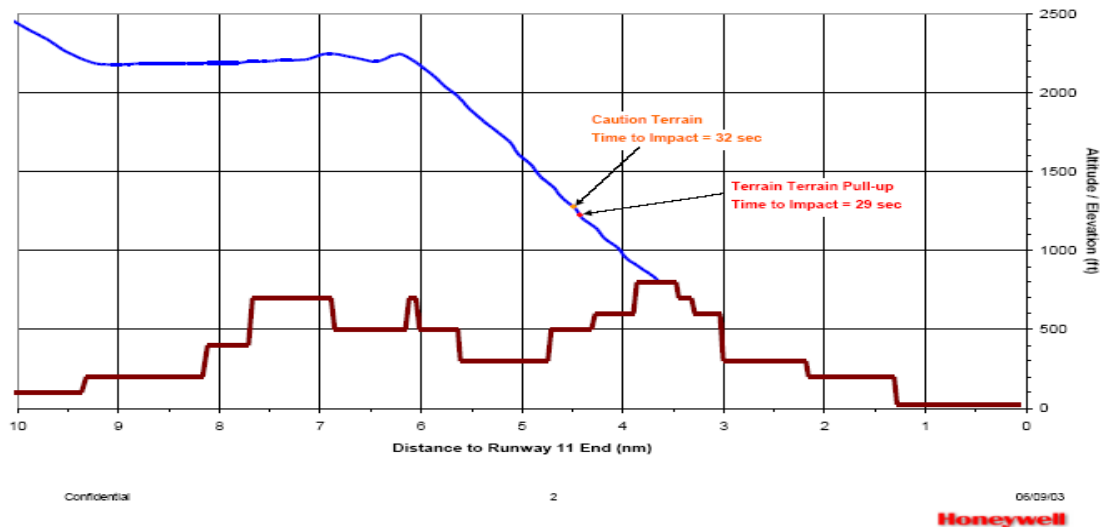
Une alarme orale « *Terrain Terrain* » et « *Pull Up* » ainsi qu'une représentation de couleur rouge du terrain sur l'écran radar, aurait été respectivement entendue et visualisée 29 s avant l'impact.

Terrain Warning at 29 seconds before impact at 1,230 feet



Ces alarmes sonores et visuelles se seraient poursuivies jusqu'à l'impact ou la réalisation d'une manœuvre d'évitement.

Tunis, Tunisia  
Accident: May 07, 2002  
B737-500



La commission d'enquête considère que les délais de 29 s et de 32 s sont largement suffisants pour entreprendre et réussir une manœuvre d'évitement.

A cet effet, la commission d'enquête recommande vivement la généralisation de l'installation de l'EGPWS et l'accélération des efforts de rétrofit de cet important dispositif comme barrière supplémentaire contre les accidents de type CFIT.

#### 2.11.4- Dispositif de représentation de la situation verticale (VSD)

Poursuivant les efforts pour améliorer la représentation verticale chez les équipages, un nouveau concept a été développé en tant que perfectionnement de l'EGPWS, il s'agit du « Vertical Situation Display » (VSD).

Ce nouveau concept consiste à offrir sur écran une représentation intuitive de la situation verticale relative aux terrains environnants et à la trajectoire de descente finale.

Le VSD rajoute une vue de profil du terrain et de la trajectoire du vol. Cette représentation vient s'ajouter à la vue latérale du terrain déjà disponible avec l'EGPWS.

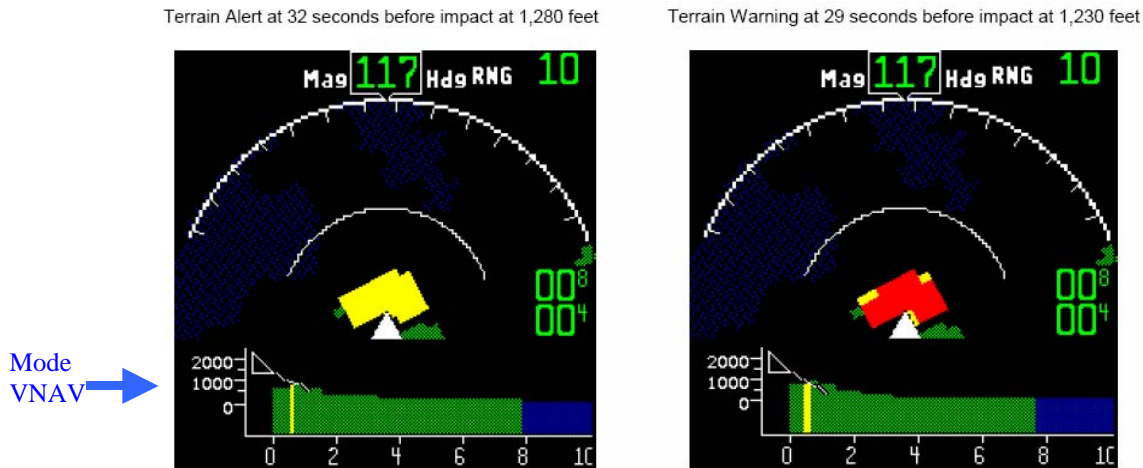
Le VSD permet ainsi à l'équipage d'avoir une meilleure conscience de la situation verticale en visualisant la trajectoire du vol et la position de l'avion par rapport aux terrains environnants.

Des colorations en jaune d'abord, en rouge ensuite de la représentation en coupe des terrains traduisent les alarmes de proximité de l'EGPWS « *Caution terrain* » et « *Terrain Terrain Pull Up* ».

Une simulation a été réalisée avec les données de l'accident pour montrer les visualisations qui auraient été disponibles pour les équipages avec ce dispositif.



Tel qu'indiqué ci-après, dans la partie inférieure de l'écran radar, l'équipage aurait eu une représentation de la colline d'Ennahli avec à 32 s de l'impact une coloration en jaune du terrain, suivie à 29 s de l'impact d'une coloration rouge du terrain, associées aux alarmes respectives « *Caution terrain* » et « *Terrain Terrain Pull Up* ».



Ce nouveau concept est disponible depuis début 2003 comme option sur les avions B737 en production. Il est également disponible en retrofit pour les B737-600, 700,800 et 900 déjà en service. De plus, le constructeur Boeing compte l'offrir pour les avions d'ancienne génération B 737-200, -300, -400, -500, mais à ce jour aucune confirmation de la date de disponibilité n'a été communiquée.

La commission d'enquête envisage de recommander vivement l'adoption de cette amélioration comme un nouvel outil performant à la disposition des équipages pour améliorer leur perception de la représentation mentale du profil de la situation verticale.

### 2.11.5- Navigation verticale (VNAV)

Afin de permettre aux équipages l'exécution des approches stabilisées ( approche à pente de descente constante), une nouvelle méthode de navigation verticale a été développée. Cette méthode utilise le mode VNAV qui, se basant sur les données du FMS ou bien du GPS, détermine un guidage électronique pour maintenir une pente constante en respectant toutes les restrictions d'altitudes intermédiaires jusqu'à la MDA.

Ce mode, installé sur les avions de nouvelle génération, permet de réduire considérablement la charge de travail de l'équipage et offre un meilleur suivi du profil de descente. En effet, une fois l'avion stabilisé en palier, l'équipage affiche la MDA au MCP et engage, au FAF, le mode VNAV. L'avion suit automatiquement

la trajectoire, l'équipage assurant alors le contrôle de la trajectoire. L'avion d'Egyptair n'était pas doté de ce mode de navigation verticale pour l'approche.

Dans le cadre de rétrofit, le constructeur Boeing propose la mise à jour du mode VNAV approche même sur ses avions d'ancienne génération comme le B737-500.

La commission d'enquête est persuadée qu'en fournissant un guidage vertical avec pente de descente constante vers la piste, l'utilisation du FMS de bord ou du GPS permet l'amélioration de la sécurité de l'exécution des approches classiques.

A cet effet, la commission d'enquête recommande :

- L'équipement de tous les avions qui sont capables de recevoir ce système de guidage vertical ;
- D'imposer l'utilisation de ce système dans le cas d'une approche classique, si les caractéristiques du terrain permettent d'adopter un angle de descente constant en toute sécurité.

#### **2.11.6- Dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité (MSAW)**

L'objectif de la fonction MSAW (Minimum Safe Altitude Warning) est d'aider à prévenir les impacts sans perte de contrôle en générant en temps opportun un avertissement concernant la possibilité qu'une altitude minimale de sécurité soit enfreinte.

Le MSAW constitue une nouvelle barrière de défense contre les accidents de type CFIT et agit de manière complémentaire et indépendante.

Le système radar tunisien est doté de cette fonction qui assure une protection à l'extérieur d'un cylindre centré autour de l'aéroport Tunis-Carthage, de rayon 25 NM et d'une hauteur de 6000 ft.

La commission d'enquête a constaté que les services compétents tunisiens ont entamé une étude de faisabilité relative à la réduction du volume du cylindre précité.

#### **2.11.7- Système d'atterrissage aux instruments (ILS)**

Une étude sur la possibilité d'installation d'un ILS sur la piste 11 a été réalisée par les services spécialisés de l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports en novembre 1999. Cette étude a conclu que l'installation d'un ILS sur la piste 11, conformément aux dispositions de l'OACI, élèverait la hauteur de décision à 973 ft pour une pente de 3,5° et à 960 ft pour une pente de 3° alors que la hauteur minimale de descente de l'approche classique VOR/DME est de 580 ft.

Considérant les statistiques des accidents qui montrent que la probabilité pour avoir un accident de type CFIT impliquant une approche classique (non precision approach) est cinq fois plus importante qu'un accident impliquant une approche de précision, la commission d'enquête recommande d'approfondir l'étude réalisée en

1999 en envisageant notamment la possibilité d'installation d'un ILS hors normes OACI (angle supérieur à 3,5°) et/ou l'installation d'un ILS avec un seuil décalé pour la piste 11, tout en faisant ressortir l'impact technico-opérationnel de chacune des solutions.

## 2.12- Les enregistreurs

### 2.12.1- Enregistreur de vol (FDR)

A la dernière trame valide, tirée du dépouillement du FDR, correspond une hauteur radiosonde de 29 ft. L'enregistrement des paramètres de vol n'a pas couvert l'impact de l'avion ( ce qui aurait modifié les valeurs des paramètres au toucher des trains).

Une moyenne sur les trois dernières secondes de l'enregistrement de la décroissance du paramètre radiosonde donne une valeur de 32 ft. De ce fait, l'impact aurait eu lieu 0,9 s après l'instant de la dernière trame enregistrée.

Bien que la commission d'enquête reste persuadée que l'absence de cette dernière seconde n'aurait aucune conséquence sur les résultats des investigations, des tentatives ont été faites pour essayer de récupérer des fragments de données potentiellement perdus.

Ces tentatives ont consisté à passer au grenat la bande magnétique contenant les paramètres de vol, d'une part, et à essayer de lire le contenu des mémoires tampons du FDAU d'autre part. Ces efforts se sont révélés infructueux.

Toutefois, la commission d'enquête est persuadée que l'enregistreur FDR présente un retard de phase dû à son inertie. En effet, à l'instant  $t$  le FDR enregistre une trame de valeurs de paramètres correspondant à un instant  $t - \varepsilon$ .

Ce retard  $\varepsilon$ , dû à l'inertie, est expliqué par la somme, non exhaustive, des micro-retards suivants :

- Acquisition des données par les capteurs ;
- Envoi de ces données sur le bus de données de l'avion ;
- Réception de ces données par le FDAU ;
- Mise des données dans une mémoire tampon ;
- Traitement à l'intérieur du 1er CPU du FDAU ( préparation d'un mot constituant d'une trame avec d'autres paramètres) ;
- Envoi de ce mot vers le FDR ;
- Préparation et application de la tête d'enregistrement sur la bande magnétique (processus mécanique) ...

A ce sujet, la commission d'enquête a vainement essayé de chercher des études relatives à l'estimation exacte du retard dû à l'inertie du FDAU et du FDR.

De l'avis de la commission d'enquête, cette inertie pourrait expliquer pleinement la non-couverture de l'instant de l'impact par le FDR, en plus de la coupure de l'alimentation électrique provenant des réacteurs.

A cet effet, la commission d'enquête, en considérant que les problèmes :

- de la dernière seconde était une question récurrente,
- de dépendance des enregistreurs d'accidents de l'alimentation électrique provenant des réacteurs,

propose à l'OACI, d'entreprendre les études nécessaires afin de doter les enregistreurs de bord (FDR et CVR) de source d'alimentation électrique indépendante, fiable et résistante.

### **2.12.2- Enregistreur de paramètres non protégés (DAR)**

L'avion SU-GBI était doté d'un enregistreur de maintenance (DAR), potentiellement utilisable par la compagnie pour ses besoins de maintenance ou d'analyse des vols.

La commission s'est intéressée à cet équipement, bien qu'il ne soit pas un moyen réglementaire, pour essayer de récupérer les derniers instants du vol.

Malgré que cet équipement présente, conceptuellement, un retard de 2 secondes par rapport au FDR, sa lecture aurait pu valider le contenu du FDR, et aurait amené un complément d'informations.

Le résultat du dépouillement du DAR a été infructueux. Le processus d'enclenchement de l'enregistrement de la bande n'a pas eu lieu.

Par conséquent, la commission d'enquête recommande à Egyptair d'assurer une maintenance préventive et continue du DAR. Celui-ci permettant d'alimenter un programme FOQA en données précieuses pour l'analyse systématique des écarts, composant majeur de toute politique de prévention des accidents.

### **3- CONCLUSIONS**

#### **3.1- Faits établis**

1. L'avion SU-GBI détenait un certificat de navigabilité en cours de validité. Il était entretenu conformément à la réglementation de l'aviation civile égyptienne.
2. La masse et le centrage de l'avion étaient dans les limites prescrites.
3. Avant l'impact, aucune indication n'a été relevée concernant une défaillance ou une défektivité de fonctionnement des commandes de vol de l'appareil, de ses circuits, de sa structure ou de ses moteurs.
4. Il n'y avait aucune trace d'incendie ou d'explosion à bord de l'avion avant ou après l'impact.
5. L'équipage détenait les licences et qualifications réglementaires nécessaires à l'accomplissement du vol.
6. L'équipage détenait les certificats médicaux d'aptitude physique et mentale réglementaires en cours de validité.
7. Le commandant de bord a totalisé 4509 heures de vol dont 1487 heures sur B737-500. Après un passage en tant que copilote sur B767 et B777, il a effectué 162 heures vol en tant que commandant de bord sur B737-500.
8. Le copilote a totalisé 880 heures de vol dont 639 heures sur B737-500. Sa progression dans la formation n'a pas été constante.
9. Le commandant de bord était pilote en fonction lors de l'approche.
10. Le personnel ATC ayant assuré le contrôle du vol MSR 843 depuis son entrée dans la FIR de Tunis détenait les licences et qualifications réglementaires nécessaires.
11. Les aides à la navigation au sol VOR/DME de la piste 11, le radar ATC et les moyens de communications air/sol fonctionnaient normalement le jour de l'accident.
12. Les mauvaises conditions météorologiques, réellement observées le jour de l'accident entre 14h00 et 14h30 à l'aéroport Tunis-Carthage, étaient en concordance avec les prévisions.
13. Au moment de l'accident, la visibilité était réduite au niveau de la colline d'Ennahli, lieu de l'accident.

14. Il n'y avait aucune indication sur un cisaillement de vent qui aurait pu se produire juste avant l'impact.
15. Les conditions météorologiques défavorables auraient probablement généré un stress chez l'équipage et particulièrement chez le commandant de bord.
16. Le briefing de l'approche n'apparaît pas dans les 30 minutes d'enregistrement du CVR.
17. L'équipage a été informé de la piste en service (piste11) par le contrôle régional avant la descente. A environ 18 minutes de l'impact, le contrôle d'approche a instruit l'équipage de procéder pour une approche VOR/DME, piste 11 via le point GOLLA.
18. Le vol MSR 843 a entamé sa descente finale vers la piste 11 de l'aéroport Tunis-Carthage à 6,8 DME, soit 0,8 NM avant le repère d'approche finale FAF. L'équipage était conscient d'avoir entamé une descente prématurée.
19. La compagnie Egyptair adopte la procédure d'approche VOR/DME du constructeur Boeing qui prescrit une descente à une vitesse verticale constante de 1000 ft/min. Cette procédure a été remplacée par une approche VOR/DME à angle constant ( Instrument approach using vertical speed ) en date du 7 juin 2002.
20. Le repère de descente de 970 ft à 3 DME n'a été ni évoqué durant les 30 dernières minutes du vol, ni affiché au MCP après la libération du FAF.
21. L'annonce standard du passage des 1000 ft n'a pas été mentionnée par l'équipage.
22. Durant la dernière minute du vol, le commandant de bord a multiplié les interventions non toutes nécessaires durant cette phase critique d'approche, ce qui aurait contribué à la dispersion et à la déconcentration du copilote, ce dernier ne pouvant plus assurer convenablement son rôle de veille et de contrôle en particulier celui relatif à la trajectoire verticale de l'avion.
23. Une simulation de la trajectoire de l'avion (avec une descente à 1000 ft/min aux conditions du jour) a montré que si la descente prématurée ou le non-respect du repère de descente avait pu être évité ou prévenu, l'accident n'aurait, peut être, pas eu lieu.
24. Les alarmes associées aux modes 1, 2 et 6 du GPWS ne se sont pas déclenchées en raison des conditions de vol non réunies pour chacun de ces modes (mode 1 : Configuration d'atterrissage ; mode 2 : Taux de descente de la hauteur radiosonde élevé ; mode 6 : Taux de descente de l'altitude barométrique inférieur à 1000 ft/min).

25. Une simulation avec les données du vol, juste avant l'impact, en supposant que le dispositif EGPWS était installé à bord, a montré que des alarmes orales et visuelles auraient été déclenchées une trentaine de secondes avant l'impact, délai suffisant pour entreprendre et réussir une manœuvre d'évitement.
26. L'avion n'était pas doté du mode de navigation verticale VNAV pour les approches. Ce mode permet de réduire considérablement la charge de travail de l'équipage ainsi qu'un meilleur suivi du profil de descente.
27. Le petit nombre d'approches classiques, notamment VOR/DME, aussi bien dans les programmes de formation des pilotes qu'en exploitation normale, pourrait expliquer, en partie, le manque de rigueur de l'équipage lors de l'exécution de l'approche.
28. La faible expérience de l'équipage sur le type d'avion associée à la pauvreté des contrôles mutuels aurait contribué, en partie, à l'absence de surveillance de la trajectoire verticale de l'avion.
29. Les efforts entrepris par Egyptair pour prévenir les accidents de type CFIT demeurent assez insuffisants pour sensibiliser et former les pilotes aux diverses spécificités de ces types d'accidents.
30. La fonction MSAW du système ATC assure une protection en dehors du volume d'espace cylindrique de rayon 25 NM centré sur Tunis-Carthage et de hauteur 6000 ft.
31. La mise en œuvre de l'amendement N°53 de l'annexe 4 à la Convention de Chicago approuvé par le conseil de l'OACI le 23 février 2004, est de nature à permettre d'augmenter la vigilance de l'équipage quant aux reliefs survolés. Cet amendement dont la mise en œuvre est prévue pour le 25 novembre 2004, prévoit dans la vue en profil de la carte de procédures, un profil du relief ou une représentation de l'altitude / hauteur minimale.
32. Les opérations de secours se sont globalement bien déroulées en termes de rapidité et de moyens mis en œuvre. Ces moyens ont dépassé largement les besoins des victimes de l'accident.

### **3.2- Causes de l'accident**

L'accident est dû à la défaillance de l'équipage dans l'exécution et le contrôle de l'approche finale. Ceci a été matérialisé par le non-respect du repère de descente associé à la décision d'entamer la descente finale prématurément.

Les facteurs ayant contribué à l'accident sont :

- Les mauvaises conditions météorologiques qui ont régné au moment de l'accident et notamment la visibilité réduite ;
- Les insuffisances relevées dans la formation des deux pilotes notamment celles relatives aux approches classiques VOR /DME ;
- La faiblesse relative de l'expérience en vol des deux membres de l'équipage sur le type d'avion exploité.



## **4- RECOMMANDATIONS DE SECURITE**

### **4.1- Formation sur les approches classiques**

L'enquête a révélé que le nombre d'approches de précision effectuées lors des séances sur simulateur de vol dépasse de loin celui des approches classiques et ce aussi bien pour le commandant de bord que pour le copilote.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **que la compagnie Egyptair procède à un meilleur équilibrage dans les séances d'entraînement sur simulateur de vol entre les approches de précision et les approches classiques ;**
- **que la compagnie Egyptair varie davantage les approches classiques dans les séances d'entraînement sur simulateur de vol de manière à couvrir tous les types d'approches classiques ;**
- **que les compagnies aériennes s'assurent que leurs pilotes effectuent périodiquement des approches classiques au cours de l'exploitation normale de jour dans des conditions de vol à vue et sous réserve de ne pas compromettre la sécurité du vol.**

### **4.2- Techniques d'approches**

La commission d'enquête s'est penchée sur une étude comparative entre les différentes techniques d'approches utilisées et a conclu que l'adoption d'une approche stabilisée augmenterait la marge de sécurité par rapport à une approche à vitesse verticale constante (ou par paliers). Cette technique d'approche stabilisée est encouragée par l'OACI.

L'approche stabilisée peut être exécutée en pilotage automatique grâce au mode VNAV. Ce mode, installé sur les avions de nouvelle génération, permet de réduire la charge de travail de l'équipage et offre un meilleur suivi du profil de descente.

En conséquence, la commission d'enquête recommande que les compagnies aériennes :

- **favorisent l'adoption de l'approche stabilisée, procédure encouragée par l'OACI ;**
- **étudient l'opportunité d'intégration du mode VNAV pour l'approche dans l'exploitation des avions pouvant être concernés.**

### 4.3- Formation CFIT

La commission d'enquête a constaté des insuffisances au niveau de la sensibilisation des équipages d'Egyptair sur la prévention des impacts sans perte de contrôle (CFIT).

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **que la compagnie Egyptair renforce ses programmes de formation et de sensibilisation concernant la prévention des accidents de type CFIT.**

### 4.4- Formation aux facteurs humains

L'analyse du comportement de l'équipage a mis en évidence certaines carences dans les domaines de la communication et du contrôle mutuel. La commission d'enquête considère que le fonctionnement de l'équipage constitue l'un des éléments importants de la sécurité des vols.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **que la compagnie Egyptair accélère l'élaboration d'un programme de formation de la gestion des ressources de l'équipage (CRM) pour tous ses pilotes et ce, dès le stade de la qualification de type.**

### 4.5- Installation de l'EGPWS

Compte tenu de la configuration d'atterrissage de l'avion, le dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS) qui équipait l'avion SU-GBI n'a pu fournir l'alarme nécessaire à l'équipage lors du rapprochement de la colline. Ce dispositif a montré ses limites quant à l'alerte des équipages lors de rapprochements dangereux du relief par rapport au nouveau dispositif amélioré, l'EGPWS.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **que la compagnie Egyptair ainsi que les autres exploitants concernés et opérant dans le secteur du transport aérien commercial prennent les mesures nécessaires afin d'accélérer l'installation de l'EGPWS sur ses différents types d'avions.**

### 4.6- Dispositif de surveillance des altitudes minimales de sécurité (MSAW)

Un dispositif sol dénommé MSAW (Minimum Safe Altitude Warning), déjà opérationnel dans certains pays permet aux services de contrôle de la circulation aérienne d'informer aussitôt que possible l'équipage d'un aéronef en cas de rapprochement dangereux par rapport au relief.

L'enquête a permis de constater :

1. que la fonction MSAW assure une protection en dehors du volume d'espace cylindrique de rayon 25 NM centré sur Tunis-Carthage et de hauteur 6000 ft et de ce fait, elle ne couvre pas l'approche de la piste 11,
2. qu'une étude de faisabilité relative à la réduction de ce volume, est en cours.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **l'achèvement de cette étude dans les meilleurs délais possibles tout en examinant la possibilité d'y intégrer l'extension de cette fonction aux approches vers l'aéroport Tunis-Carthage.**

#### **4.7- Représentation du relief et des obstacles sur la carte d'approche**

- a) La publication des informations relatives au relief et aux obstacles est envisagée jusqu'alors par l'OACI dans la partie plan seulement de la carte d'approche. L'OACI a adopté le 23 février 2004 l'amendement N°53 de l'annexe 4 à la Convention de Chicago. Cet amendement comprend la recommandation 11.10.6.5. qui introduit la représentation du profil du relief ou une représentation de l'altitude / hauteur minimale dans la partie profil des cartes d'approches.

La commission d'enquête a conclu que cet amendement serait très utile pour la prévention des accidents.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

- **que l'OACI élève la recommandation 11.10.6.5. figurant à l'amendement N°53 de l'annexe 4 au statut de norme et accélère son entrée en vigueur.**

**A**

**N**

**N**

**E**

**X**

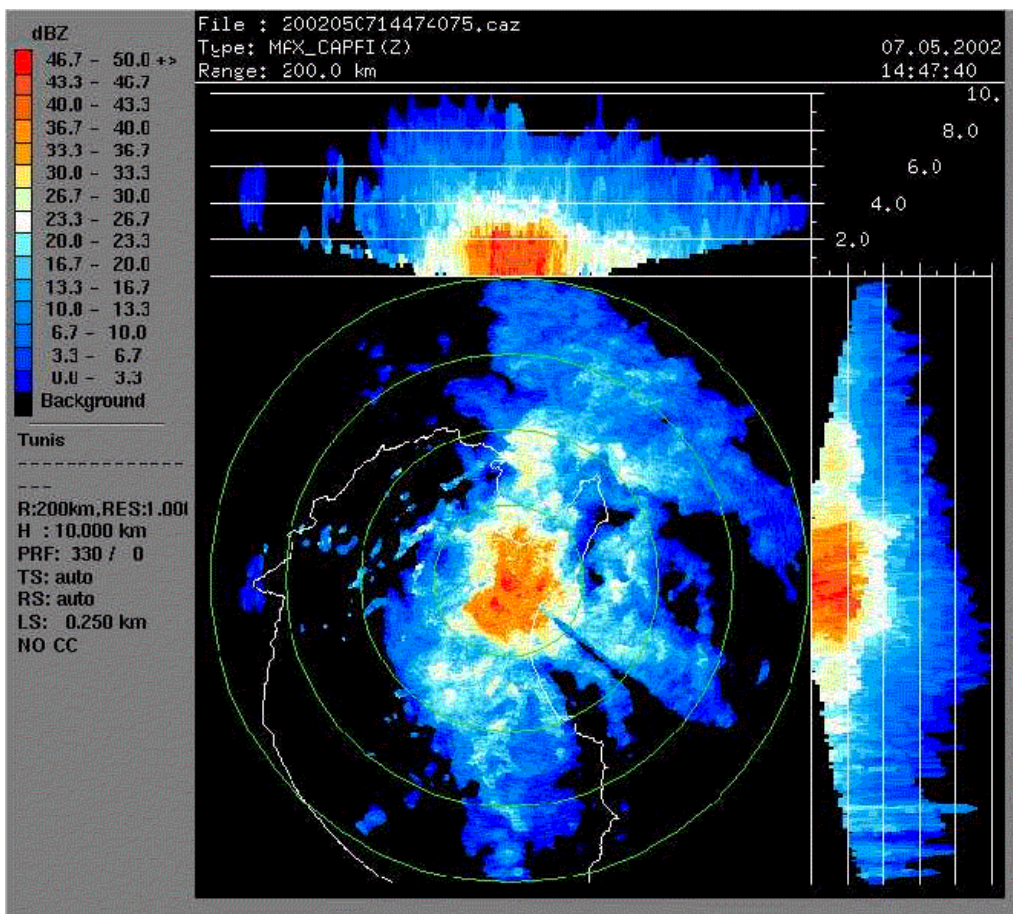
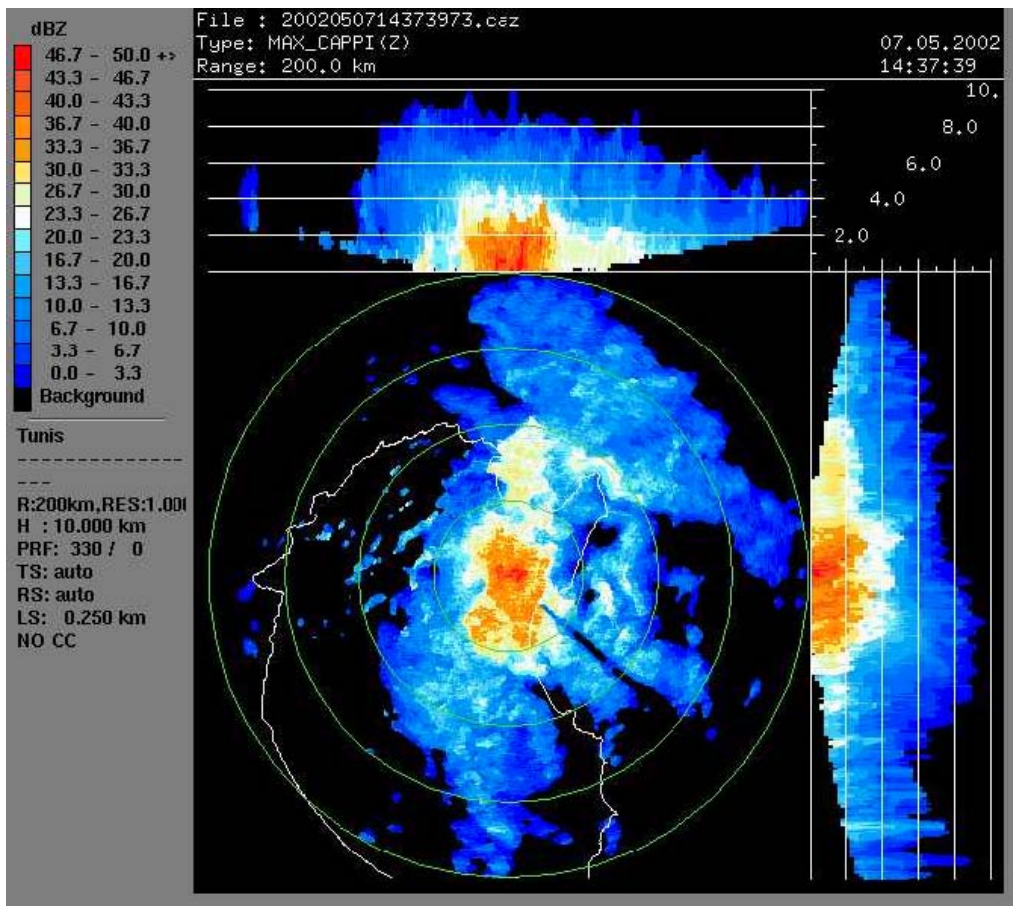
**E**

**S**

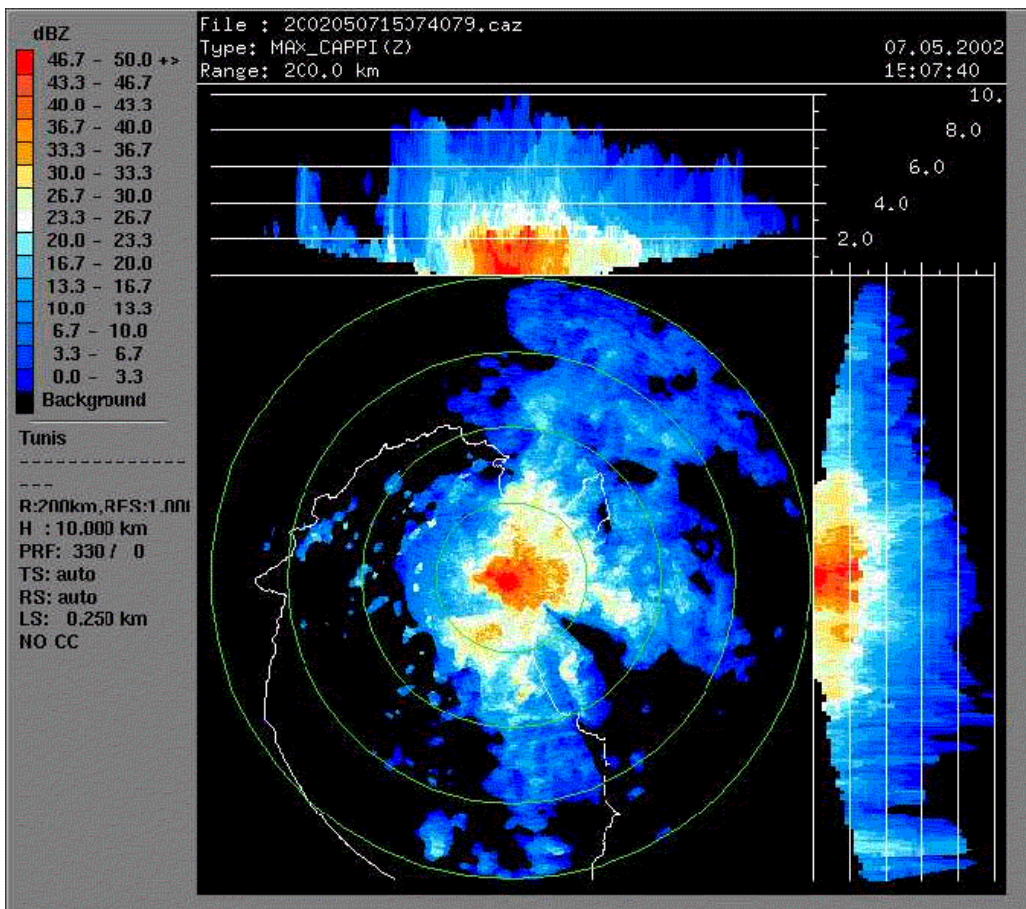
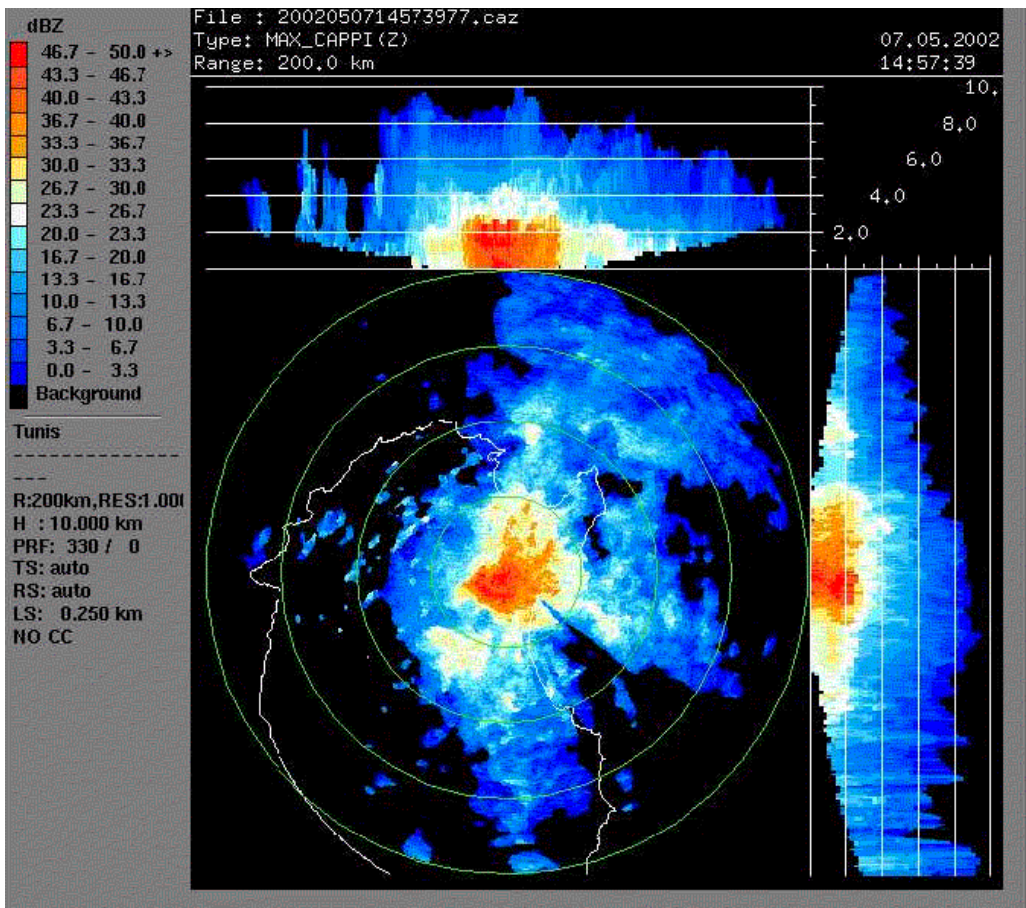
# ANNEXE 1

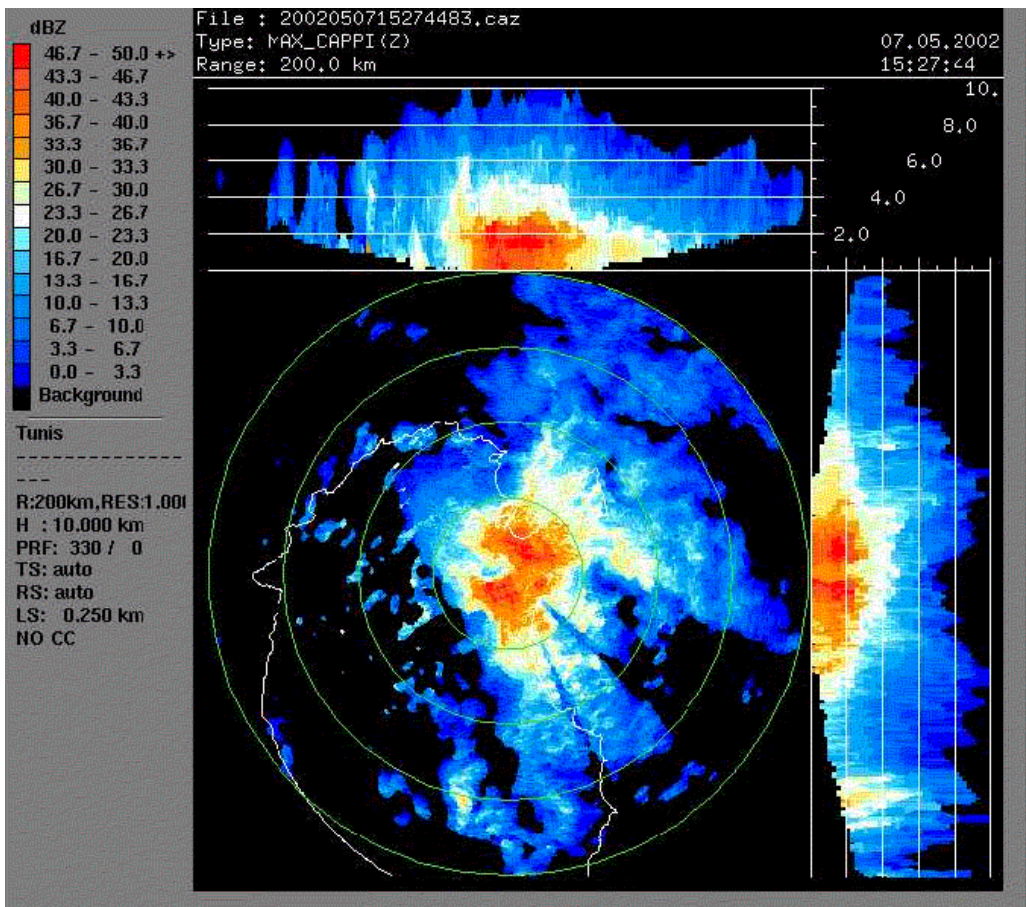
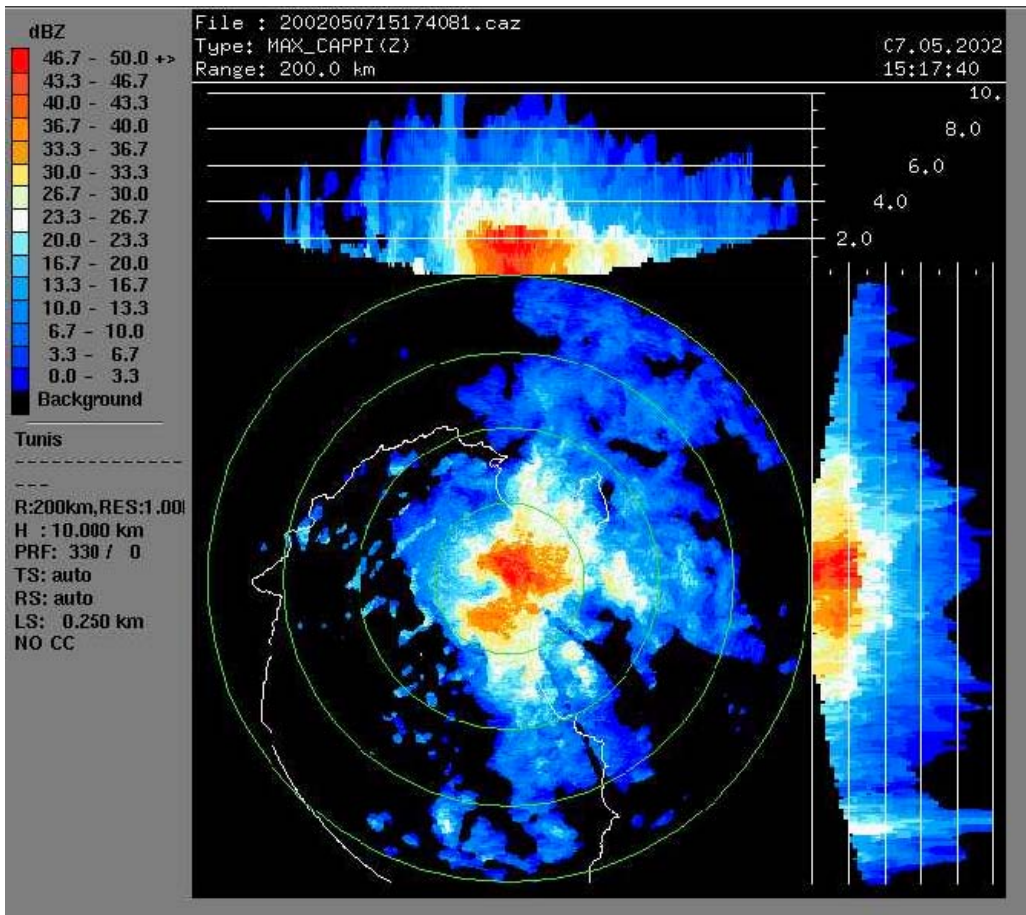
## IMAGES RADAR METEOROLOGIQUE

**Note :** Les heures figurant dans les images radar sont exprimées en Temps Local (UTC+1).







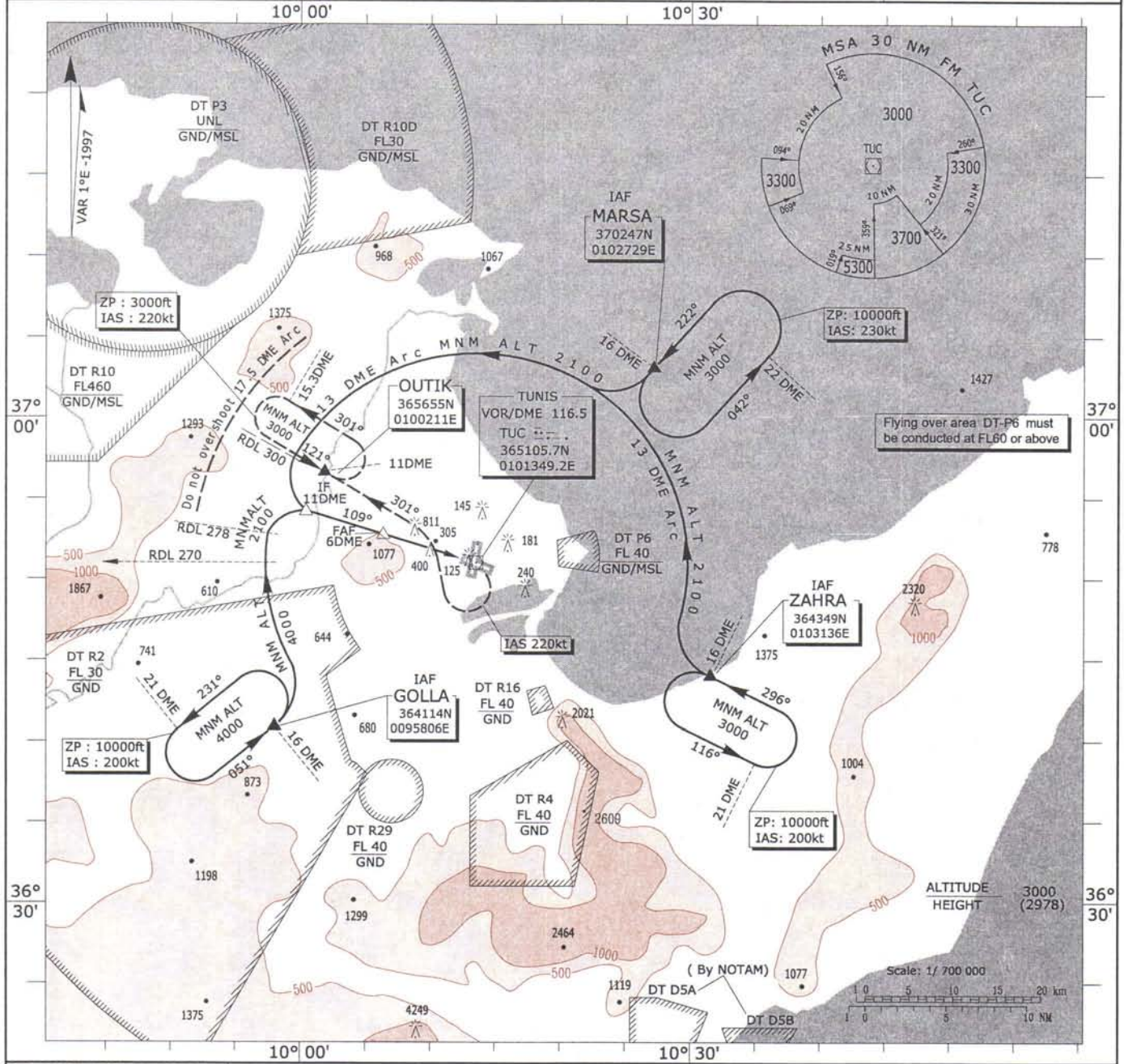




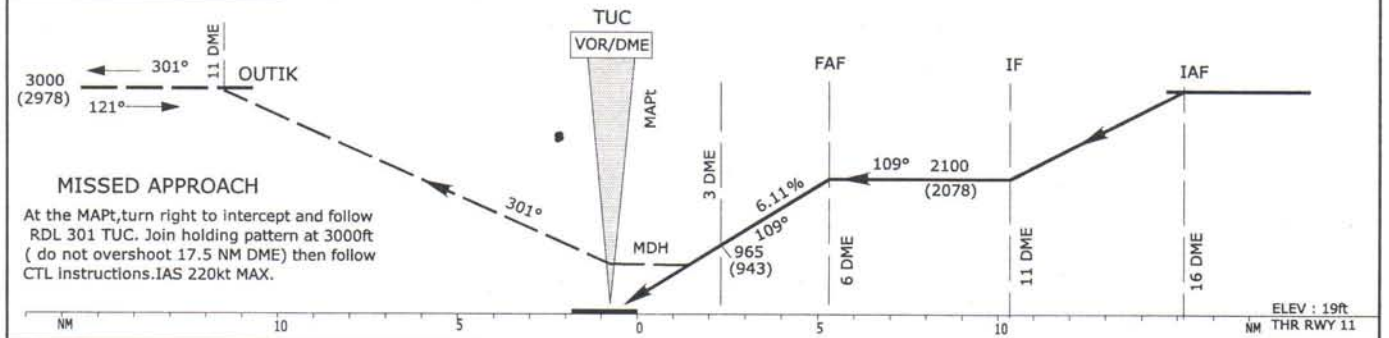
## **ANNEXE 2**

# **CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME PISTE 11 DE L'AEROPORT TUNIS-CARTHAGE PUBLIEE DANS L'AIP-TUNISIE**

<b>INSTRUMENT APPROACH CHART ICAO</b>	<b>AD ELEV 22ft</b>	<b>THR ELEV 19ft</b>	<b>TWR 118.1</b> <b>APP 121.2</b>	<b>TUNIS-Carthage ZAHRA-MARSA-GOLLA VOR/DME RWY 11</b>
HEIGHTS ARE RELATED TO AD BEARINGS ARE MAGNETIC ALTITUDES AND HEIGHTS IN ft				



**TRANSITION ALT 3000**



**MISSED APPROACH**  
At the MAPt, turn right to intercept and follow RDL 301 TUC. Join holding pattern at 3000ft (do not overshoot 17.5 NM DME) then follow CTL Instructions. IAS 220kt MAX.

CAT OF ACFT	ZAHRA-MARSA-GOLLA VOR/DME				CIRCLING			
	OCH (ft)	MDH (ft)	MDA (ft)	VH (m)	OCH (ft)	MDH (ft)	MDA (ft)	VH (m)
A	580	580	600	1600	490	490	510	1900
B	580	580	600	2000	680	680	700	2800
C	580	580	600	2500	1150	1150	1170	3700
D	580	580	600	3100	1150	1150	1170	4600

	kt	90	110	120	130	150	170	190
FAF/MAPt 6DME	min:S	4.00	3.16	3.00	2.47	2.24	2.08	1.54
Rate of descent	ft/min	555	680	745	805	930	1050	1175
Distance DME TUC		5	4	3	2			
HEIGHTS		1685	1315	945	575			

## **ANNEXE 3**

# **TRANSCRIPTION DE L'ENREGISTREMENT PHONIQUE (CVR)**

## AVERTISSEMENT

Ce qui suit représente la transcription des éléments qui ont pu être compris au cours de l'exploitation de l'enregistrement 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 manœuvres de sélecteurs ou 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.

## GLOSSAIRE

-	Début et sens de lecture de la phrase
()	Le mot ou groupe de mots placés entre parenthèse sont douteux
(...)	Mot ou groupe de mots sans rapport avec la conduite du vol
(*)	Mot ou groupe de mots non compris

Temps	Commandant de bord	Copilote	Contrôleur ATC	Observations
13:46:28	- كاتك راكب عجلة، الثلج عمال يخبط تك تك سامعه؟			
13:46:34		- أه		
13:46:44	- One One، حنخلي يمين إن شاء الله، يمين في يمين			
13:46:46		- إن شاء الله		
13:47:30			- Egypt Air 8 4 3 Malta	
13:47:32		- Go ahead sir Egypt Air 8 4 3		
13:47:34			- 8 4 3 maintain flight level 3 5 0 until further, restriction from Tunis	
13:47:40		- Ok sir restriction by Tunis 3 5 0 until SONAK Egypt Air 8 4 3		
13:47:48		- عنده زحمة (*)		
13:47:50	- أكيد الجو دا ببقى فيه مهوبصة			
13:48:01	- 3 5 0 set 3 5 0 set، ما فيش مشكلة، وهنا OK، all set			
13:48:28	- مش عارف الصوت دا صوت إيه؟			
13:48:30		- صوت تلج		
13:48:31	- لا والناحية دي بس عمره ما جاء عندك أنت. بس مش أول رحلة			
13:48:36		- عشان ال wind		
13:48:37	- لا ولا حتى ال wind جاي من عندك بيسمع هنا بس			
13:49:13	- إيه 116 ميل بس من تونس VOR؟ يا سلام			
13:49:33			- Egypt Air 8 4 3 radar service terminated contact Tunis on 1 3 2 5 5 (switch) to Tunis	
13:49:39		- 1 3 2 5 Egypt Air 8 4 3		
13:49:41	- 5 5			
13:49:42		- 1 3 2 5 5 thank-you bye		
13:50:27		- تونس السلام		

		Egyptair 843, عليكم, maintaining 350		
13:50:31			- عليكم السلام 843, Standby	
13:50:32		- Standby		
13:50:52			- Ok Egypt Air 843, السلام عليكم, you are radar contact proceed direct to Tango Uniform Charlie V O R expect runway 11 report for descent	
13:51:01		- Ok sir proceed to Tango Uniform Charlie V O R runway 11 call you for descent Egypt Air 843 and requesting descent now sir Egypt Air 843		
13:51:09			- Egypt Air 843 descend initial flight level 250	
13:51:12		- Initially 250 Egypt Air 843		
13:51:15		- 250		
13:51:16	- Checked			
13:51:27	- (*)			
13:51:30	- مالك فيه ايه؟			
		- (*)		
13:51:35	- 87 من الـ VOR لو حنعمل Radar vectoring, يبقى إحنا كدا واطيبين، لو حنعمل procedure, يبقى إحنا كدا عاليين، فانوسطنها			
13:51:56	- Descent to (*) 174			
13:52:13	- فاكر الـ turbulence speed كام ولا مش فاكر؟			
13:52:16		- 280.73		
13:52:17	- وكام ثاني؟			
		- ولا هي 250 تحت 150		
13:52:19	- أيوه			
13:52:25	- لو below الـ (*)	- (*)		
13:52:36		- في الحته دي يعني		
	- آه			
13:52:37	- لو أنت أكثر من الـ landing weight وانت طابير في any time ما تقدرش تخليها 250 تحت 15 ألف	- آه		
13:52:56		- (*) passing 33 eight hundred checked 3 times and (*)		

13:53:04		- Down to QNH		
			- (*) ليه	
13:53:14	- وقال لك ايه؟			
			- أه climb و cruise	
13:53:16	- Except climb و cruise إنما below minus 40, (*) نقدر ليه؟ descent في الـ		- أه صح	
			- أه	
13:53:19	- ليه لازم نحط ليه؟			
13:53:21			- ايه	
13:53:22	- ليه لازم نحط؟			
13:53:23	- في الـ descent لازم نحطها ليه؟			
13:53:24			- ما هي حتقعد توطي، حتوصل أصلا كدا كدا 40	
13:53:26	- لا مش عشان كدا، هو مش قصده كدا - عشان الـ power حتقل			
13:53:31			- أه، عشان ما يحصل flame out يعني؟	
13:53:32	- بالضبط كدا			
			- أه	
13:53:33	- engine anti ice ON			
13:53:35			- دول	
13:53:36	- أه الأول طبعا			
13:53:39	- الله ينور عليك (*) إحنا في الـ descent وأنت عارف ليه ودا المهم			
13:53:46	- ماتتضايقش، إن أنا بأقولك			
13:53:47			- لا والله بالعكس، لا والله بالعكس	
13:53:49	- ب نتسلى وتسلية مفيدة، تسلية مفيدة، يعني أنت ايه تلاقي نفسك في الآخر بتعمل حاجة أنت فاهمها وعارفها.			
13:53:58	- ماتبقاش بتعمل حاجة مش عارفها، المكن حيقفل دلوقتي حالا، الألف قدم حياخلص ويروح هب			
13:54:02		- retard		
13:54:03	- وإذا قفل ممكن يحصل engine flame out - بص الثلج قد ايه			
13:54:07			- أه، ما هنا ابتدى برده أه	
			- أه ما أنا بأقولك	
13:54:26	- خلصنا الـ descent approach؟			
13:54:28			- باقي الـ QNH بس	
			- ماشي	
13:54:29		- الـ transition level ثلاث		

		آلف ونصف		
13:54:45	- لغاية كدا مافيش حاجة، الجو جميل			
13:54:47		- لحد دلوقت أه، الحمد لله		
13:54:52		- لو عالروية يعني بيقولوا عليها الخمسة كيلو، حلوة قوي		
13:54:55	- مش وحش			
		- أه الحمد لله		
13:55:24	- أول مانطع من ال LNAV, manual VOR أه؟			
13:55:26		- أه إن شاء الله		
13:55:30		- لسه 62 ميل تقريبا وإلا حاجة		
13:55:32	- لا أنا بأقولك بوجه عام			
		- أه، OK		
13:55:34	- أول مانطع من ال LNAV manual VOR نخط			
13:55:49		- Retard		
13:55:50	- بص بقى الحتة دي حتقل خالص دلوقت، على التلج دا في الجو دا، ممكن يحصل engine flame out			
13:55:56	- في ال climb لا ليه power جامدة جدا في ال cruise لا ليه power جامدة جدا			
13:55:58		- أه		
13:56:03	- بص كدا، هي قفلت خالص			
13:56:08	- فإكر أنت كان يقولك فيه طيارات placarded وإن 45 minimum engine anti ice في ال			
13:56:14		- فين، عندنا دي؟		
13:56:15	- أه موجودة واحدة عندنا			
13:56:16		- لا ماعرفش عن الموضوع دا		
13:56:17	- موجودة واحدة، موجودة في الكتاب			
13:56:19		- طيارة منهم؟		
	- أه			
		- مكتوبة في الكتاب؟ إزاي مكتوبة؟		
13:56:21	- موجودة في الكتاب			
13:56:23		- مكتوب إيه؟		
	- هات ال limitation، وإلا خلص خلص عشان ال approach			
13:56:27	- مايصحش، إنت مش عابز تلعب في ال limitation في ال approach، نعمل حاجة صح ولا حاجة أوسخ (ضحك) فاهم			
13:56:35		- وإحنا راجعين أو إحنا على		



		الأرض إن شاء الله ما فيش مشكلة		
13:56:36	– أه على الأرض، أه			
13:56:44	– أنا بأقولك نعمل حاجة صح ولا حاجة وسخة جدا، نتكلم في ال approach يا في ال limitation			
13:56:48	– قول له 2 5 0 request further			
13:56:51		– Tunis Egypt Air 8 4 3 approaching 2 5 0 requesting further descent please		
13:56:55			– Yes sir descend flight level 1 9 0 Egypt Air 8 4 3	
13:56:59		– 1 9 0 Egypt Air 8 4 3 thank you		
13:57:03	– يا باشا Descent	– 1 9 0		
13:57:10	– تستعاشر			
13:58:54	– داخلين بينهم بالضبط إحنا			
13:58:56		– الحمد لله		
13:58:57	– بص			
		– أه		
13:59:01	– على الشمال الجامدة بس إحنا كدا بينهم بالضبط			
13:59:03		– إحنا داخلين يمين حبة		
13:59:04			– Egypt Air 8 4 3 continue descend flight level 8 0	
13:59:08		– Continue descend flight level 8 0 Egypt Air 8 4 3		
13:59:10		– 8 0		
13:59:45	– منظر الثلج جميل، بص مترسب عامل إزاي			
		– أم		
14:00:03			– Egypt Air 8 4 3 with Carthage radar 1 2 1 decimal 2	
14:00:06		– السلام 1 2 1 2 عليكم		
			– وعليكم السلام	
14:00:10		– السلام Carthage radar Egypt Air 8 4 3 descending 8 0		
14:00:16			– Egypt Air 8 4 3 وعليكم السلام descend and maintain flight level 100 Proceed	

			to Golla Expect Golla V O R DM E approach runway 1 1	
14:00:27	إيه Golla دي؟ -			
14:00:28		- Ok sir descend 1 0 0 proceed to Golla expect V O R D M E Golla 1 1 إن شاء الله Egypt Air 8 4 3		
14:00:35			(إن شاء الله)	
14:00:36		دور إيه Golla دي -		
14:00:57		فين Golla دي؟ -		
14:00:58	أهي، أهي -			
14:01:01		- آه، (*) يبقى نروح دي بقى نحطها point		
14:01:06	آه حطها، (*) عندك (*) -			
14:01:09		- لا مش ظاهر هنا		
14:01:11		- خلي الـ 16 DME بس على الـ 231 radial		
14:01:19	Tango, أكتب بقى - Uniform, Charly, Tango Uniform Charly 231			
14:01:24		- Slash 16		
14:01:25	- slash 16			
14:01:29		- آه هي أهيه		
14:01:30	confirm direct قل له - Golla now			
14:01:32		- And Carthage Egypt Air 8 4 3 confirm sir direct to Golla now		
14:01:35			- Proceed to Golla	
14:01:37		- Thank you		
14:01:38		- آه Golla		
14:01:42		- OK بجيب بعدها بقى اللي هي الـ RX دي		
14:01:46	تمام -			
		- صح؟		
	آه -			
14:01:49	13 DME برده، Golla - arc			
14:01:51		- آه هي هي يعني		
14:01:55	إحنا سبنا الطيارة وقعدنا - نتكلم في Golla			
14:01:58		- في 4 آلاف و 13 DME		
14:02:02		- Heading select		
14:02:03		- أحطه manual ؟		
14:02:06	قل له بقى على heading دا -			
14:02:08		- نعم		

	- Heading 250	-		
14:02:10		- Separation يعني ؟		
	أه -			
14:02:13		- Carthage Egypt Air 8 4 3 can we sir proceed on heading on 2 5 0 for avoiding		
14:02:19			- 2 5 0 roger	
14:02:21		- Thank you		
14:02:22		- ok 2 5 0		
14:02:27	بص -			
		أه -		
14:02:28	- يا لهوي، الدنيا اخضرت كدا، يا ولد إيه دا؟ حنطلع كدا، بص، ماشي؟			
14:02:33		أه إن شاء الله -		
14:02:38	- إقرأ لنا Golla دا بقى عشان أنا الطائرة معايا			
14:02:41		- و Golla ما هو هو نفس البتاعة اللي حطيناها ويرده 13 DME arc و ال VOR set على ال manual و ال (*) على VOR و (*)		Une partie de cette discussion est couverte par des communications radio ATC
14:02:51	- 13 DME arc (*)			
		أه -		
14:02:52		- (*) في 4000 قدم		
14:02:53			- Egypt Air 8 4 3 keep high speed	
14:02:55		- High speed Egypt Air 8 4 3		
14:02:56		- high speed		
14:02:59		- والمفروض لما نعمل Radial 270 ل crossing بننزل ل 2100		
14:03:05	ماشي -			
14:03:07	- أول ارتفاع حننزل له، كام؟			
14:03:08		- 4000		
14:03:10		- بعد دا هو قال لنا 100 الأول		
14:03:20		- نزود له السرعة دا شويه والا؟		
14:03:21	لا، لا، لا، (...)			
14:03:22	إنسى -			
14:03:24	- ال controller وإلا الجوز؟ أه؟ - يا لهوي دا أنت مش لاقى مكان تروح فيه من حنة يا ولد			
14:03:34		هاها -		ضحك
14:03:38	- كده شويه بس وبعدين أجيء كدا ثاني			

14:03:40		– إن شاء الله		
14:03:41	– لا، أنا بأقول لك، أنا بأقول لك، عشان تبقى عارف أنا باعمل إيه	– أه OK		
14:03:46	– (سوق) بسرعة، بزمك دا وقت تفكير في سرعة، نطلع من Golla، 4000، والـ 13 Arc ميل. ماشي يا باشا؟			
14:03:58		– Ok sir		
14:04:00	– محطوط 13 ميل على الـ fix أه؟			
14:04:01		– أه محطوط		
14:04:05	– يا لهوي			
14:04:14		– أعلي دا شوية؟		
14:04:15	– ناقص واحدة بس، درجة واحدة			
14:04:23		– الـ anti-ice (*)		
14:04:26	– حطه OFF			
		– Off ?		
	– أه			
14:04:29		– أسيب الـ (*) start switches on, ok?		
14:04:30	– أه طبعا			
14:04:35	– ما فيش خرمة			
14:04:37	– ما فيش خرمة			
14:04:41				Altitude alert
14:04:42		– One thousand		
14:04:54	– شايف الحمراء دي؟			
14:04:55		– أه		
14:04:57	– تبان في الـ ident بس ما تبانش في الثانية			
		– أه		
14:05:00			– Egypt Air 8 4 3 confirm able to fly heading 2 9 0	
14:05:05	– No negative not now			
14:05:06		– No negative sir not now		
14:05:07			– Roger	
14:05:11		– لا إله إلا الله		
14:05:16		– هات 33		
14:05:24	– بباله قل له			
14:05:28		– أقول له؟		
14:05:29	– أه قل له الـ heading دا			
14:05:30		– Ok Carthage Egypt Air 8 4 3 we can proceed on heading now 3 3 0 confirm		
14:05:37	– قل له أحنا عابزين 330			

14:05:39	- أيوه		- Confirm you request heading 330	
14:05:42		- Affirmative sir		
14:05:48	- سيبك، سيبك، سيبك، سيبك، سيبك، سيبك،			
14:05:52		ها ها ها		ضحك
14:05:53	- (*)			
14:05:54		- بجد رجعت ثاني، أحمر		
14:05:55	- أه			
14:06:05		- أنا رأيي نأخذها لـ Golla، لأن فيه نقطة حمراء ثانية بعدها		
14:06:06	- ما تخافش، ما تخافش، هو كدا حلو			
14:06:12			- Ok 843 descend and maintain flight level 70	
14:06:16		- Descend and maintain 70 Egypt Air 843 and we are on heading 250 sir thank you		
14:06:23		- 70 descend and level change		
14:06:26	- استنتي بس (*) اطلع سنة بس من دي			
14:06:30		- Retarded		
14:06:34	- تصدق يا ولد بتتحرك بسرعة (*)			
14:06:37		- لا على فكرة البتاع دا برده مش مضبوط قوي يعني		
14:06:40	- (*) حتى لو مش مضبوط			
14:06:59	- نروح فين بقا؟			
14:07:01		- ما هو لازم حنقطعها، ما لهاش بقي		
14:07:07			- Egyptair 843 I suggest you to fly heading 290 is more clear	
14:07:10	- ماشي ماشي			
14:07:11		- Ok sir thank you sir heading 290 for Egypt Air 843		
14:07:13	- كنت لسه حأعملها في الحتة الفاضية، بص، أهيه لسه حالا كنت حأقول لك الحتة الضيقة اللي بينهم اللي هي الرفيعة			
14:07:26	- بص، الحتة الرفيعة دي أحسن بكثير			
14:07:34	- بس خلاص			
14:07:42	- قل له إحنا على الـ heading 290			

14:07:48	– موته دي، الحنة دي موته			
14:07:50			– Egypt Air 8 4 3 descend flight level 4 0	
14:07:54		– Descend flight level 4 0, 8 4 3		
14:07:55		– 4 0		
14:07:57	– ما لمحتش أنت بعينك، كنت أنت بتتكلم مالمحتش بعينك كدا؟			
14:08:00		– لا أنا ما أخذتس بالي قوي، (*) بس الأرض بانتي تحت على فكره		
14:08:02	– لا دا قبل، لا مش على دلوقت، الحنة الأولانية			
14:08:04		– أنا كنت باصص جوه بصراحة		
14:08:05	– نور يا ولد			
14:08:06		– يا سلام		
14:08:07	– يا نهار أسود، يا نهار أسود			
14:08:09	– أنا بصيت ثاني، أنا عملت كدا ورجعت ثاني وأنت بتتكلم			
14:08:10	– موته، الحنة اللي وأنا بلف دي، لما أنت بتقل له، لما بيقل لك أرجع وأنا قلت لك استنتي، بتقل لي دا كلام فاضي. قلت لك طيب أصبر كلام فاضي كلام فاضي، نور يا ولد فضيع			
14:08:31		– (*)		
14:08:33	– حتى، حتى لو كلام فاضي، follow			
14:08:35		– أه ما أنا عارف		
14:08:39	– (*)			
14:08:44	– (2 1) set			
14:08:46			– Egypt Air 8 4 3 descend 3000 feet 1 0 0 3	
14:08:51		– 3000 feet 1 0 0 3 Egypt Air 8 4 3		
14:08:54		– 1 0 0 3		
14:08:55	– Yes sir my side			
14:08:57	– Descent and approach check list completed			
14:08:58		– Completed		
14:09:01		– يبقى أحنا عند ال heading دا، حنخش بقي 13 DME (*)		
14:09:05	– لا لما يقول لنا قل له قل له، بعد كدا لما تقرب شويه قل له			
14:09:12	– إتلائم عليه، قل له confirm radar vectoring to final runway 11			
14:09:17	– (*)			

14:09:25		- Carthage Egypt Air 8 4 3 confirm sir we are radar vectoring for runway 11 or we are cleared to join the arc		
14:09:33			- Under radar vectoring	
	- Ok			
14:09:35		- Thank you sir		
	بس -			
14:09:38	ماشي حلو، ماشي حلو -			
14:09:44	الحاجة الوحيدة اللي موجودة في الطائرة الي أنتت radar الـ			
		- اللي هو دا، أه ماأنا عارف		
	حتى لو غلط، في إيدي إيه ثاني؟			
14:09:51		- ما فيش		
14:09:52	لا أنا بنتناقش، بناخذ وندي حتى لو غلط، فيه إيه ثاني؟			
14:09:57		- ما فيش حاجة قدامي ثاني غيرها		
14:09:58	بس خلاص -			
14:10:00	يقول لك الحتة اللي أنا لسه داخل شمال، لمحت نور، لو كنا إتلسعنا واحدة من دول، كان زماني أنا وأنتت مرميين في الشارع دلوقت			
14:10:06		- لا خير إن شاء الله		
14:10:10	هو مش خوف، هو دا الشغل الـ follow أنا بقی يعني بقی الـ localizert بيقول لك خش شمال أه ؟ وأنتت مش شايف الممر، تخش شمال وإلا لا ؟			
14:10:16		- أخش شمال طبعا		
14:10:18	بس خلاص، أنتت كدا جببت النهاية			
14:10:23		أعمل intercept؟		
14:10:24	لا خلاص -			
14:10:36	- One to go			
14:10:37		- إن شاء الله One thousand		
14:10:39	- حننزل من 2000، ننزل لـ 2100 وبعدين عند 6 ميل حننزل للـ minima			Sound
14:10:45		- ننزل لـ 600		
14:10:46	600 -			
14:10:48	- يبقى حتى لو maintain 3000، عند 6 ميل حننزل لإيه؟			
14:10:51		- لـ 600		
14:10:52	- rate ب vertical speed			

	ألف قدم، إن شاء الله			
14:10:53		– إن شاء الله		
14:10:59				Sound
14:11:09		(Alt acquire)		
14:11:10		– Heading speed alt acquire		
14:11:11			– Egypt Air 8 4 3, 10 degrees right	
14:11:14		– 10 degrees right 8 4 3		
14:11:17		– heading 3 0 0		
14:11:28		– Alt hold		
14:11:43	– الطيارة معاك			
14:11:44		– Ok sir		
14:11:46	– (*) الكرسي (...)			صغير
14:11:49		– You have it وإلا ؟		
14:11:50	– لا لسه معاك			
14:11:57			– Egypt Air 8 4 3 turn right heading 3 2 0	
14:12:01		– Right heading 3 2 0 Egypt Air 8 4 3		
14:12:04	– هاه			
14:12:08				(stabilizer sound)
14:12:12	– متشكرين يا باشا			
14:12:13		– العفو، you have control		
14:12:16				(Sound engines)
14:12:20	– عندي raw data وعندك زي ما هو NAV			
14:12:22		– Ok sir		
14:12:32			– Egypt Air 8 4 3 turn right heading 0 7 0 intercept final course cleared for approach	
14:12:38		– Ok sir right heading 0 7 0 to intercept the radial inbound cleared for the approach 8 4 3		
14:12:42	– Flaps one			
14:12:47				Sound stabilizer de-clutch
14:12:53	– VOR loc			
14:12:54		– VOR loc armed		
14:12:56	– Flaps 5			
14:13:08		– أخط هنا بقی 600 وإلا إيه؟		
14:13:10	– لا لسه شويه صبر، نخش بس نلف			
14:13:12		– Ok		



14:13:14	- لسه بدري، حنزل على 6 ميل			
		- أه 6 أه أنا بس Alt hold		
14:13:17	- الجو فتح وخلص بقى مائة، مائة			
14:13:18		- أه الحمد لله أحسن دلوقت، هي الحطة اللي فوق على فكرة هي اللي وحشة		
14:13:21	- اللي هي من 16، 17 ألف لغاية 10 آلاف، هي دي الي وحشة			
14:13:28	- Radial alive			
14:13:29		- Radial alive checked		
14:13:33	- 600 set، حنزل عند، قلنا كام؟			
14:13:35		- 6 ميل		
14:13:36	- 6 ميل			
14:13:38	- Captured			
14:13:39		- V O R loc		
14:13:40	- قل له بقى			
14:13:41		- Carthage Egypt Air 8 4 3 establish radial in bound		
14:13:45			- Egypt Air 8 4 3 cleared for approach number one	
14:13:48		- Number one cleared for the approach 8 4 3		
14:13:50		- Clear for the approach number one إن شاء الله		
14:13:51	- OK يا باشا			
14:14:04	- المفروض ننزل لـ 2100 الأول، لعلمك			
14:14:06		- ما هو المفروض، بس هو إيدانا (*)		
14:14:08	- قل له، قل له			
14:14:09				Altitude alert
14:14:10	- قل له leaving 3000 to 2100			
14:14:12		- and Carthage sir for information Leaving now 3000 descending 2100		
14:14:16		(*)	- OK position 1 2 miles from touch down	
14:14:17		- thank you sir		
14:14:20	- ماشي			
14:14:21		- ال vertical speed ألف وإلا أسببها كدا (*)؟		

14:14:23	- ما فيش مشاكل، لسه واسع، واسع، واسع، واسع			
14:14:25				Mike sound
14:14:34	- بس أنت المفروض passing الـ 11 ميل 2100، ودا الصح			
14:14:36		- إم (*)		
14:14:47	- إيه اللي قدامنا دا ياولد؟			
14:14:51		- دا شوية سحاب دا متهيللي		
14:14:52	- thank you			
14:14:59	- شايف الحمراء؟			
14:15:01		- بس دي بعد المطار		
14:15:02	- أه ما أنا باقول لك فيه حتة حمراء			
		- دي بعد المطار		
14:15:03	- أنا عارف، أنا عارف			
14:15:06	- تلاقىها رمية رمي ابن (...) على المطار. شايف 42 عقدة على 2000 قدم			
14:15:10		- إم		
14:15:12	- alt acquire			
14:15:13		- alt acquire		
14:15:15	- كدا الصح بقى، 2100 والـ starting بقى عند الـ 6 ميل ننزل لأن إحنا لو كنا 3000 يبقى لازم ننزل عند 9 ميل مثلا ولا حاجة			
14:15:19		- حناخذ gears قبلها وكدا؟		
14:15:21	- لا لسه، لسه 2 ميل 1.5 FAF miles from			
14:15:25		- أبوه يعني عند 7.5 هي كمان Alt Hold 2 ميل		
14:15:27	- بالضبط كدا			
14:15:28	- أنت قلت كدا؟			
14:15:29		- أه، ما أنا قلت 2 ميل كمان و (*)		
14:15:30	- أنا ما أخذتش بالي			
14:15:33	- أنت صح، أنا ما أخذتش بالي			
14:15:34		- لا ما فيش مشكلة		
14:15:36	- ما سمعتكش بقى			
14:15:37		- No problemo		
14:15:39		- يا سبحانك يا رب، عمار يا مصر		
14:15:42		- Egypt Air 8 4 3 wind 1 3 0 3 0 cleared to land call 1 1 8 decimal 1		Seat belt sign (3times)
14:15:50		- clear to land Egypt Air 8 4 3 18 1 good bye		
14:15:54	- 130، 30 عقدة أه			

14:15:55		آه، إن شاء الله		
14:15:56		- Carthage tower Egypt Air 8 4 3, السلام عليكم, on final 1 1		
14:16:01			- Egypt Air 8 4 3 cleared to land runway 1 1 wind 1 2 0 degrees 3 0 knots	
14:16:07		- Ok sir cleared to land runway 1 1, 8 4 3		
14:16:10	- Landing check list	- Start switches		
	- On	- Recall		
	- Checked	- Speed brake		
	- Arm green light	- Landing gear		
	- Down three green	- Flaps		
14:16:18	- 15			
14:16:21	- 30			
14:16:22		- (*) 30 OK		
14:16:25	- 140، آه؟			
14:16:26		- OK, flaps		
14:16:28	- 30 green light			
14:16:29		- Landing check list completed		
14:16:31	- Leaving			
		Ok		
14:16:36	- 6 miles			
14:16:39	- 6 بونت شويه بيقى نقلها سنة			
14:16:40		- مش مشكلة، مش حتفرق		
14:16:42	- على شان خاطرك أنت بس، على شان خاطرك			
14:16:45		- تحب أشغلك المساحة ولا حاجة؟		
14:16:46	- لا، لسه مش دلوقت			
14:16:49		- إحنا cleared to land) إن شاء الله		
14:16:55	- ال speed النهار ده 125 - 140 (*)			
14:17:00	- وال maximum زي ما أنت عارف			
14:17:02		- آه		
14:17:03	- بس، كفاية كده			
14:17:10				Engine noise
14:17:12	- تبقى ال missed approach point على كام؟			
14:17:14		- لا، overhead		
14:17:17	- overhead			
14:17:24	- إن شاء الله زي ما اتفقنا			

	right turn			
14:17:28		- Established 301		
14:17:29	OK - ولما نطلع، قل له عايزين heading			
14:17:31		- Ok sir		
14:17:33		- إن شاء الله مش حنطلع		
14:17:34	- لاء، لو حصل			
		- أه OK OK، ما أنا عارف		
14:17:35	- إحنا بنعمل briefing			
		- أنا بأقول إن شاء الله مش (*)		
14:17:36	- عشان لو نطلع قول له heading			
		- OK		
14:17:38	- Request heading			
14:17:40				Stab and engines noise
14:17:46		- Speed		
14:17:48	- داخل معاها بكل قوة، ما تخافش			
14:18:01		- Oh oh		
14:18:02				Bruit de l'impact
14:18:05				Fin de l'enregistrement

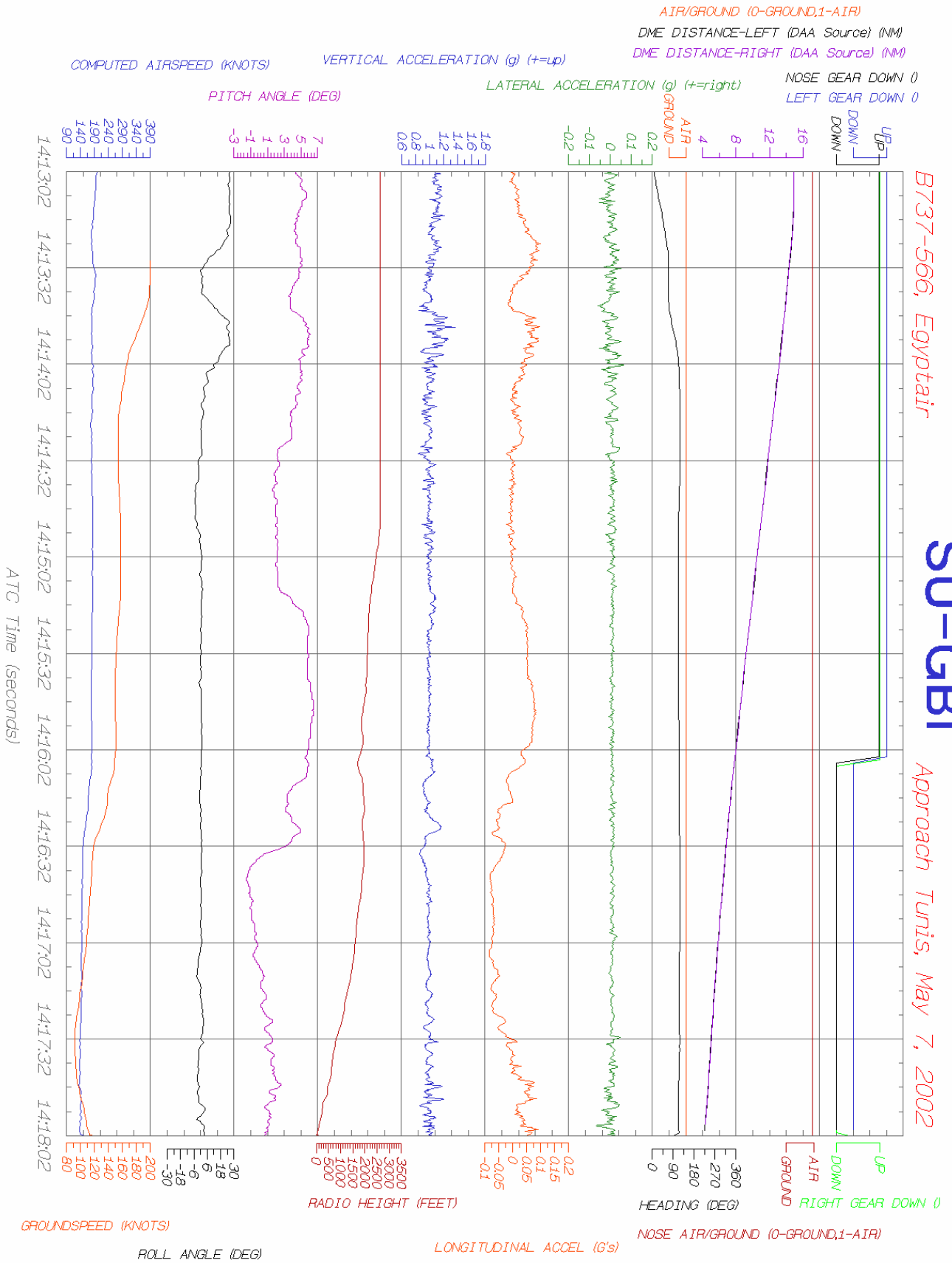
## **ANNEXE 4**

# **GRAPHES DES PARAMETRES DE VOL**

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



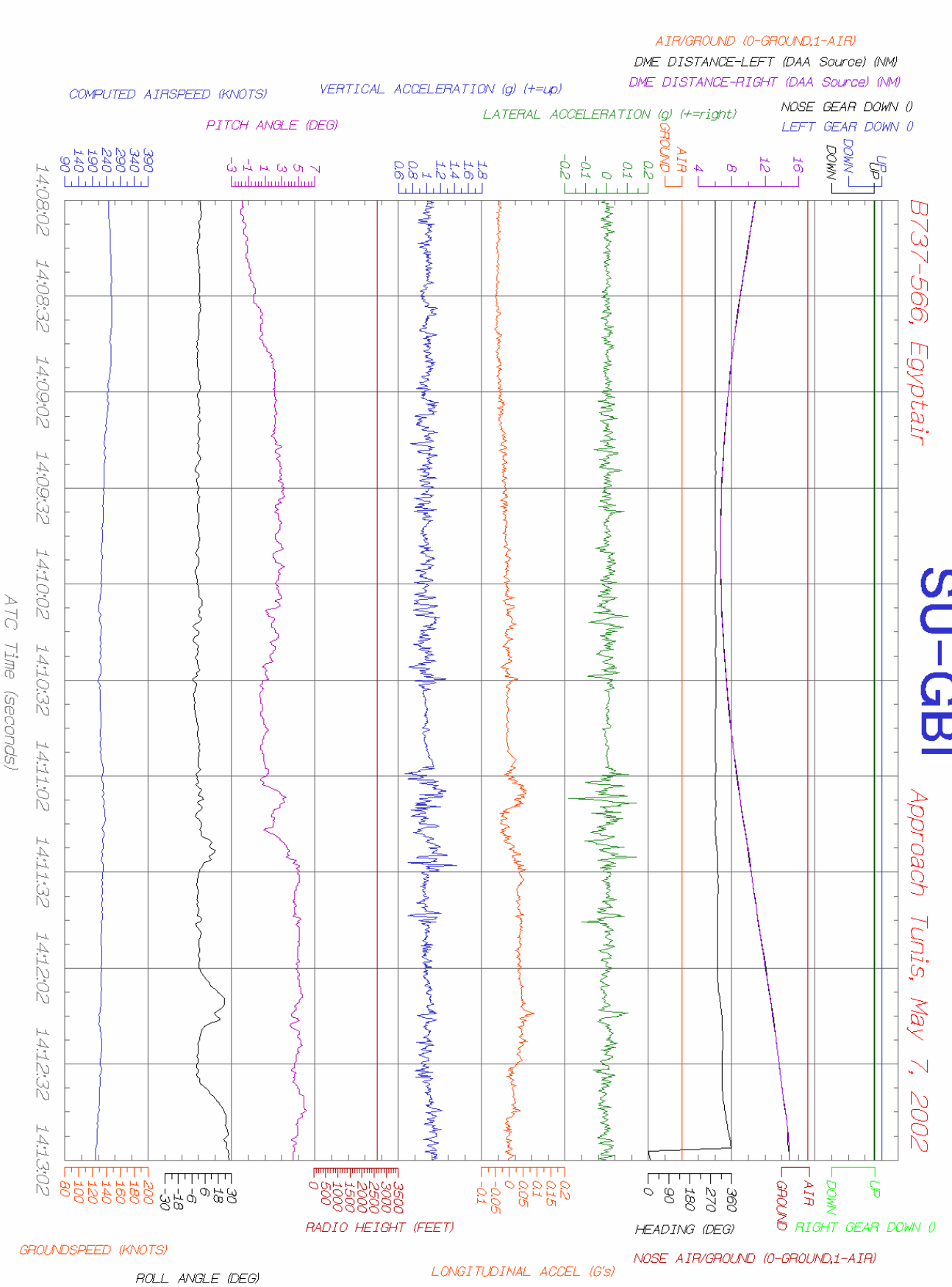
Pilot 1a, General Parameters, Last 5 minutes  
Created: May 14, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



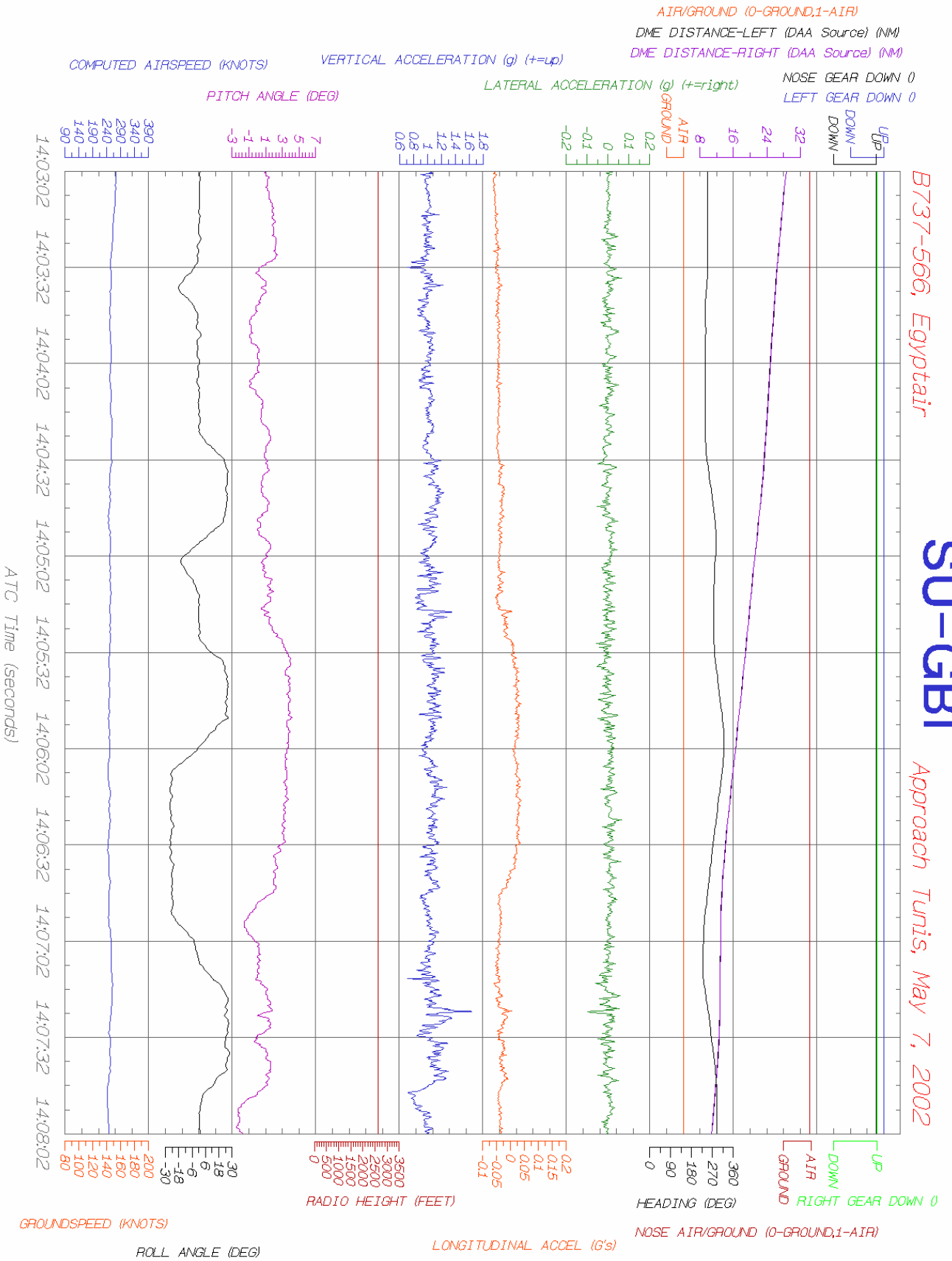
Pilot 1b, General Parameters, 10 to 5 minutes before crash  
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Pilot 1c, General Parameters, 15 to 10 minutes before  
Created: May 15, 2002

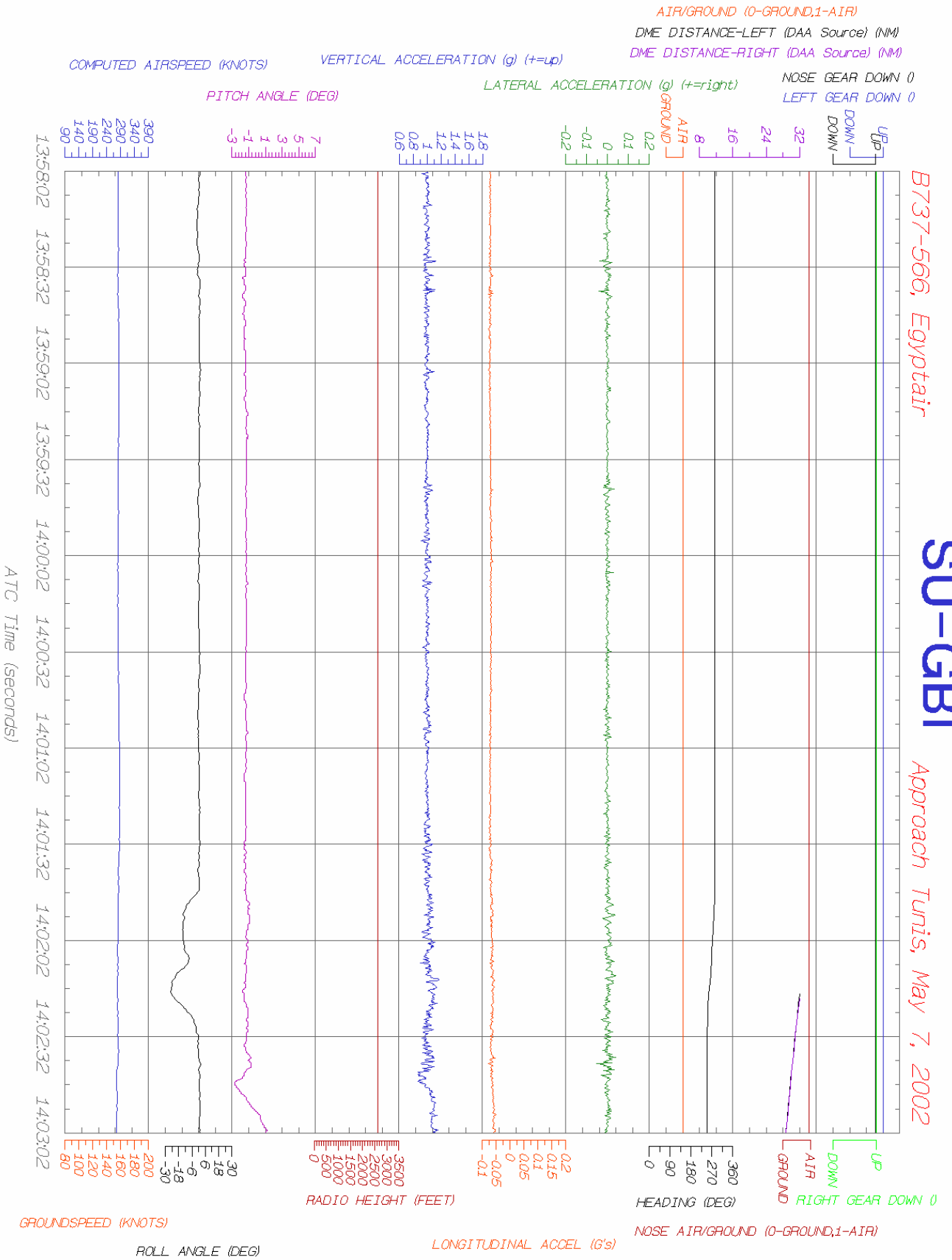
Bureau Enquetes-Accidents



B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



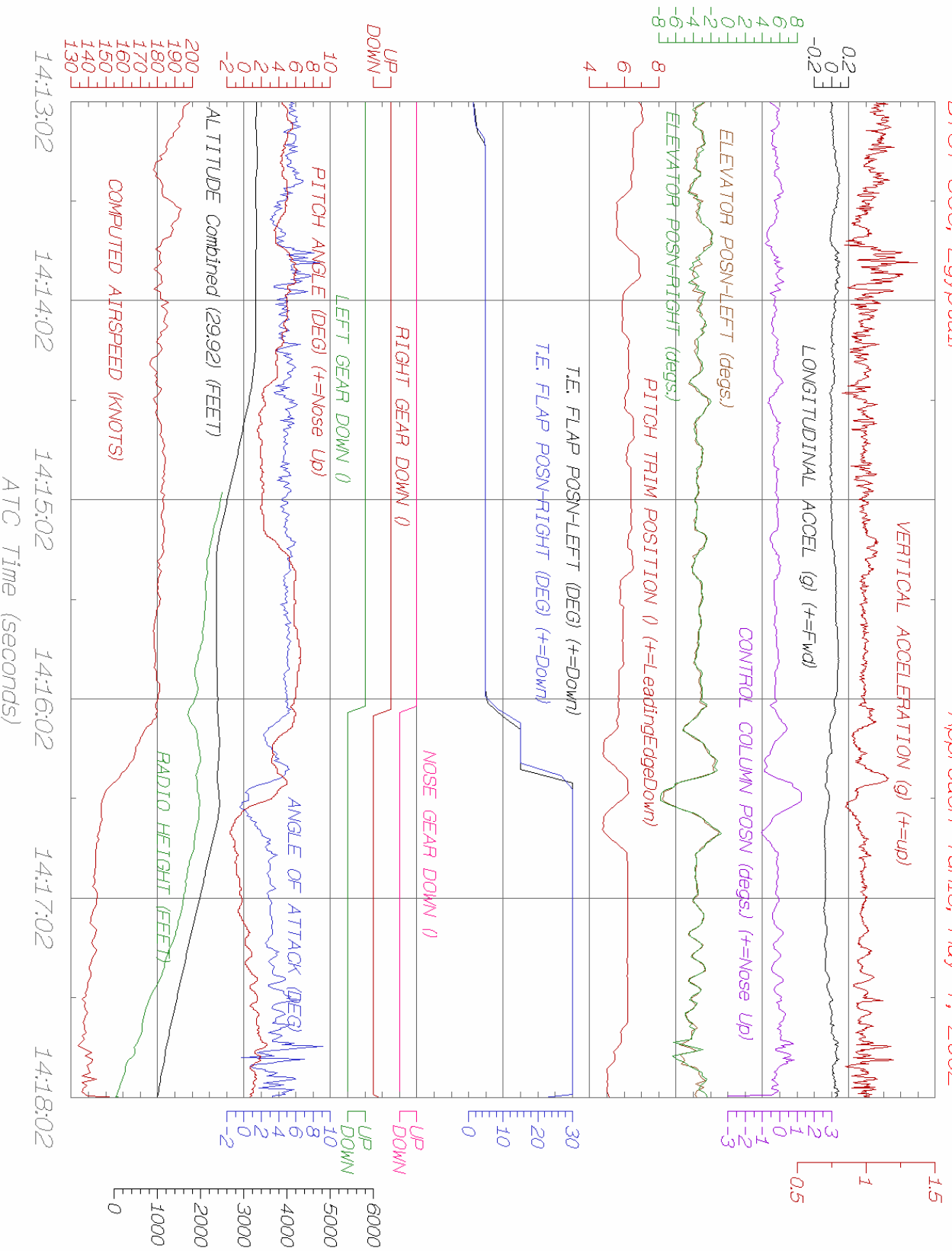
Plot Id, General Parameters, 20 to 15 minutes before  
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 2a, longitudinal parameters, last 5 minutes

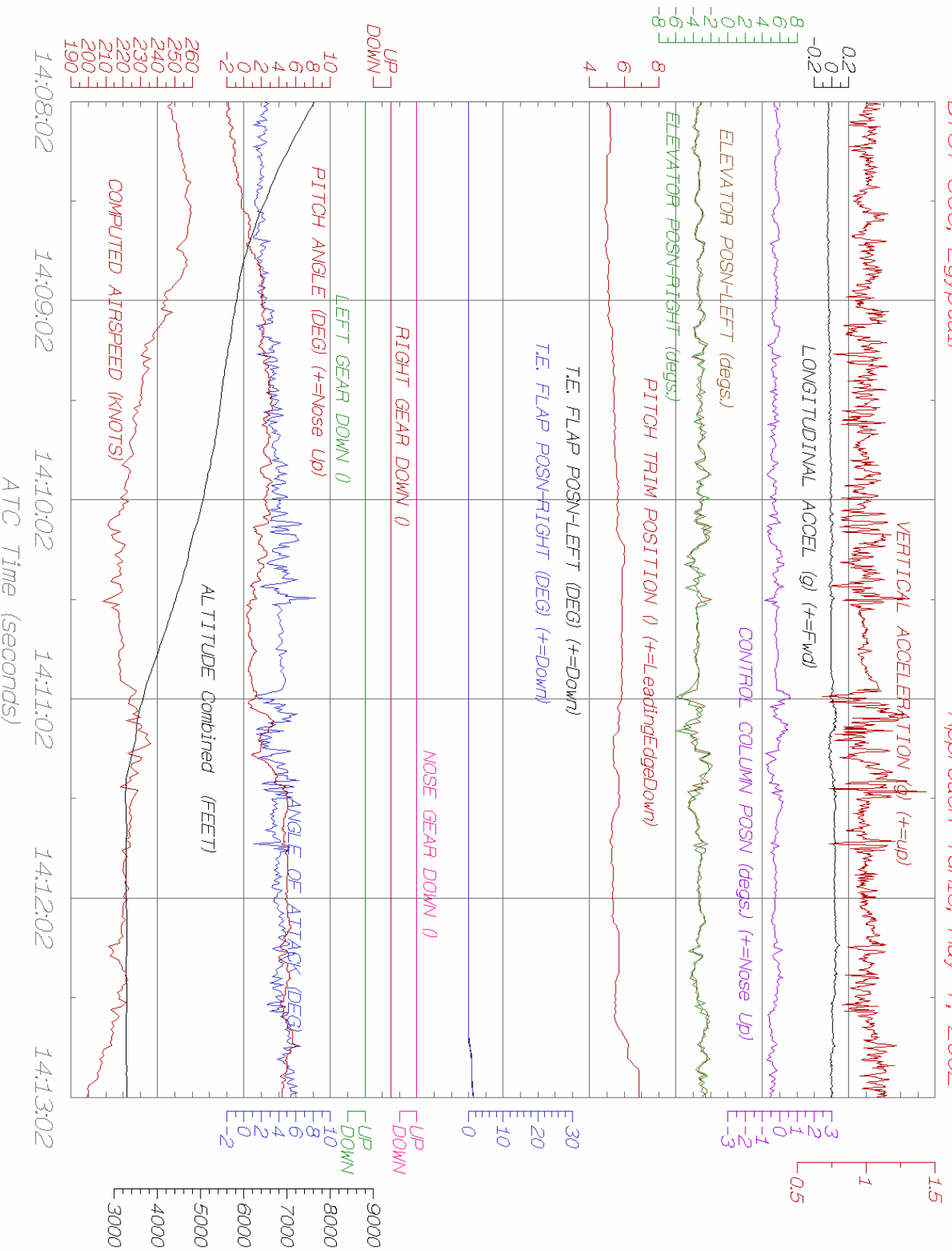
Created: May 14, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 2b, longitudinal parameters, 10 to 5 minutes before crash

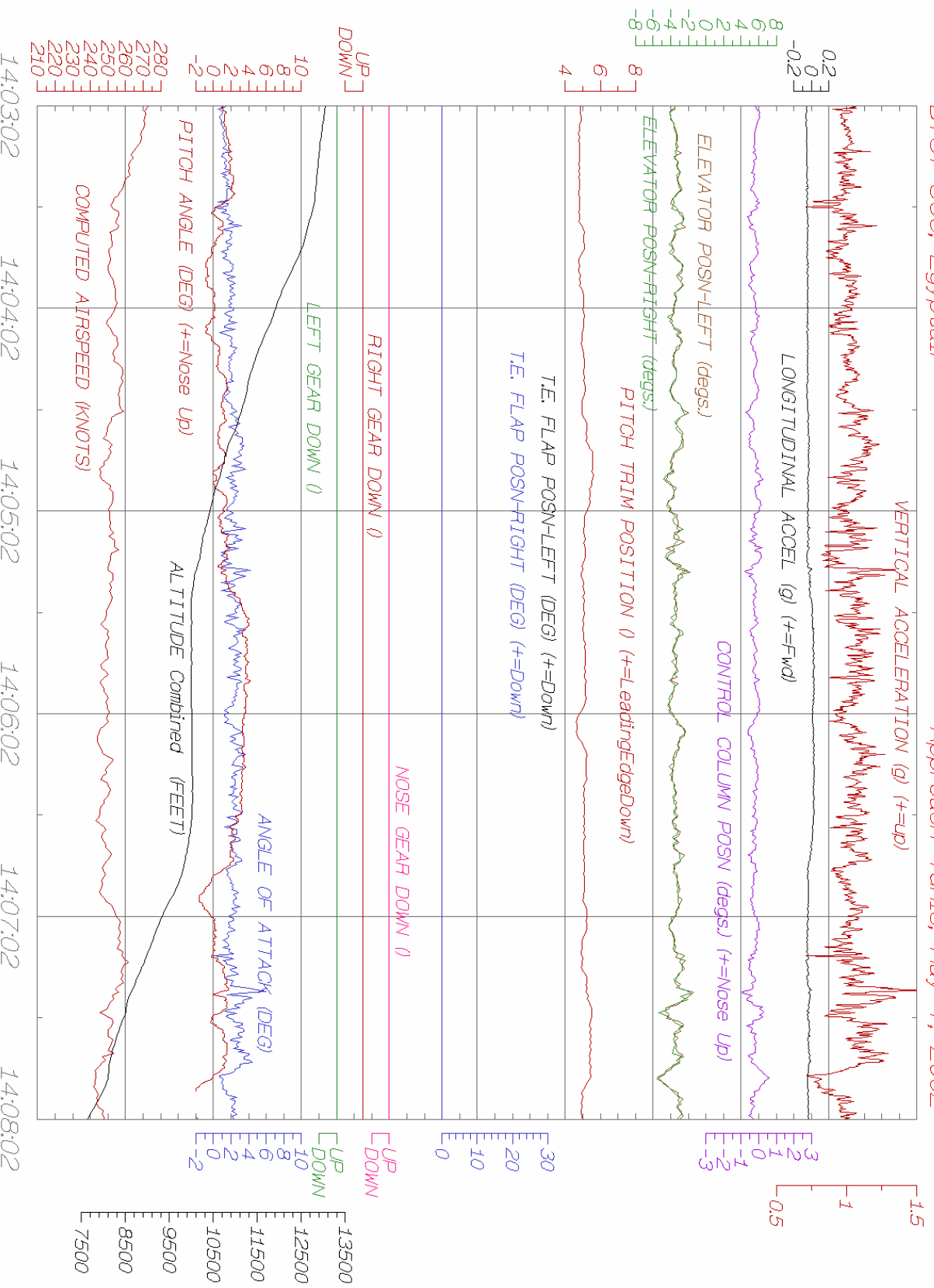
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 2c, Longitudinal parameters, 15 to 10 minutes before crash

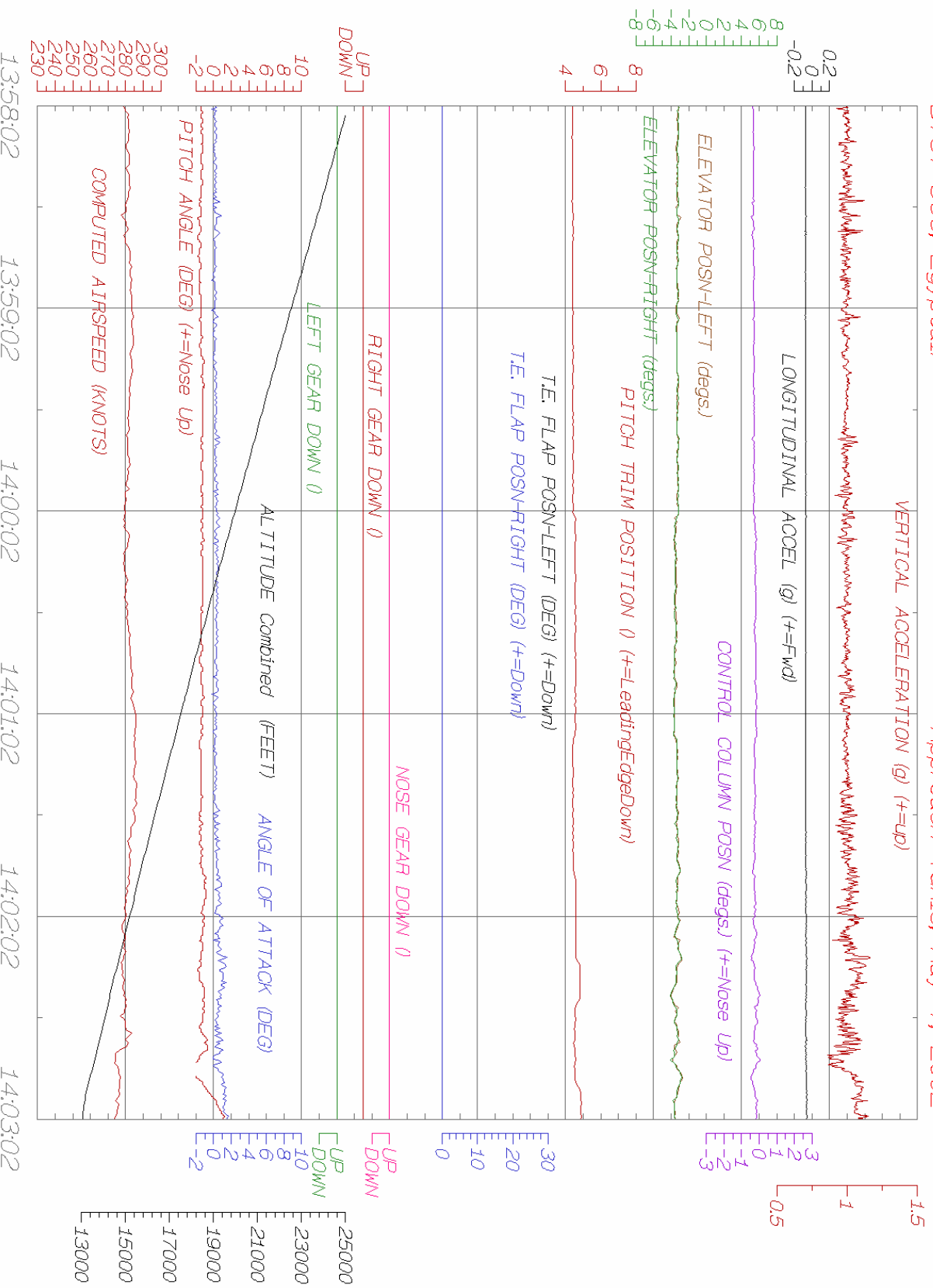
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 2d, Longitudinal parameters, 20 to 15 minutes before crash

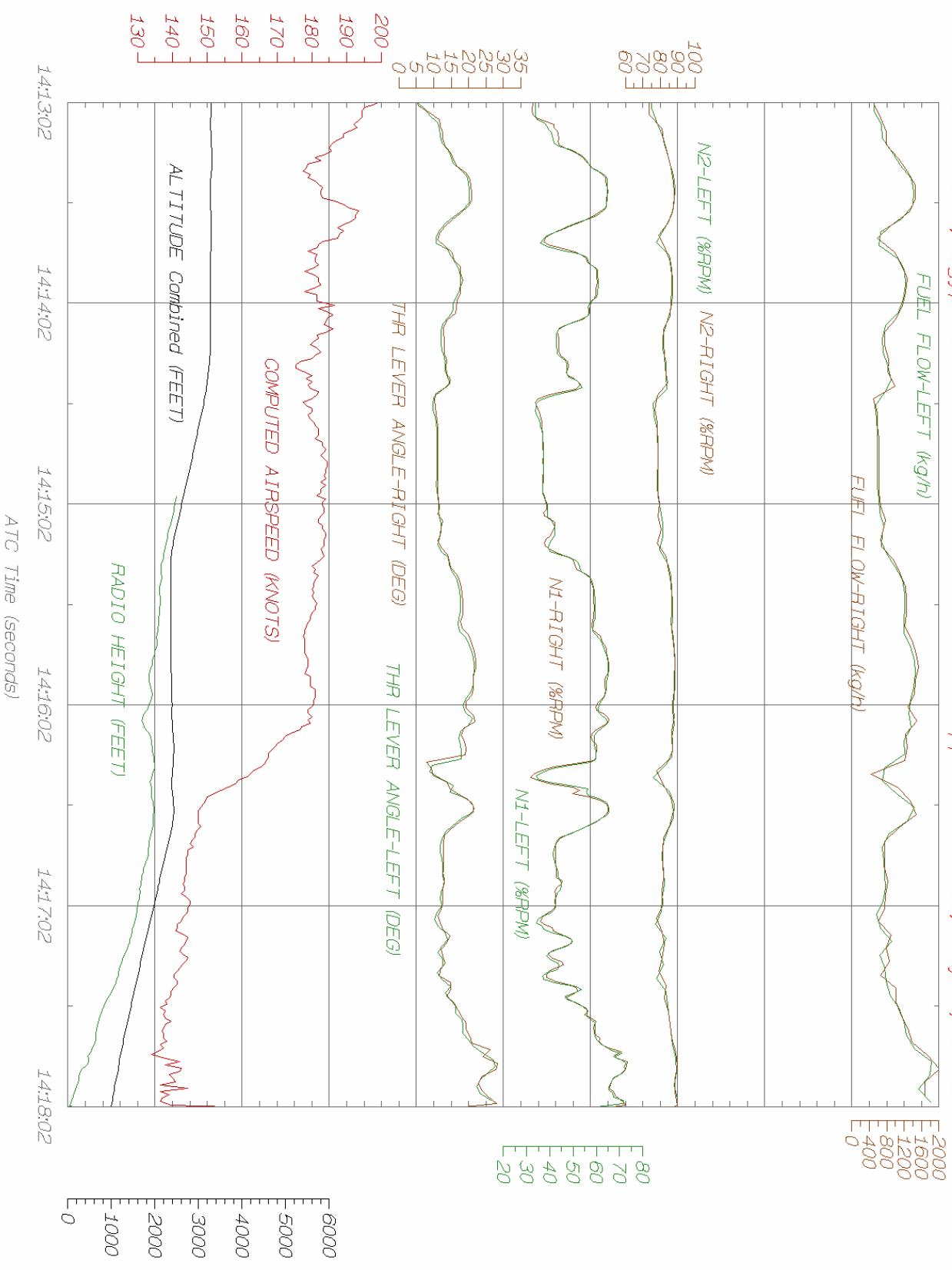
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 3a, engine parameters, last 5 minutes

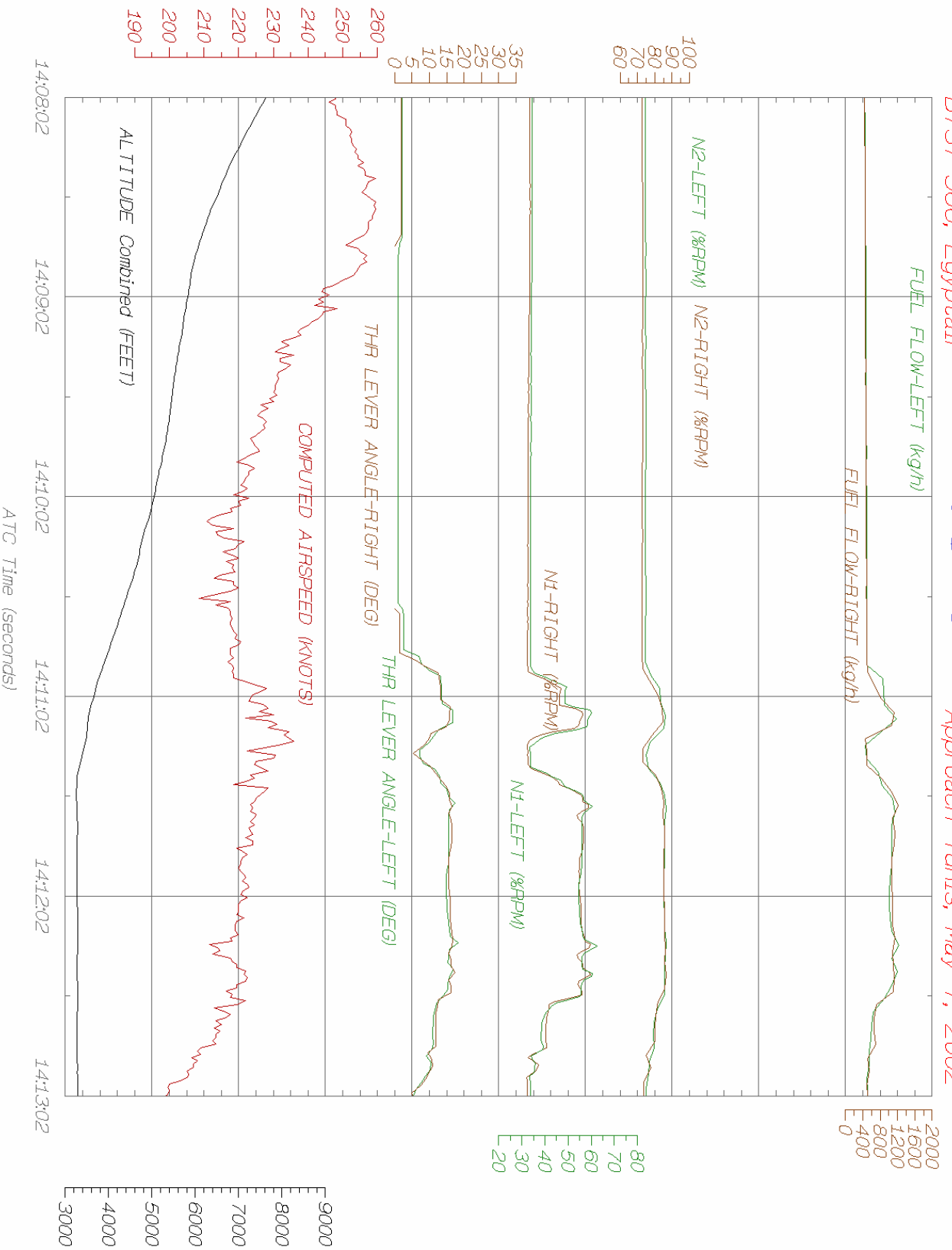
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002

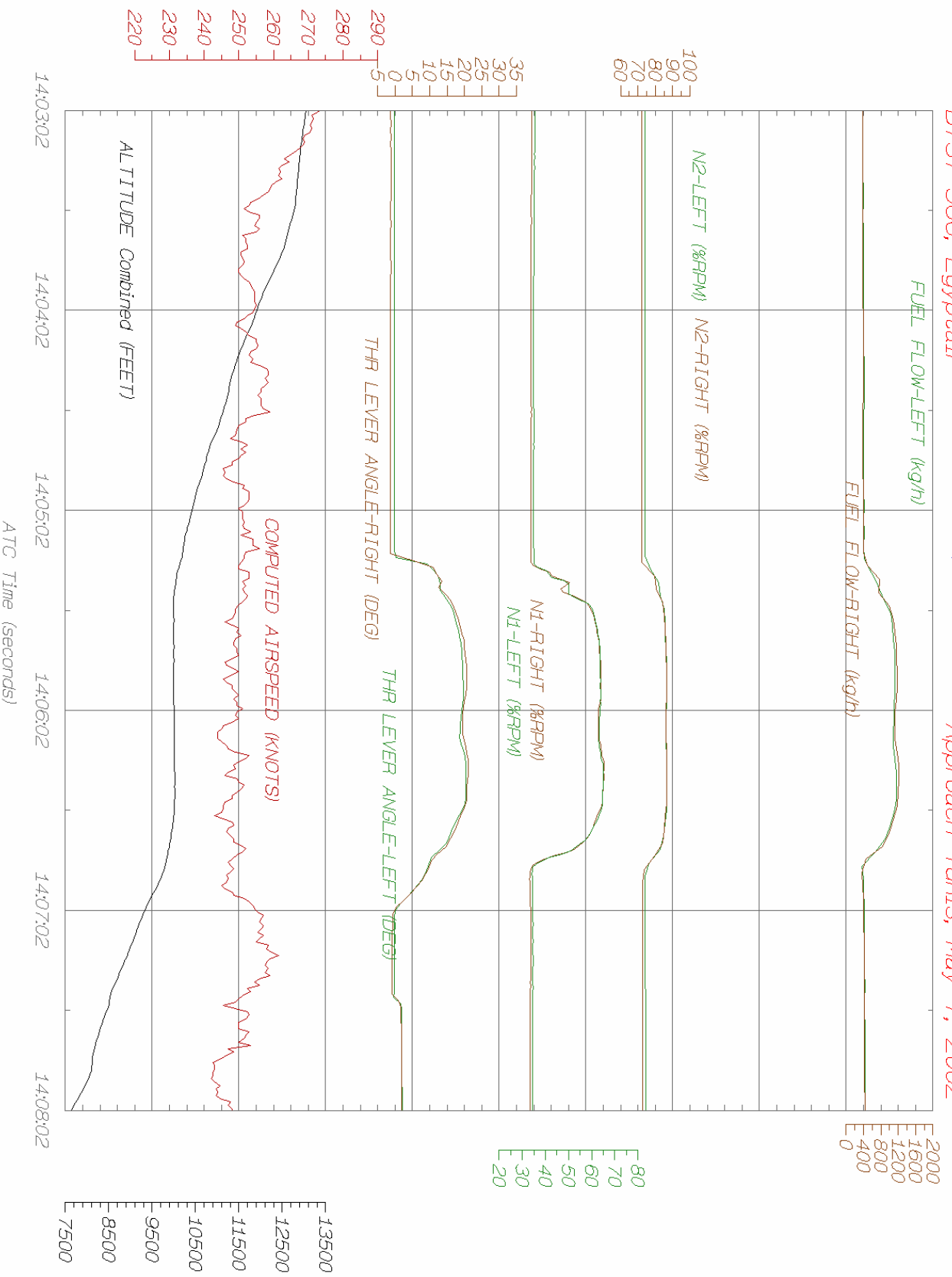


Plot 3b, engine parameters, 10 to 5 minutes before crash  
 Created: May 15, 2002

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 3c, engine parameters, 15 to 10 minutes before crash

Created: May 15, 2002

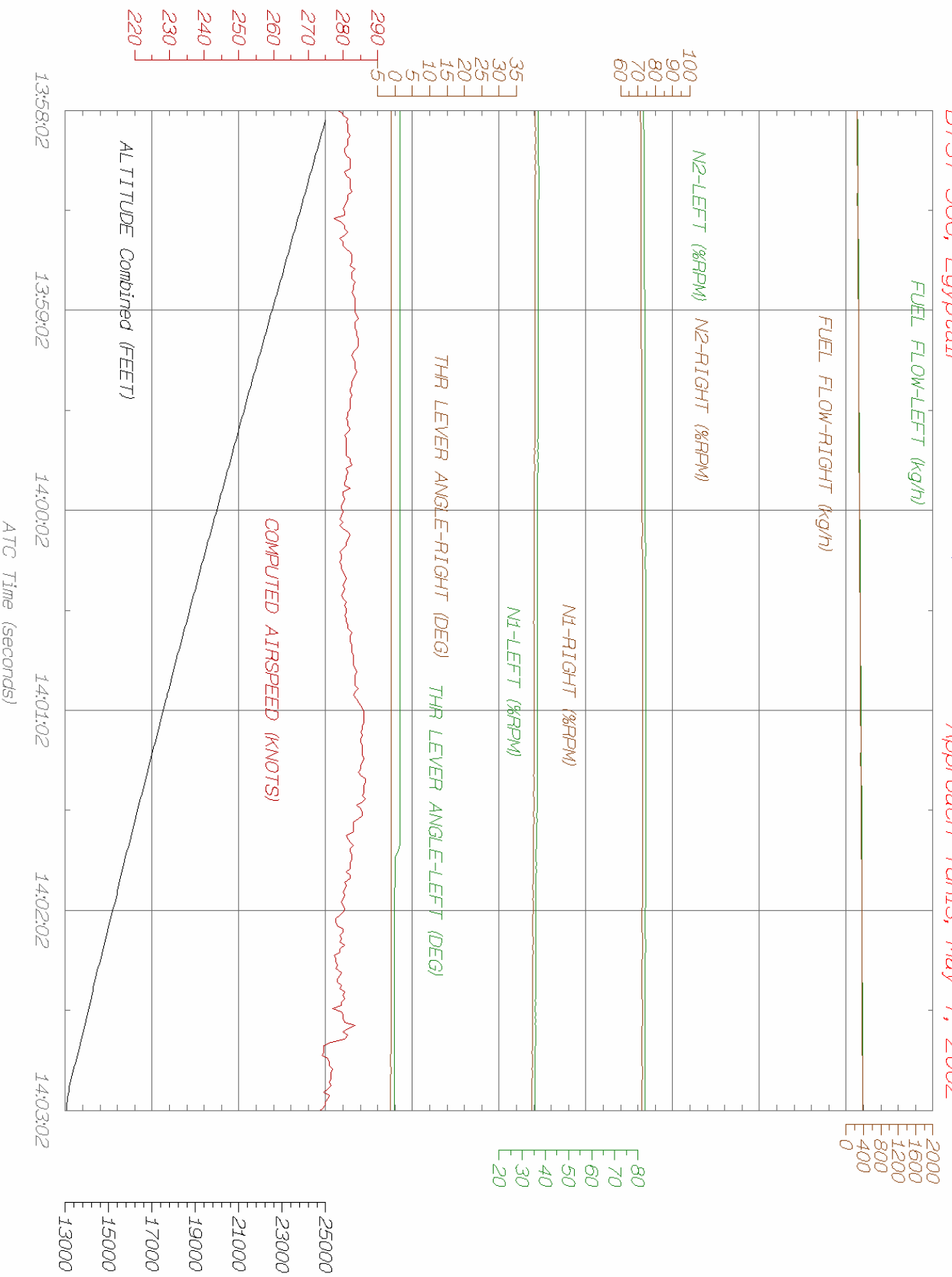
Bureau Enquetes-Accidents



B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 3d, engine parameters, 20 to 15 minutes before crash

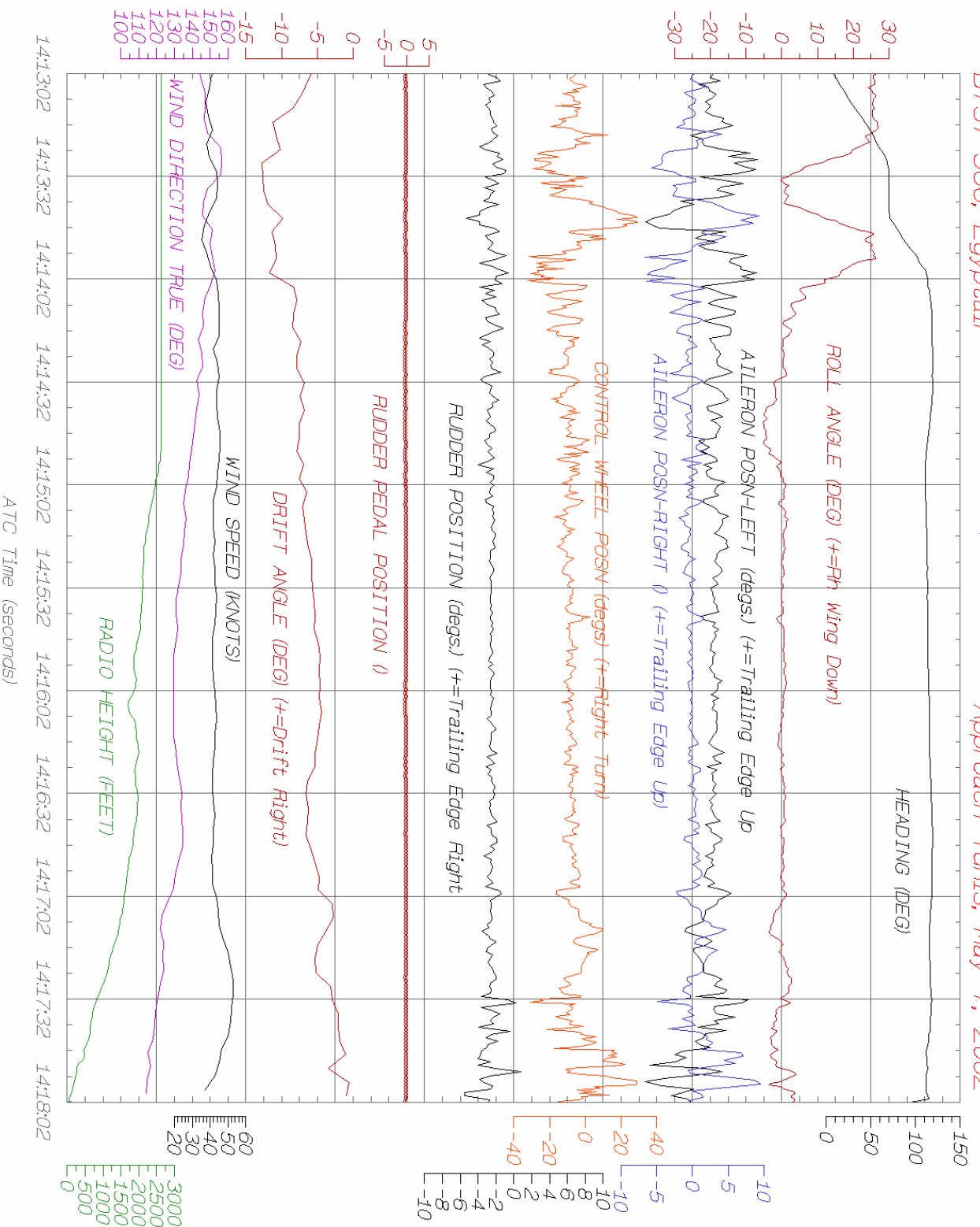
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Plot 4a, Lateral parameters, last 5 minutes

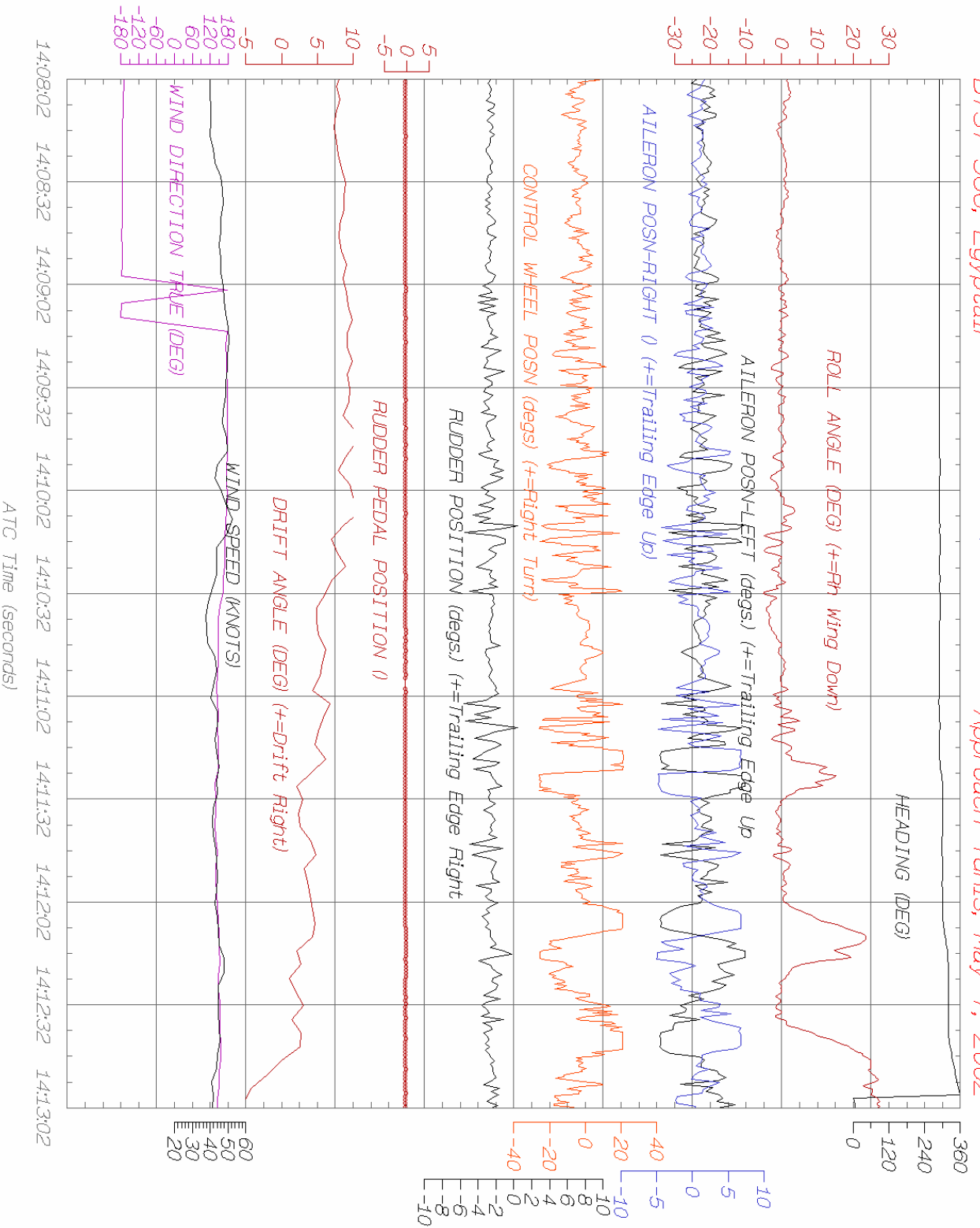
Created: May 14, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002

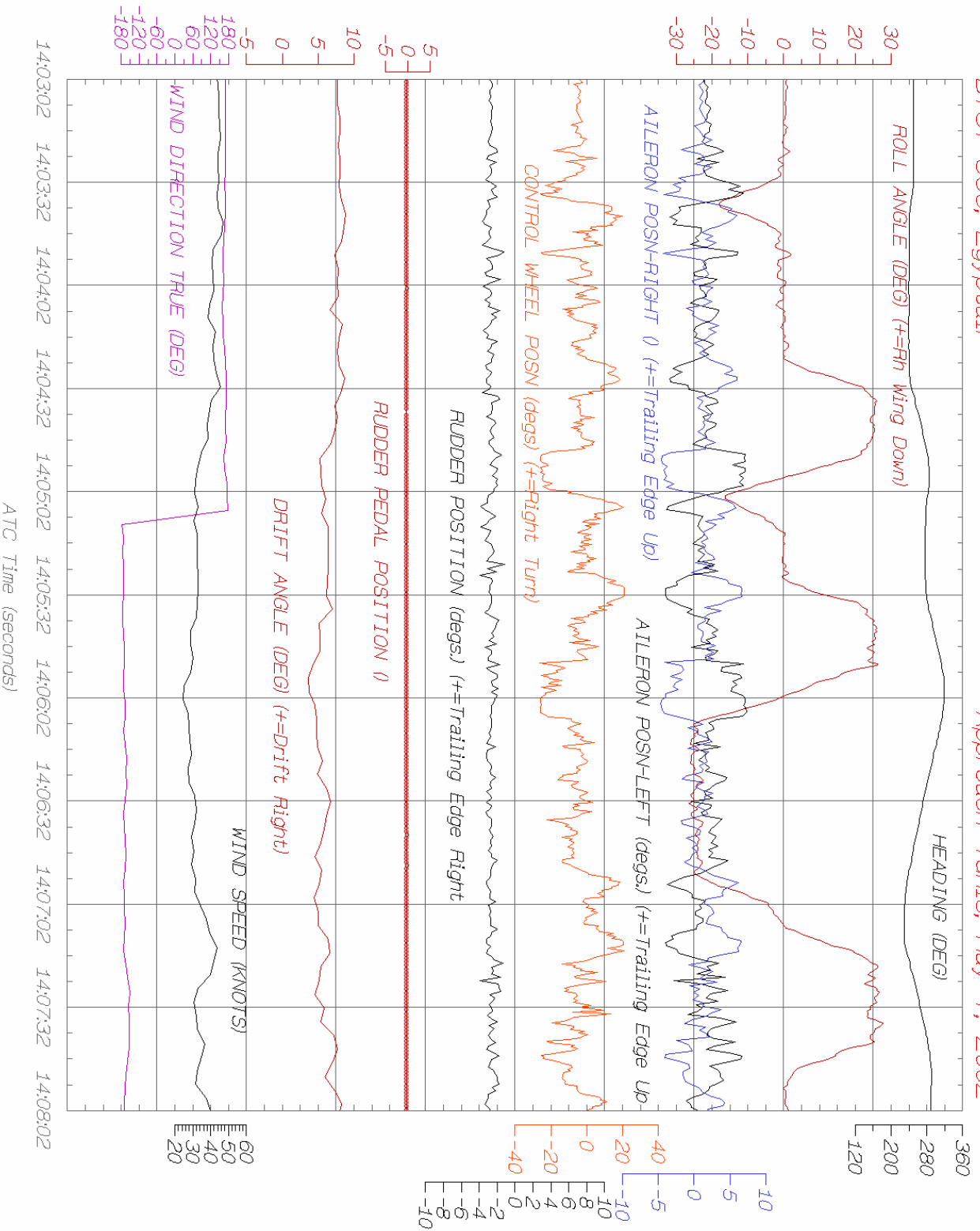


Plot 4b, Lateral parameters, 10 to 5 minutes before  
 Created: May 16, 2002

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



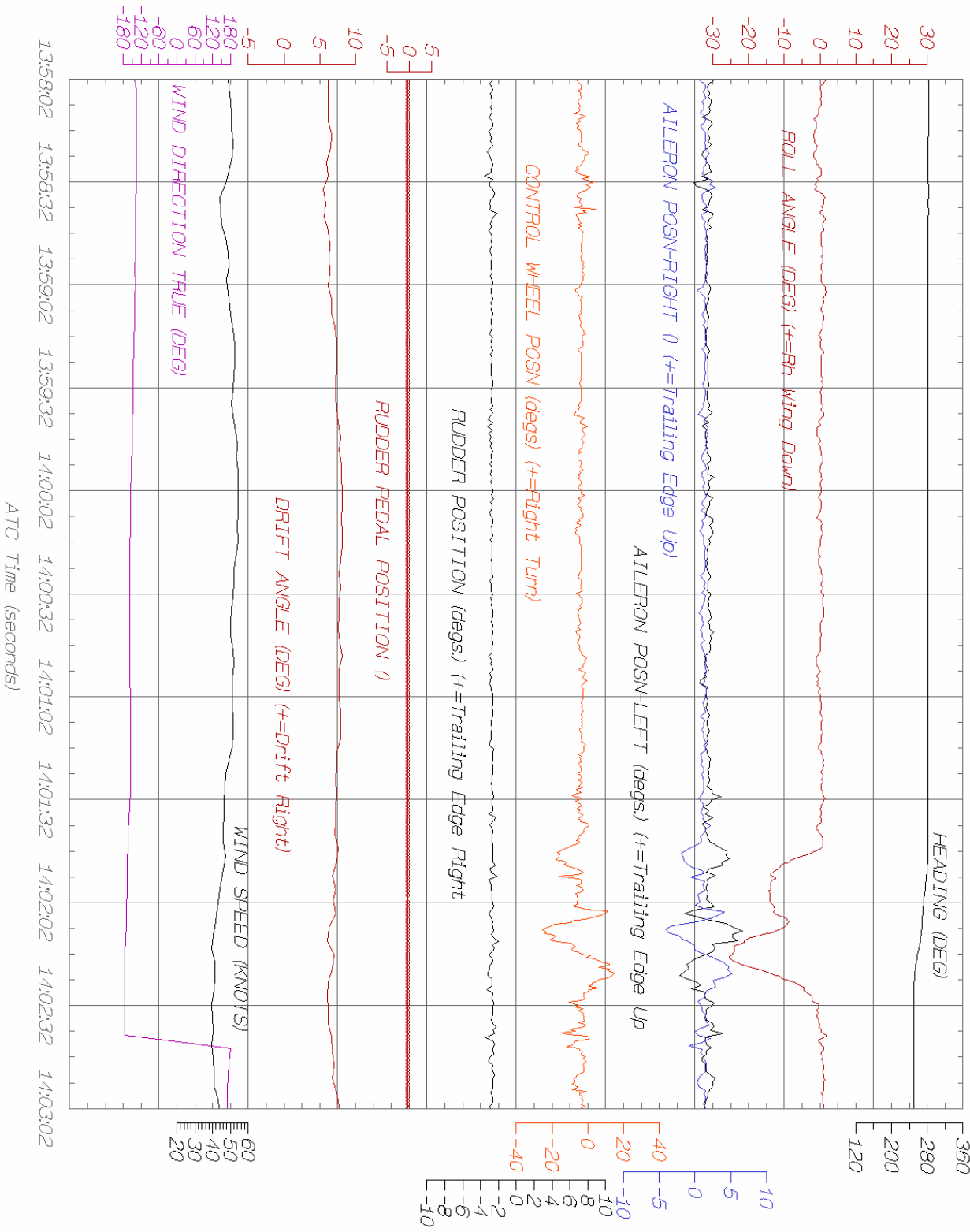
Plot 4c, Lateral parameters, 15 to 10 minutes before  
 Created: May 16, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



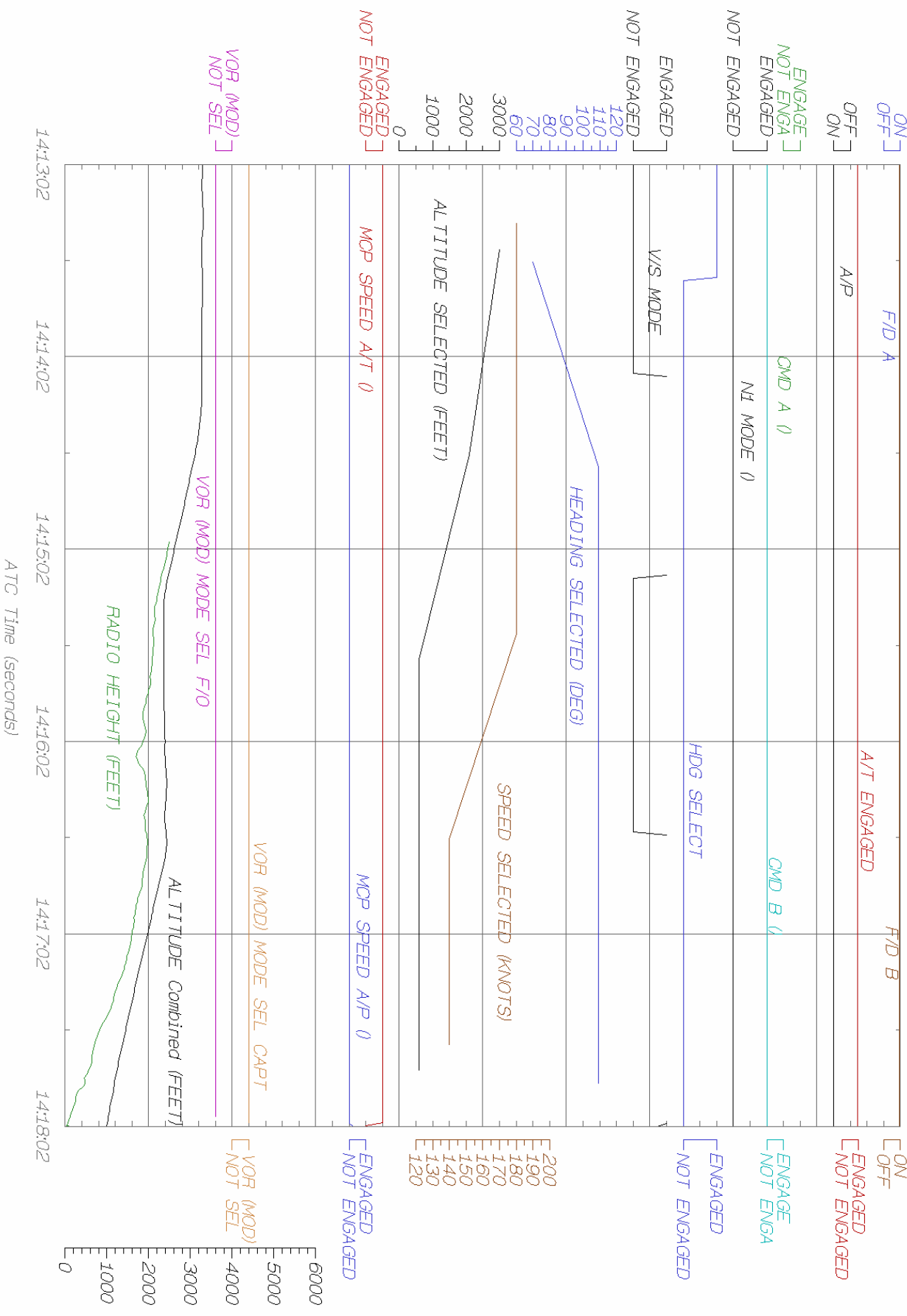
Plot 4d, Lateral parameters, 20 to 15 minutes before  
 Created: May 16, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002

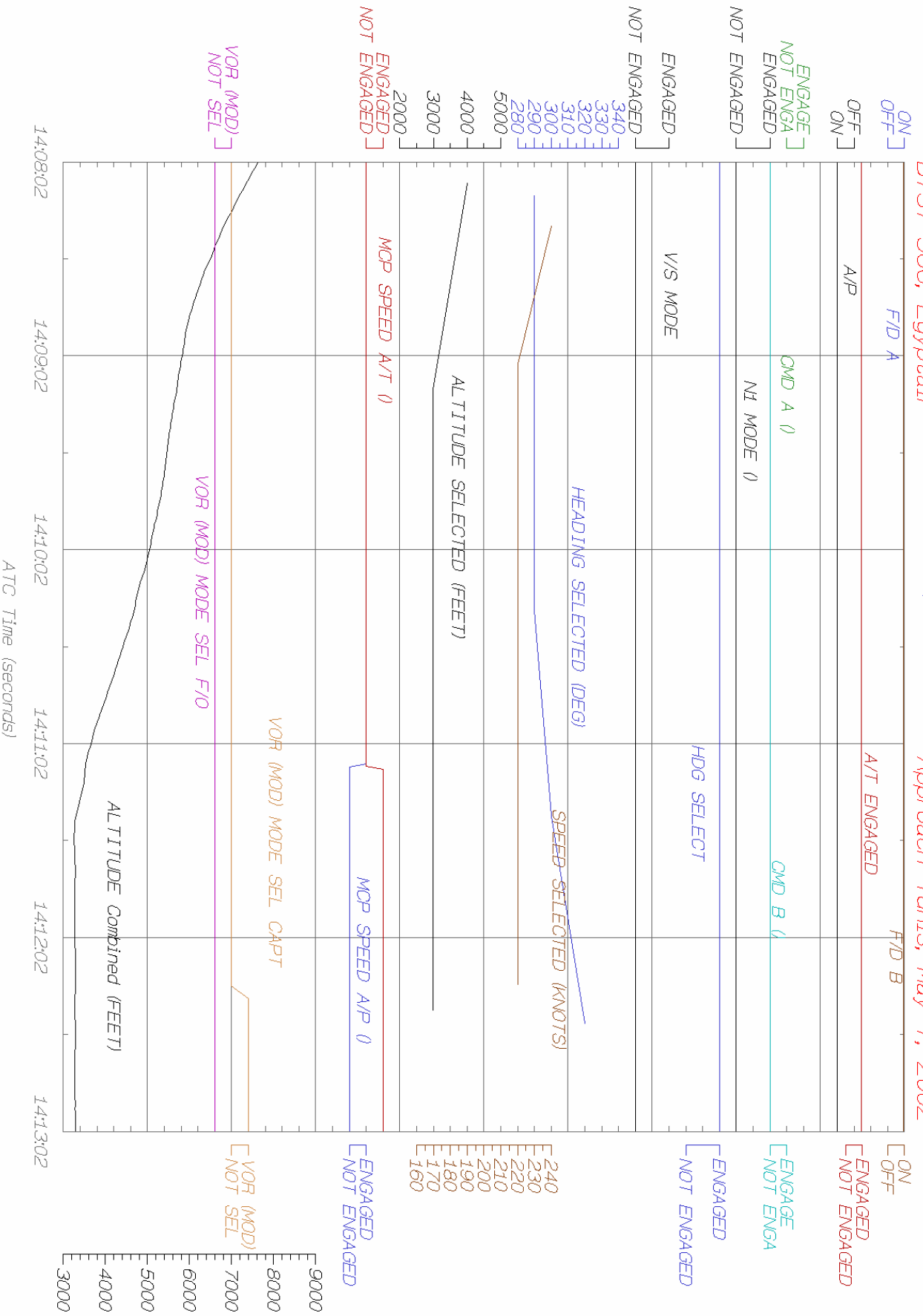


Plot 5a: Control modes and selected parameters, last 5 minutes  
 Created: May 15, 2002

# SU-GBI

B737-566, Egyptair

Approach Tunis, May 7, 2002

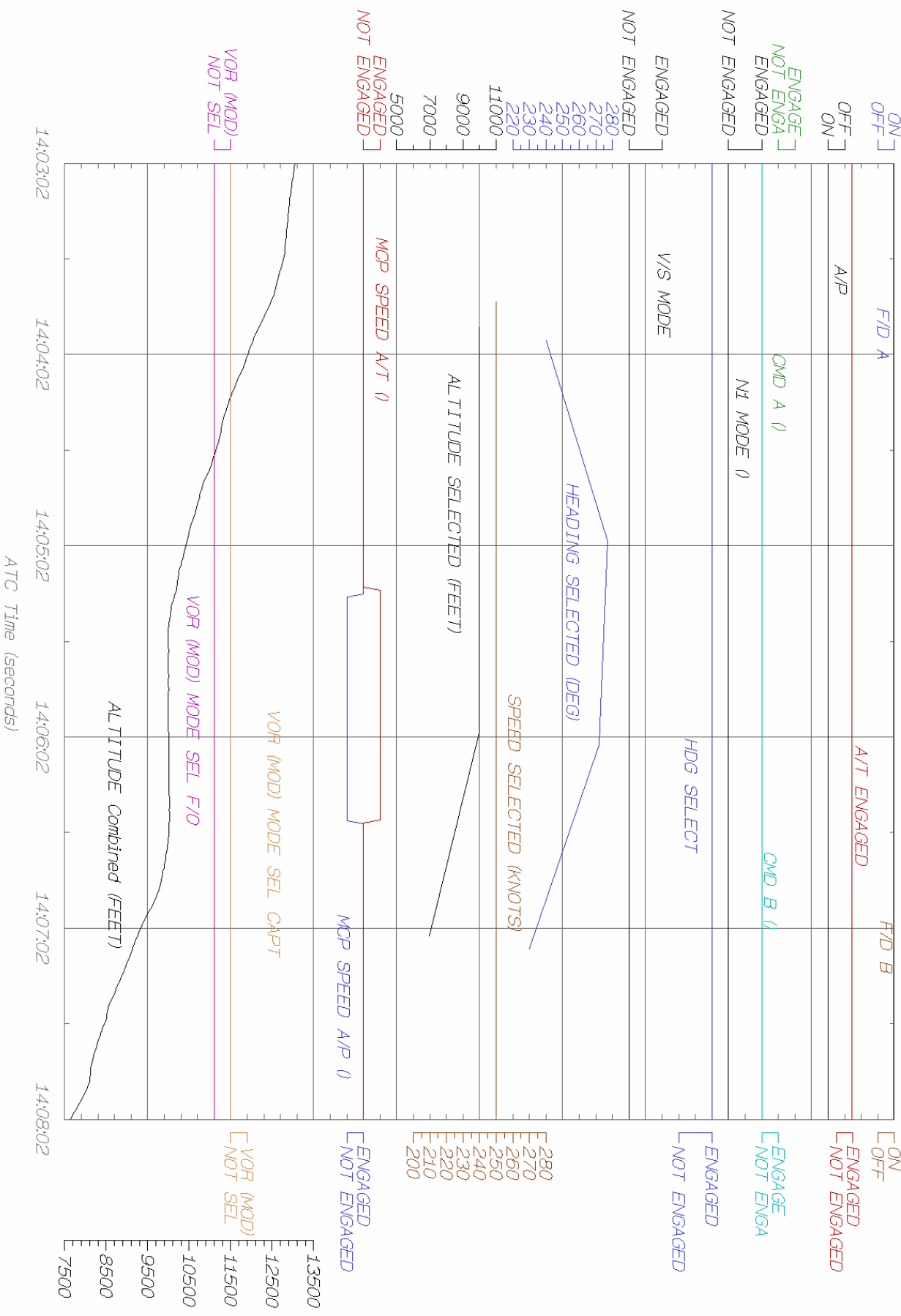


Plot 5b, Control modes and selected parameters, 10 to 5 minutes before crash  
 Created: May 15, 2002  
 Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



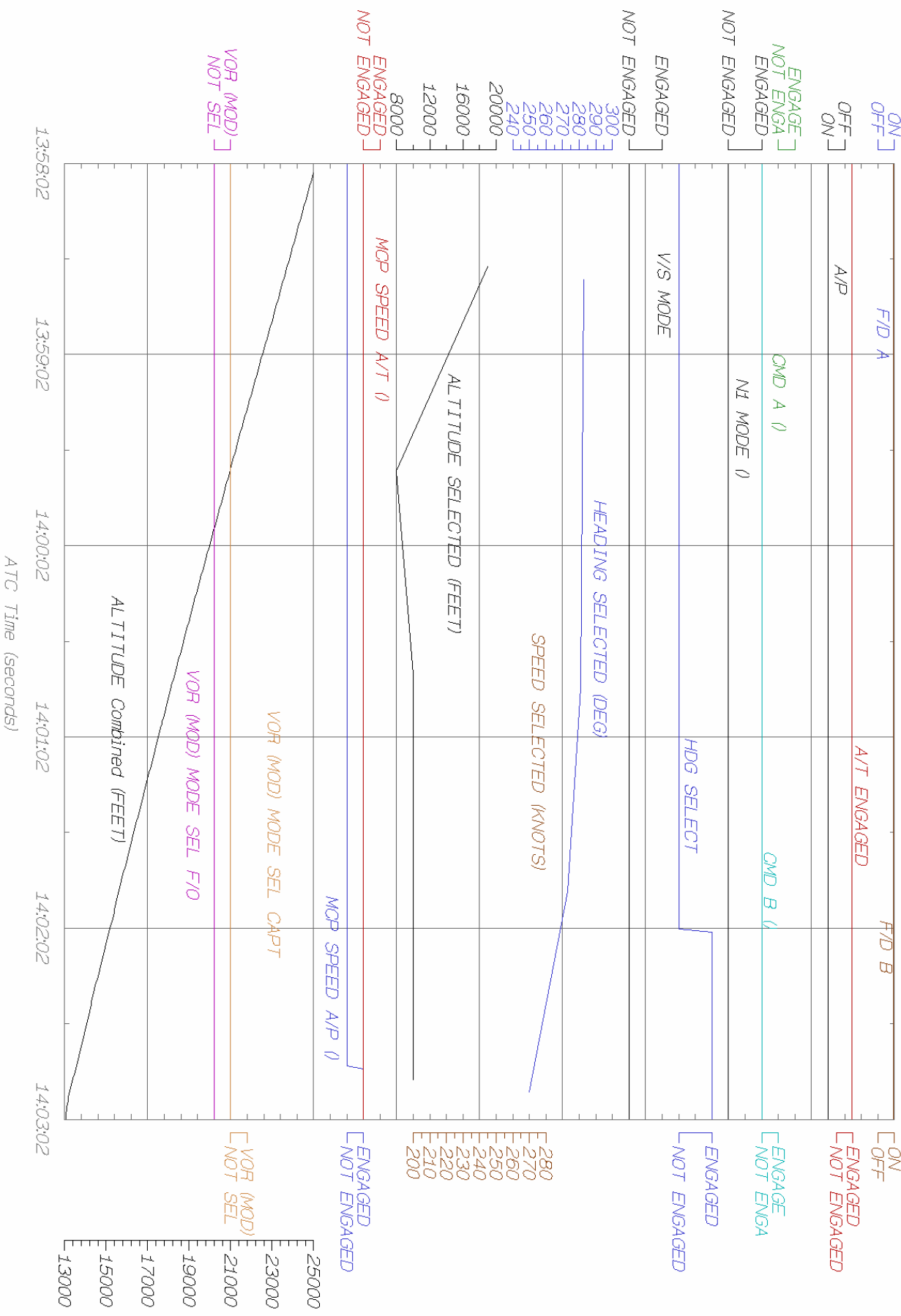
Plot 5c, Control modes and selected parameters, 15 to 10 minutes before crash  
 Created: May 15, 2002  
 Bureau Enquetes-Accidents



B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002

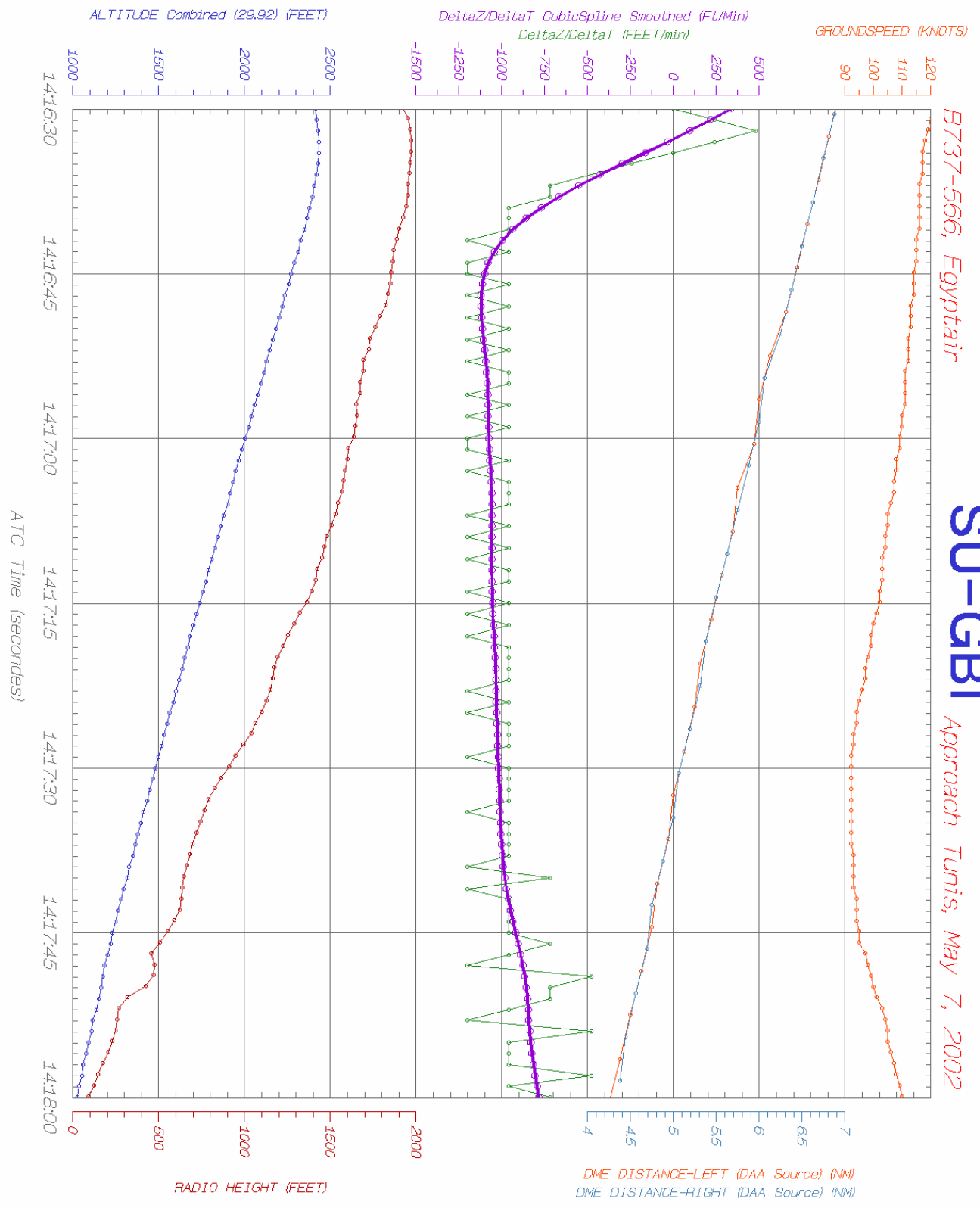


Pilot 5d, Control modes and selected parameters, 20 to 15 minutes before crash  
 Created: May 15, 2002  
 Bureau Enquetes-Accidents

B737-566, Egyptair

# SU-GBI

Approach Tunis, May 7, 2002



Preliminary Data : plot 6, Vz evaluation  
Created: May 15, 2002

Bureau Enquetes-Accidents

## **ANNEXE 5**

# **REPARTITION DES DEBRIS ET ELEMENTS RETROUVES SUR SITE**



## Wreckage diagram

The following points correspond to the points noted on the wreckage survey (note that the terms “near”, “far”, “left” and “right” are used as if the observer was standing at point P1.0 and looking along the wreckage path):

Point Number	Description
P1.0	Point immediately under the power wires on the approach path of the aircraft
P2.0	Near end of set of ground scars consistent with right main landing gear
P2.1	Near end of set of ground scars consistent with left main landing gear
P2.2	Near end of ground scar consistent with right engine nacelle
P2.2a	Far end of ground scar consistent with right engine nacelle
P2.3	Far end of set of ground scars consistent with right main landing gear
P2.3a	Point 2.3 moved towards the center of the ground scars to line up with the ground scar consistent with the nose landing gear
P2.4	Near end of ground scar consistent with nose landing gear
P2.4a	Far end of ground scar consistent with nose landing gear
P2.5	Far end of set of ground scars consistent with left main landing gear
P2.6	Centerline of first road encountered by the aircraft
P3.0	Rock designated as point 3.0
P3.1	Reverser cascade sector P/N: 315A1212-506 S/N (?): 328
P4.0	Rock designated as point 4.0
P4.1	Right half of thrust reverser assembly containing: Center actuator (non-locking) P/N: 315A1800-6 S/N: 10863
P4.2	Right half of thrust reverser assembly containing: Center actuator (non-locking) P/N: 315A1800-6 S/N: 11235
P4.3	Locking actuator

	P/N: 315A1801-23 S/N: 2398
P5.0	Rock designated as point 5.0
P5.1	Section of engine gearbox assembly
P6.0	Stub of broken-off fencepost designated as point 6.0
P6.1	Fence post on left hand side of wreckage path
P6.2	Fence post on right hand side of wreckage path
P6.3	Piece of engine cowling
P7.0	Rock designated as point 7.0
P7.1	Right hand side of tree damage boundary at station 7.0
P7.2	Left hand side of tree damage boundary at station 7.0
P8.0	Rock designated as point 8.0
P8.1	Right hand side of tree damage boundary at station 8.0
P8.2	Left hand side of tree damage boundary at station 8.0
P8.3	Constant speed drive and generator CSD P/N: 735511A CSD S/N: B2512
P8.4	Aircraft radar antenna
P9.0	Rock designated as point 9.0
P9.1	Right hand side of tree damage boundary at station 9.0
P9.2	Left hand side of tree damage boundary at station 9.0
P9.3	Radar transmitter mount Engine servo-valve P/N: WARD1886-306 S/N: 01127
P9.4	Engine oil tank Mode control panel P/N: 405160937 S/N: 91101768 Section of cockpit door Electronic Horizontal Situation Indicator (EHSI)/Electronic Attitude Display Indicator (EADI) EHSI P/N: 622-7999-013 EHSI S/N: 3852 or 3652
P9.5	Fan cowl piece P/N: 314A1112-14
P10.0	Rock designated as point 10.0
P10.1	Right hand side of tree damage boundary at station 10.0

P10.2	Left hand side of tree damage boundary at station 10.0
P10.3	Centerline of second road encountered by the aircraft
P11.0	Rock designated as point 11.0
P11.1	Right hand side of tree damage boundary at station 11.0
P11.2	Left hand side of tree damage boundary at station 11.0
P11.3	Control display unit (CDU) from flight management computer (FMC) P/N: 166691-01-01 S/N: 0002485 or 0002465 Engine starter P/N: 3505716-6 S/N: 8218
P11.4	Captain's seat P/N: IPECO 3A090-0021-04-2 S/N: 17924 Nose landing gear assembly (including steering actuators, trunions, wheel well mounting structure, and fence material) P/N: 65-46200-61 S/N: T4987P2276
P12.0	Rock designated as point 12.0
P12.1	Right hand side of tree damage boundary at station 12.0
P12.2	Left hand side of tree damage boundary at station 12.0
P12.3	Tip of right horizontal stabilizer
P12.4	Left half of thrust reverser assembly containing: Thrust reverser actuator (locking) P/N: 315A1801-22 S/N: 2384
P12.5	Section of outboard flap from left wing
P13.0	Rock designated as point 13.0
P13.1	Right hand side of tree damage boundary at station 13.0
P13.2	Left hand side of tree damage boundary at station 13.0
P13.3	Section of flap
P14.0	Rock designated as point 14.0
P14.1	Right hand side of tree damage boundary at station 14.0
P14.2	Left hand side of tree damage boundary at station 14.0
P14.3	First Officer's seat
P14.4	Forward section of engine nacelle
P14.5	Center post of cockpit window frame

P14.6	Inlet nose cowl
P15.0	Rock designated as 15.0
P15.1	Right hand side of tree damage boundary at station 15.0
P15.G	Rock designated as point 15.G which is at the same distance down the wreckage path as point 15.0, but it is on the opposite side of the aircraft. (The point was used to aid in the wreckage diagram survey.)
P15.2	Left hand side of tree damage boundary at station 15.0
P15.3	Engine on aircraft's right side
P15.4	Right wing root leading edge
P15.5	Right wing tip leading edge
P15.6	Right main landing gear P/N: 65-73761-108 S/N: MC0448686P2276
P15.7	Right wing tip trailing edge
P15.8	Right wing root trailing edge Fuselage station where major structural break occurred
P15.9	Left main landing gear Upper drag strut: P/N: 65-46103-13 S/N: TT138
P15.10	Vertical tail root leading edge at fuselage attachment point
P15.11	Vertical tail tip leading edge
P15.12	Vertical tail tip trailing edge
P15.13	Aft-most point of aircraft fuselage APU exhaust port
P15.14	Passenger door 1R
P15.15	Passenger door 2L
P15.16	Right engine pylon
P16.0	Rock designated as point 16.0
P16.1	Right hand side of tree damage boundary at station 16.0
P16.2	Left hand side of tree damage boundary at station 16.0
P16.3	Left wing root leading edge
P16.4	Left wing tip leading edge
P16.5	Left wing tip trailing edge
P16.6	Left wing root trailing edge Fuselage station where major structural break occurs
P16.7	Tip of right horizontal stabilizer trailing edge



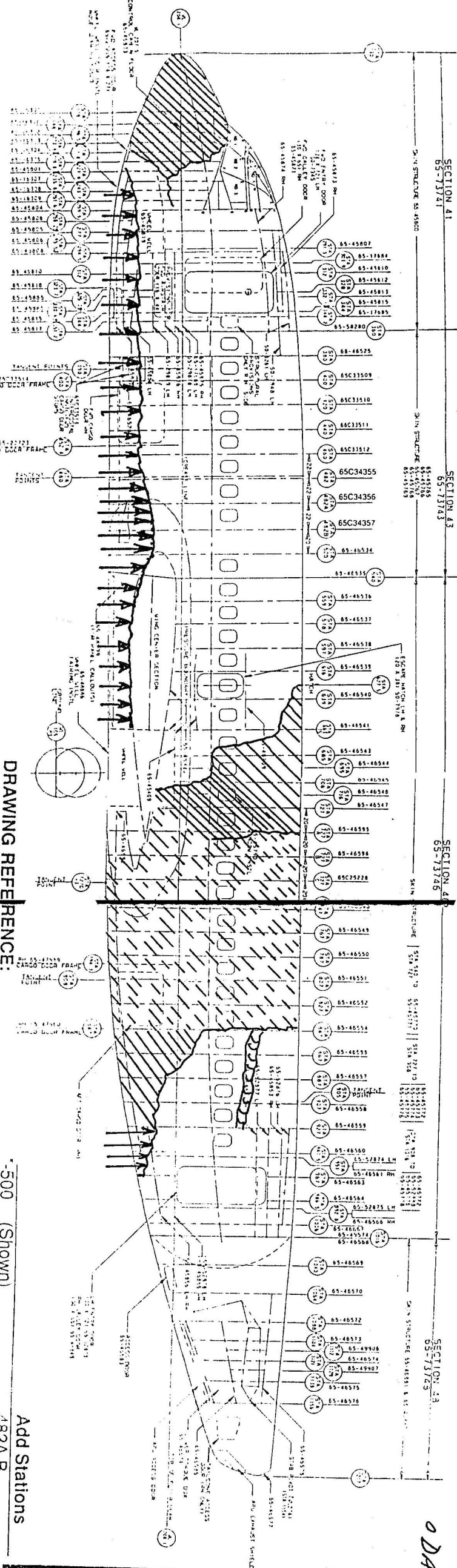
P16.8	Left engine pylon
P17.0	Rock designated as point 17.0
P17.1	Right hand side of tree damage boundary at station 17.0
P17.2	Left hand side of tree damage boundary at station 17.0
P17.3	Main engine fuel pump and MEC Fuel pump P/N: 301-779-005-0 (SNECMA) Fuel pump S/N: 18173 Fuel pump Model Number: 708600-5
P17.4	Seat cushion that appeared to be the piece of wreckage that was furthest along the wreckage path
P18.0	Rock designated as point 18.0
P18.1	Right hand side of tree damage boundary at station 18.0
P18.2	Left hand side of tree damage boundary at station 18.0
P19.0	Rock designated as point 19.0
P19.1	Right hand side of tree damage boundary at station 19.0
P19.2	Left hand side of tree damage boundary at station 19.0
P19.3	Engine on aircraft's left side
P19.4	Constant speed drive and generator CSD P/N: 735511A CSD S/N: B2372
P20.0	Rock designated as point 20.0
P20.1	Right hand side of tree damage boundary at station 20.0
P20.2	Left hand side of tree damage boundary at station 20.0

## **ANNEXE 6**

# **EXAMEN DE L'ÉPAVE**

MS 843

500 Centerline Structure - LEFT SIDE



DRAWING REFERENCE:

- 500 Body Center Line Dia. 65-73740
- 500 Sheet 6\* 65-73740
- 400 Sheet 5\* 65-73740

12

- 300 Body Instl. Sec. 41 65-73746
- Body Instl. Sec. 43 65-73748

- DRAWING REFERENCE:
- Body Instl. Sec. 46 65-73746
- Body Instl. Sec. 48 65-73748
- Body Stiffner Diagram 65-73744
- Body Skin Diagram 65-73742
- Wing/Body Fairing Instl 65-48699

- 500 (Shown) 482A,B
- 400 727A,B,C
- 300 500A,B,C,D,E,F,G
- 727A,B,C,D,E,F,G
- 500A,B,C,D
- 727A,B,C,D,E

Add Stations

FUSELAGE

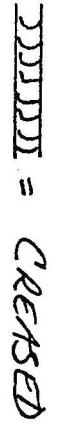
KEY:



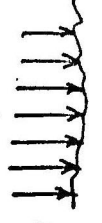
= MATERIAL GONE



= MATERIAL SEPARATED,  
CRUSHED AND DISPLACED



= CRUSHED



= BENT UP

AAAA = BENT UP

DAMAGE AS SHOWN

## **ANNEXE 7**

# **OBSERVATIONS DU REPRESENTANT ACCREDITE DE LA RÉPUBLIQUE ARABE D'ÉGYPTE SUR LE PROJET DE RAPPORT FINAL**

شركة الطيران المصرية لطائرات	
صادر	
٣١٥	
التاريخ	٢٠٠٤ / ٣ / ١٥
التوقيع	١٢٣

وزارة تكنولوجيا المعلومات والاتصال الإدارة المركزية للطيران المدني	٢٠٠٤ - أبريل
وزارة الطيران المدني	الإدارة المركزية للحوادث والحوادث
العنوان	*****

السيد الأستاذ / نبيل الشاذلي

مدير عام الطيران المدني بدولة تونس

رئيس لجنة التحقيق الفني في حادث الطائرة المصرية

فاكس رقم ٠٠٢١٦٧١٧٩٤٢٢٧

تحية طيبة وبعد...

إيماء الى الفاكس الوارد من سيادتكم بتاريخ ٢٣/٣/٢٠٠٤ بشأن الاجتماع المنعقد يوم ١٥ / ٣ / ٢٠٠٤ مع أعضاء الوفد المصري ولجنة التحقيق التونسية حول مشروع التقرير النهائي للحادث .

واننا اذ نشكر لسيادتكم صادق تعاونكم معنا الى شخصكم الكريم والى جميع السادة اعضاء لجنة التحقيق الفني التونسي على جهوداتكم العظيمة وعلى تعاونكم المستمر معنا في جميع مراحل التحقيق الفني في الحادث .  
يرجى التفضل بالاحاطه بما يلي :-

١- البند ٢-٤-٢-٢ والبند ٢-٤-٤

فأنه طبقا لما تم الاتفاق عليه في اجتماع الوفد المصري مع لجنتم الموفرة فان الشق الخاص بالتحليل النفسي لاداء طاقم الطائرة لم يتم دراسته بواسطة ممثلين او خبراء متخصصين من جميع الدول والاطراف المشاركة في التحقيق .  
وقد توافقونا الرأي على حذف هذين البندين مشروع التقرير الفني النهائي .

٢- البند ٢-٥-١

بمراجعة ملف التدريب الخاص بقائد الرحلة والرجوع الى الطيار المدرب الذي قام بهذا التدريب افاد ان المطارات التي استخدمت في عملية التدريب على جهاز الطيران التمثيلي كانت على مطارات الاقصر وشرم الشيخ في عمليات التدريب على اسلوب الاقتراب V.O.R / DME المعطنة في خرائط الاقتراب لهذه المطارات في هذه العمليات التدريبية (مرفق الخرائط الخاصة بالمطارات مرفق ١ ، ٢ ، ٣) .

**٣-١-٥-٢ البند**

بالنسبة لتدريب الطيارين بمصر للطيران على تجنب الـ CFIT بمراجعة هذا الموضوع وجد ان في جميع المراحل التدريبية والاختبارية للطيارين تم مناقشة وتوضيح مشاكل وخطورة هذه الظاهرة بين المدرب والمتدربين كما انه تم اخطار جميع الطيارين ونشر التوصيات الخاصة بالمؤتمر المنعقد في القاهرة في شهر مارس من سنة ٢٠٠٢ .  
وكما تم تزويد الجرعة التنشيطية والتدريبية بهذا الشأن من قبل المدربين للمتدربين بجميع المراحل التدريبية والاختبارية عن طريق التوضيح والتشديد على عمل نظام الـ GPWS ثم تم اضافة هذا الاجراء ضمن الاجراءات الاختيارية للطيارين كما هو مبين في النموذج المرفق ( مرفق رقم ٤ ، ٥ ) .

**٤-١-٦-٢ البند**

الفقرات الخمس الاولى مطلوب تعديلها لتصير كما يلي :-

- **لائطلاق انذار (MODE 1) SINK RATE**

فانه يجب ان يكون معدل الهبوط البارومتري (BAROMETRIC SINK RATE) للطائرة قد تجاوز 1031 FT/MIN (REF.B737-500 MM 34-42-01 PAGE 9) وهذا لم يحدث للطائرة خلال اخر دقيقتين قبل الحادث .

- **لائطلاق انذار (MODE1) (PULL UP)**

فانه يجب ان يكون معدل الهبوط البارومتري للطائرة (BAROMETRIC SINK RATE) قد تجاوز 1500 FT/MIN (REF.B737-500 MM 34-42-01 PAGE 9) وهذا لم يحدث للطائرة خلال اخر دقيقتين قبل الحادث .

الفقرة السادسة غير صحيحة ومطلوب حذفها .

**٥-١-٦-٢ البند ٢-٦-٢ انذار معدل الهبوط السريع (MODE 2)**

مطلوب تعديل الفقرات بالكامل لتصبح كما يلي :-

- ان الانذار (TERRAIN) في حالة (LANDING CONFIGURATION) يصدر فقط اذا كان (CLOSURE RATE) قد تجاوز (2253 FT/MIN) وان قيمة الحد الادنى للـ (HEIGHT ABOVE TERRAIN) تعدل طبقا للـ (BAROMETRIC RATE)

ولما كانت قيمة الـ (CLOSURE RATE) للطائرة لم تصل الى هذا الحد فان  
 الانذار لن يصدر (REF.B737-500 MM 34-42-01 PAGE 10)  
 • اما (MODE 2) فانه طبقا للمرجع (REF.B737-500 MM 34-42-01  
 PAGE 14) فانه مدون امامه (IF ACTIVATED) وكذلك فان  
 (MINIMUMS MESSAGE) لم يرد لها ذكر في (B737-500  
 OPERATION MANUAL REF. 15.20.8) ضمن الجدول الخاص بالـ  
 GPWS ANNOUNCEIATIONS وبالتالي فان هذه الخاصية غير مفعلة في  
 هذا الطراز (مرفقات من رقم ٦ حتى رقم ١٤) .

واذ نشكر لسيادتكم صادق تعاونكم ،،

وتفضلوا بقبول فائق الاحترام ،،،

سعي حمياتي

سب مهرا  
 طيار / شريف سعد الدين جلال

الممثل المعتمد لجمهورية مصر العربية  
 رئيس فريق التحقيق المصري

٤ / ٤ / ٢٠٠٤

خان...

محرمة  
 تم ارسال نسخة عن طريق صديقكم بديلا عن  
 لتدبير لسيارتكم (الكتاب المصلي)

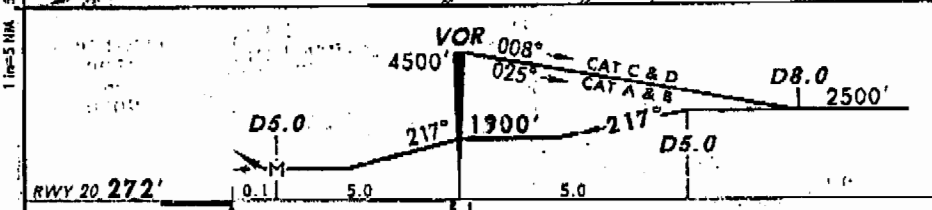
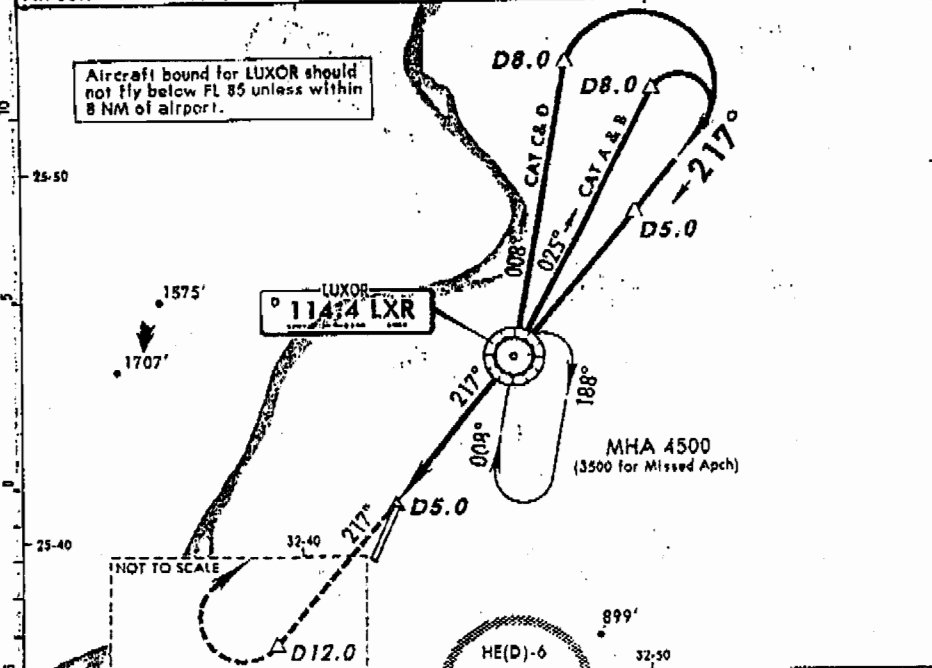
سرفه (تسا)

**HELX/LXR**  
LUXOR INTL

**JEPPESSEN**  
21 FEB 03 (13-2)

**LUXOR, EGYPT**  
VOR DME Rwy 20

LUXOR Radar (APP)		LUXOR Tower (APP)		Ground	
-124.3		119.9		-118.1	
VOR LXR 114.4	Final Apch Crs 217°	Minimum Alt VOR 1900'	MDA(H) 760' (488')	Appt Elev 294'	RWY 272'
<b>MISSED APCH: Climb STRAIGHT AHEAD on track 217° to 2000'.</b> <b>At D12.0 turn RIGHT to reach VOR at 3500' and hold.</b> Complete turn inbound to VOR prior to level acceleration, or as directed.					
Alt. Set: hPa		Rwy Elev: 10 hPa		Trans level: FL 60	
				Trans alt: 4500'	



MAP at D 5.0 after VOR			HIALS PAPI PAPI 2000' 217°
STRAIGHT-IN LANDING RWY 20		CIRCLE-TO-LAND	
MDA(H) 760' (488')			
		Alt out	Max Kts
A	800m	1600m	100
B			135
C	1200m	2000m	180
D	1600m	2400m	205
		MDA(H) 890' (596') 1600m	
		970' (676') 1600m	
		1480' (1186') 4800m	

⚠ Prohibited East-southeast of runway.  
 CHANGES: Communications. © JEPPESSEN SANDERSON, INC., 2001, 2003. ALL RIGHTS RESERVED.



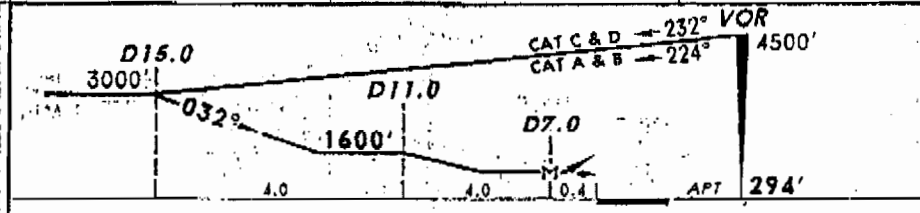
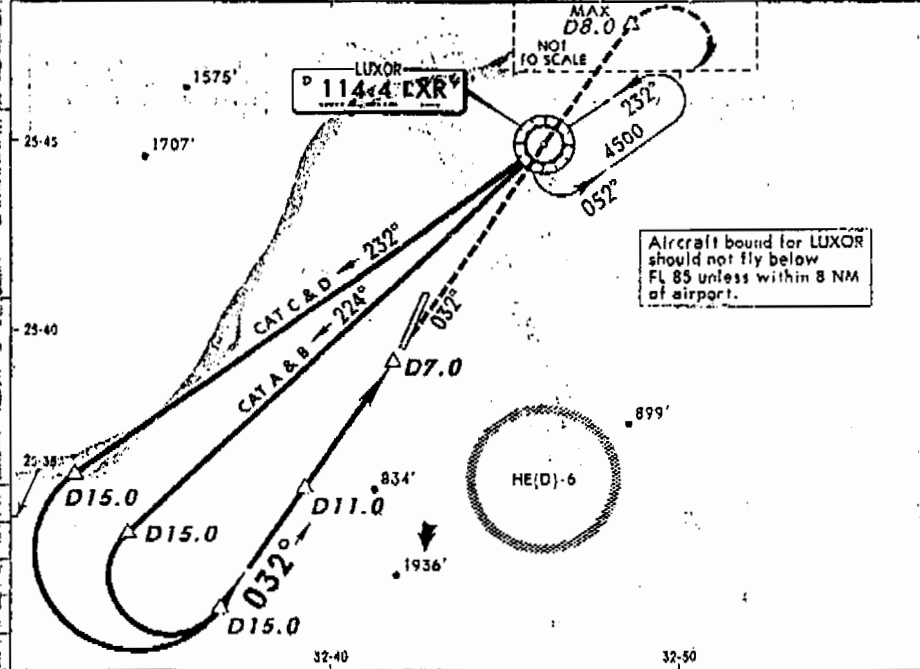
مرفق دریا

HELX/LXR  
LUXOR:INTL

JEPPESEN  
21 FEB 03 (13-1)

LUXOR, EGYPT  
VOR DME Rwy 02

LUXOR Radar (APP)		LUXOR Tower (APP)		Ground	
124.3		119.9		118.1	
VOR LXR	Final Apch Crs	Minimum Alt	MDA(H)	Apt Elev 294'	
114.4	032°	D11.0 1600'	850' (556')		



MAP at D7.0		HIALS	2000'
		PAPI: PAPI	032°

STRAIGHT-IN LANDING RWY 02		CIRCLE-TO-LAND	
MDA(H) 850' (556')			
ALS OUT		Max X14	
A	1200m	100	890' (596') 1600m
B		135	970' (676') 1600m
C	2400m	180	
D	2800m	205	1480' (1188') 4800m

Prohibited East-southeast of runway.  
CHANGES: Communications. © JEPPESEN SANDERSON, INC., 2001, 2003. ALL RIGHTS RESERVED.

H. EGYPT  
 SHEIKH INTL  
 58.7 E034 23.6

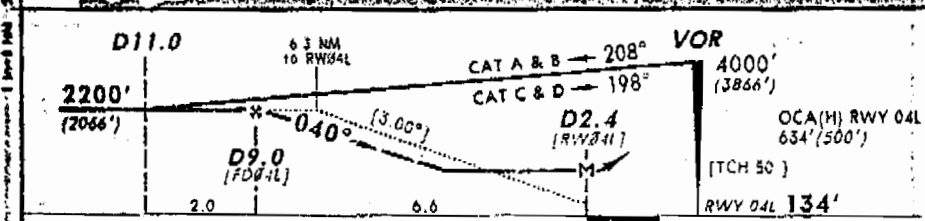
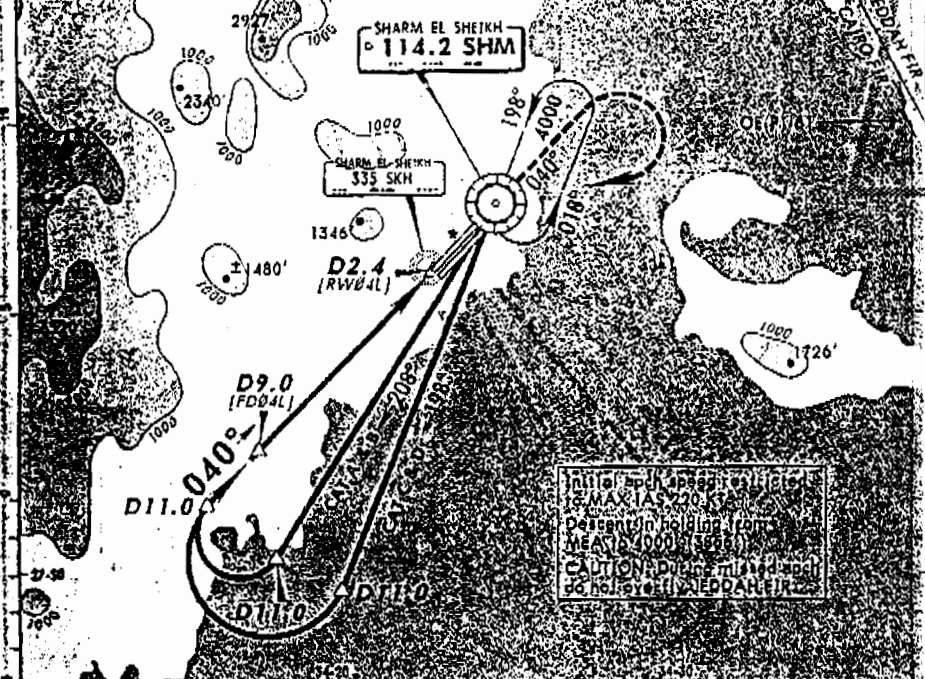
HESH  
 SHARM EL SHEIKH INTL

JEPPESEN SHARM EL SHEIKH, EGYPT  
 13 JUL 01 (13-1)  
 VOR DME Rwy 04L

*SHARM EL SHEIKH Radar		SHARM EL SHEIKH Tower		Ground	
121.1		118.9		121.9	
VOR SHM	Final Apch Crs	Minimum Alt D9.0	MDA(H)	Apv Elev	143'
114.2	040°	2200' (2066')	640' (506')	RWY 134'	

MISSED APCH: Climb STRAIGHT AHEAD on 040° to 2500', then turn RIGHT to reach VOR at 3000', or as directed.

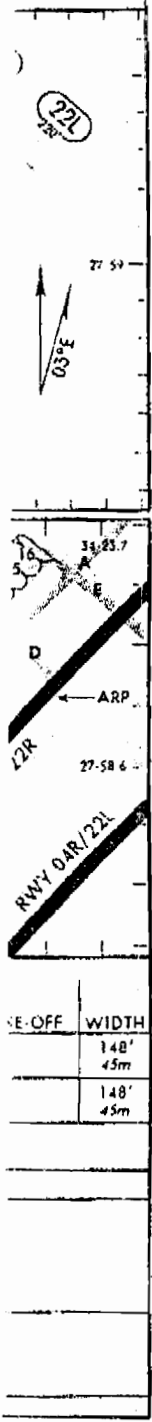
Alt Set: hPa Rwy Elev: 5 hPa Trans level: FL 110 Trans alt: 9500' (9366') MSA SHM VOR



Grd speed-Kts	70	90	100	120	140	160	HIALS PART 1 PART 2 2500' on 040°
Descent angle (3.00°)	372	478	531	637	743	849	
MAP at D2.4							

STRAIGHT-IN LANDING RWY 04L		CIRCLE-TO-LAND	
MDA(H) 640' (506')		Not authorized West of rwy 04L/22R	
ALS out			
A		100	1100' (957')
B	2200m	135	3000m
C		180	
D	2600m	205	1100' (957')
			4800m

CHANGES: See other side. © JEPPESEN SANDERSON, INC., 1999, 2001. ALL RIGHTS RESERVED.



Flight Training Department  
Flight Operations  
Page 1 of 2

الإدارة العامة للتدريب الجوى  
قطاع العمليات

Form No. C30-0703



## TRAINING / PROFICIENCY FORM

Day 1: Training For Flight Manoeuvres required by ECARS 121 Appendix F (PC)  
Day 2: Proficiency Check

Name		Code No.	<input type="checkbox"/> Capt.	<input type="checkbox"/> F/O	<input type="checkbox"/> IP
Simulator Owned By	Location	Aircraft Type	Simulator Level		
Flight Training Time	Time PF	Time PNF	Date	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D	

**This form is based on ECARS 121 Appendix F.**

*Enter (S/U or NA) indicating Satisfactory / Unsatisfactory completion of each item or Not Applicable*

### PART 1: PC ORAL TEST

#### Operational Oriented Questions

- Aeroplane systems
- Aeroplane performance
- Normal and non-normal procedures
- ETOPS, North Atlantic or special routes
- Company flight operations manual
- Use of checklists
- Windshear Review

### PART 2: PC FLIGHT CHECK (cont'd)

#### INFLIGHT MANEUVERS

- Steep turns (Min. 180° - Max. 360°)<sup>1</sup>
- Approach to stalls (Two may be waived):
  - Take-Off configuration
  - Clean configuration
  - Landing configuration

*Note: One Stall must be performed with bank angle 25°.*

### PART 2: PC FLIGHT CHECK

#### PRE FLIGHT AND TAXIING

- Pre-flight and cockpit preparation
- Engine start
- Low visibility taxiing (150/200m RVR)<sup>2</sup>

#### TAKE-OFFS

- Normal
- Low visibility takeoffs (150/200m RVR)<sup>2</sup>
  - X- Wind with loss of visual cues at 100 Kt.
  - Rejected T.O with an engine failure before V<sub>1</sub>
  - With simulated engine failure at V<sub>1</sub>
- Windshear

#### APPROACHES & LANDINGS

- Normal Landing
- From ILS
- Cross Wind
- Visual approaches
  - With 50% power plant failure
  - (2 Eng.'s on one side for 4 Eng.'s aeroplanes)<sup>4</sup>
- From circling approach
- Rejected at 50'
- Windshear

#### INSTRUMENT PROCEDURES

- Area departure
- Area arrival and Holding
- ILS approach (Coupled)
- Second ILS approach (Manual)
- Missed approach
- Non-precision approach
- Second Non-precision approach (RNAV)
- Circling approach
- Engine failure missed approach

#### CAT II Approaches

- A min. of 3 CAT II approaches are required for
- CAT II recurrent

#### SPECIAL TRAINING

- ETOPS
- North Atlantic En-route diversion scenario
- MNPS
- Precision Radar Monitoring.

#### NORMAL AND ABNORMAL PROCEDURES

- Anti icing and De-icing
- Hydraulics
- Electrical
- Pneumatic
- Gears
- Flaps
- Flight Controls
- Nav/Comm. Equipment

#### EMERGENCY PROCEDURES

- In-flight Fire and Smoke Control
- Decompression
- Emergency Descent
- Emergency Landing (Partial L/G, No Flaps, etc...)
- Emergency Evacuation
- TCAS (Briefing & Demo)
- GPWS (Briefing & Demo)

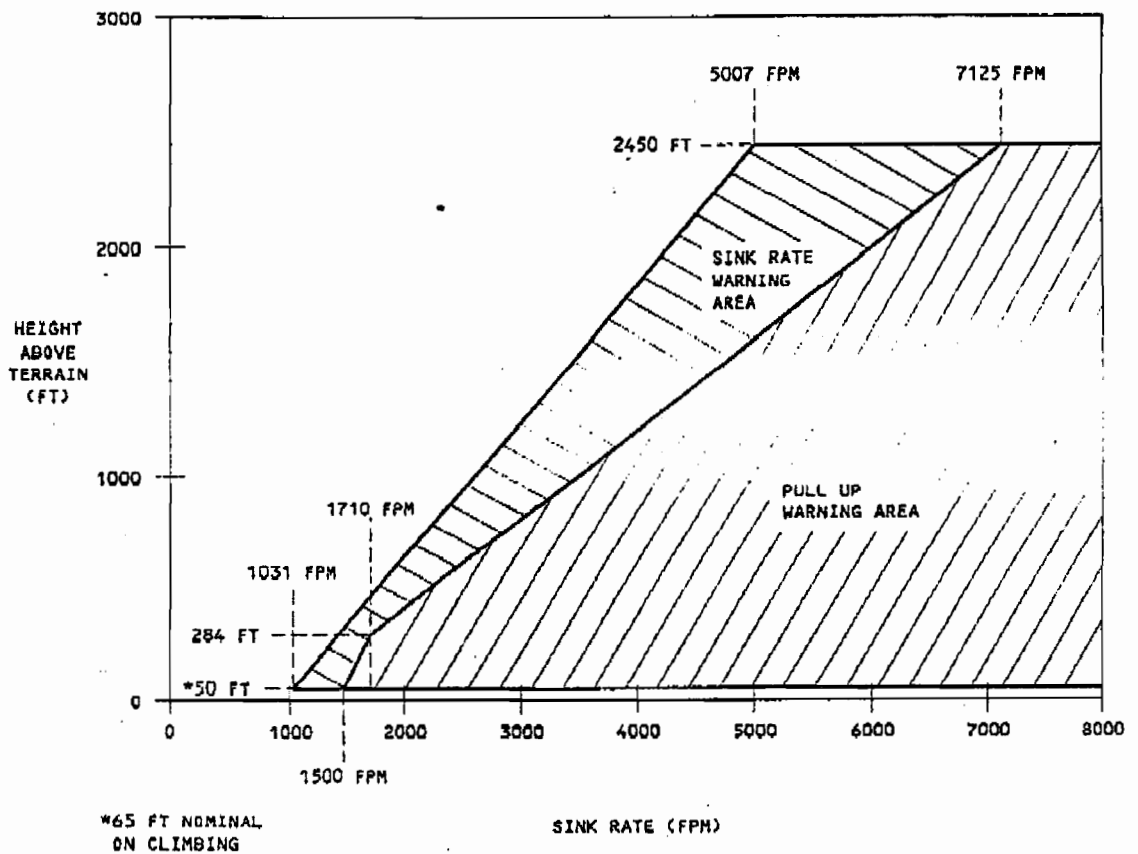
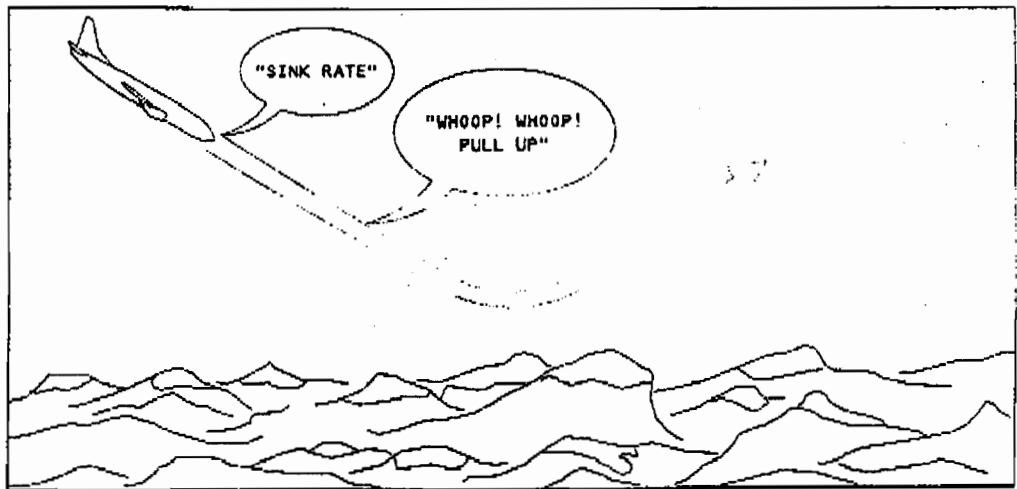
#### EMERGENCY PROCEDURES (SPECIFIC TYPE)

1. Non-Normal Procedures: Are Abnormal, Additional, Alternate and Emergency Procedures
2. 150/200m RVR for category C/D aircrafts respectively.
3. One direction may be waived.
4. For Captains Only.



# BOEING

737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL



Mode 1 - Excessive Descent Rate  
Figure 4

EFFECTIVITY	ALL
-------------	-----

34-42-01

01

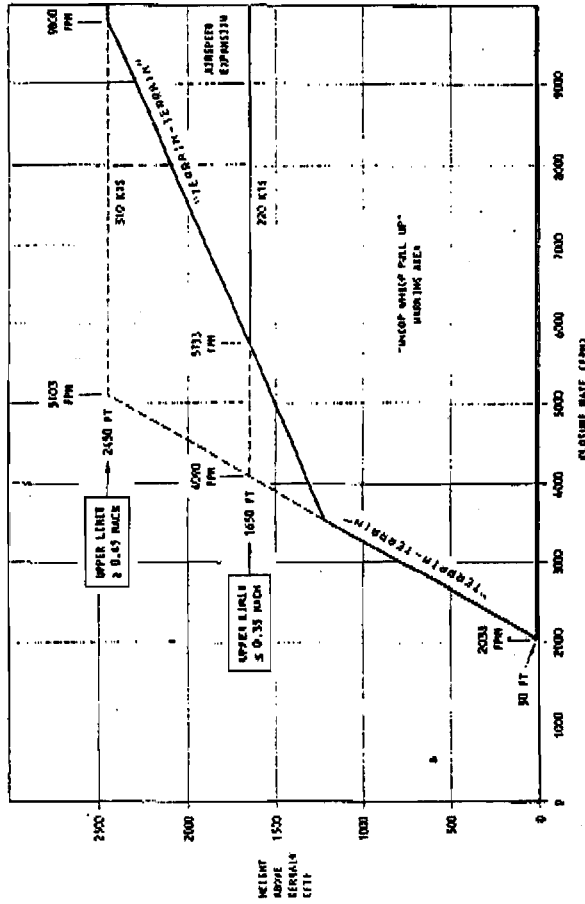
Page 9  
Nov 12/01

220518

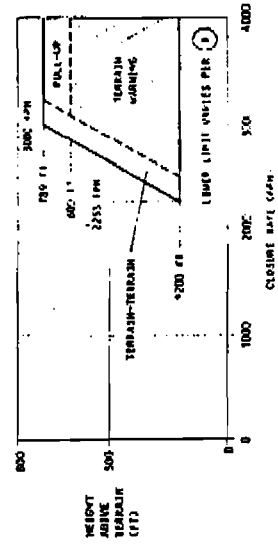
حرفاً رقم (۱۷)

# BOEING

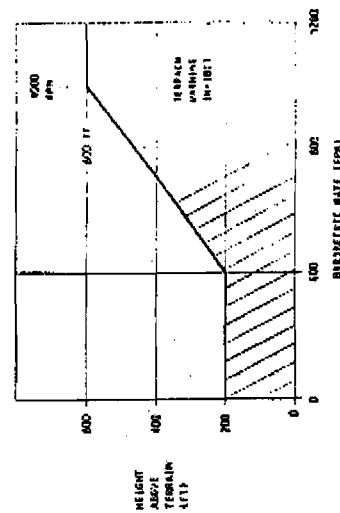
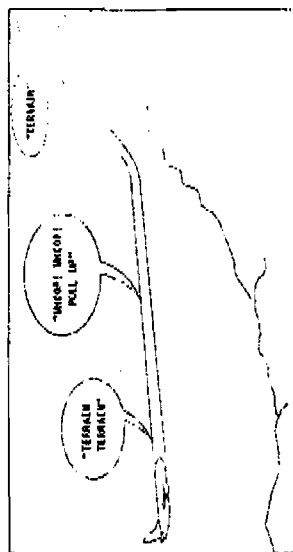
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL



MODE 2A - FLAPS NOT IN LANDING CONFIGURATION



MODE 2B - FLAPS IN LANDING CONFIGURATION



MODE 2B - LOWER LIMIT

Mode 2 - Excessive Closure Rate  
Figure 5

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

٧٨١ رسو٧ دقو

**BOEING**  
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL

- C. Binary inputs to the GPWC consist of a landing gear and landing flap position signal and 28-volt dc radio altimeter valid, glide slope valid and baro rate computer valid signals.
- (1) The landing gear lever switch actuation is determined by the position of the landing gear control lever. When the lever is moved to the down detent position, the microswitch is actuated. Switch actuation provides a ground to the ground proximity warning system, indicating that the landing gear lever is in the down position. The ground from the landing gear lever switch is also provided to the landing gear accessory module.
  - (2) The landing flap position warning switch is set to actuate at 15 units of flaps, and the takeoff flap position warning switch is set to actuate at 25 units of flaps. The objective of these two switches is to provide a ground to the GPWC for flap settings of less than 25 units. One switch provides ground for settings of 5 to 25 units. The second switch provides coverage for flaps up (0 units) by providing a ground for settings of 5 to 15 units. With either switch closed, a ground is provided to the ground proximity warning computer, arming the TOO LOW-FLAPS warning. When the flaps are in a landing configuration, both switches are open and the warning is inhibited.
  - (3) The air/ground relay supplies a binary input to the GPWC. The air/ground input allows the GPWC to inhibit mode functions while the airplane is on the ground to decrease nuisance warnings. When the airplane is in the air, the air/ground input inhibits testing of the GPWC.
- D. The GPWC provides 10 different voice messages. With the possibility of more than one warning occurring at the same time, the following priority has been established with the associated modes. The highest priority message is always provided. If a higher priority warning occurs, the message will immediately switch to the higher priority message. If a higher priority warning stops, the priority message will complete before switching to any lower priority message.

<u>Priority</u>	<u>Message</u>	<u>Mode</u>
1	WINDSHEAR	7
2	WHOO WHOO PULL UP	1 and 2
3	TERRAIN	2
4	TOO LOW - TERRAIN	4
5	TOO LOW - GEAR	4A
6	TOO LOW - FLAPS	4B
7	MINIMUMS (If activated)	6
8	SINK RATE	1
9	DON'T SINK	3
10	GLIDE SLOPE	5
11	BANK ANGLE (If activated)	6
12	(Various altitude callouts-if activated)	6

NOTE: WINDSHEAR aural message is preceded by one cycle of siren sound.

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

25

Page 14  
Nov 12/01

**BOEING**  
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL

- E. The GPWC processes the input signals to provide warning outputs during the following flight conditions:
- (1) Excessive Sink Rate Warning (Mode 1)
    - (a) The computer provides the pilots with a warning if the airplane exceeds the barometric sink rate with respect to terrain clearance as shown in Fig. 4. The warning may be visual and audible and is continuous while the airplane is within the warning area. The aural warning is SINK RATE, and is repeated every 0.75 seconds.
    - (b) The aural warning changes to PULL UP if the airplane sink rate continuous and penetrate the warning area as shown in Fig. 4. The PULL UP warning boundary is below the SINK RATE warning boundary.
  - (2) Closure Warning (Mode 2)
    - (a) With the flaps not in landing configuration (airplane in cruise), the computer will provide the pilots with a warning if the airplane exceeds the terrain closure rates with respect to the terrain clearances shown in Fig. 5, (Mode 2A). The PULL UP indicator and two cycles of aural warning TERRAIN come on. If the airplane remains within the curve boundary, the aural warning will change to PULL UP, repeated every 0.75 seconds. Upon leaving the curve boundary, due to either terrain change or pull up maneuver, the aural warning will change to TERRAIN, repeated every 0.75 seconds. The warning will remain on until the barometric altitude has increased by 300 feet. During high speed operation, the upper curve boundary is increased linearly between 0.35 and 0.45 mach to provide early warning.
    - (b) With flaps in the landing configuration, the warning boundary is limited as shown in Fig. 5, (Mode 2B). No altitude gain is required to turn off the TERRAIN aural warning after the PULL UP aural warning is activated. The PULL UP aural warning is inhibited at radio altitude below 700 feet with landing gear down. Only the TERRAIN aural warning is activated.
    - (c) To provide additional nuisance warning protection at the runway threshold during steeper approaches, the lower limit of mode 2B varies as a function of barometric rate as shown in Fig. 5.
    - (d) The GPWC cannot provide a warning if an airplane is flying directly towards a vertical cliff with no initial terrain slope at the bottom. Mode 2 warnings are inhibited below 50 feet of radio altitude.

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

11

Page 16  
Mar 15/89



سرقو رقم (١٠)

**BOEING**  
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL

- (3) Takeoff Altitude Loss Warning (Mode 3)
- (a) A warning consists of visual PULL UP and aural DON'T SINK is provided when the airplane is in takeoff mode before acquiring 700-foot terrain clearance with landing gear or flaps up and a barometric altitude loss is detected as shown in Fig. 6. The altitude loss required to activate the warning varies with the height of the airplane above the ground at the time inadvertent descent occurs. At a climbout altitude of 100 feet any loss of altitude will activate the warning. At 700 feet, an altitude loss of 70 feet will activate the warning.
- (b) A magnetic latch provides logic between mode 3 and 4. During takeoff, the latch is set to arm the takeoff mode and disarming the terrain clearance warning. Upon acquiring 700 feet of altitude, the latch resets, arming the terrain clearance warning.
- (4) Unsafe Terrain Clearance Warning (Mode 4)
- (a) With landing gear not down, the computer will provide a warning if the airplane is below 500 feet and speed below 0.35 mach, as shown in Fig. 7, (Mode 4A). The warning consists of the red PULL UP light coming on and an aural of TOO LOW-GEAR is repeated every 0.75 seconds. The warning may be inhibited by setting the GEAR INHIBIT switch to the INHIBIT position. For speed above 0.35 mach, the aural warning changes to TOO LOW-TERRAIN, repeated every 0.75 seconds and the warning threshold increases linearly to a maximum of 1000 feet above the terrain.
- (b) With landing gear down, the minimum warning threshold decreases to 245 feet and a TOO LOW-FLAPS warning comes on if the flaps are not in landing configuration and the airspeed is less than 0.29 mach as shown in Fig. 7 (Mode 4B). The warning may be inhibited by setting the FLAP INHIBIT switch on the ground proximity warning module to INHIBIT position. This will simulate a flaps down condition if the pilot prefers to land with less than normal landing flaps. For speeds above 0.29 mach, the aural warning is "TOO LOW-TERRAIN" repeated every 0.75 seconds. The warning altitude threshold increase linearly as airspeed increases to a maximum of 1000 feet above terrain. A latch is used to select mode 4B so that power interruption or missed approach below 500 feet prevent reactivation of mode 4A until at least 700 feet of terrain clearance is reached.

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

05

Page 17  
Mar 15/95

**BOEING**  
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL

- (5) **Glide Slope Deviation Warning (Mode 5)**
- (a) The glide slope warning is armed when an ILS frequency is selected. The warning envelope consists of two regions as shown in Fig. 8. The BELOW G/S indicators accompanied by a reduced volume of aural warning GLIDE SLOPE come on, if the deviation of the airplane below the glide slope exceeds 1.3 dots between 1000 and 150 feet of radio altitude and the gear is down. The aural warning increases to full volume, hard warning, if the deviations of the airplane below the glide slope exceeds 2 dots when the airplane is between 300 and 150 feet of radio altitude.
  - (b) In order to allow the pilot to purposely descend below the glide slope without triggering a warning, the glide slope warning mode may be inhibited by pressing the BELOW G/S indicator when the radio altitude is below 1000 feet. To again enable Mode 5, the airplane is required to ascend to a terrain clearance of greater than 1000 feet.
- (6) **Decision Height Warning (Mode 6)**
- (a) Mode 6 audio level is reduced. Mode 6 audio level will increase when the windshield wipers are in use and the ambient noise level in the cockpit is higher.
  - (b) The computer will provide one cycle of "MINIMUMS, MINIMUMS" aural warning as the airplane descends through the decision height (DH or MDA) set on the EFIS control panel  $\pm$  5 feet.
- (7) **Windshear (Mode 7)**
- (a) The windshear comparator receives data inputs from the ARINC 429 receiver, in addition to flap position information. Using an algorithm which provides different gain and threshold levels for takeoff and approach modes, and which also provides altitude-dependant gain levels, the windshear comparator computes both vertical and horizontal windshear components.
  - (b) The vertical windshear component is computed from data from the stall warning computer (vane AOA), the digital air data computer (true airspeed), and the IRS (body pitch rate). These data are combined with inertial vertical speed, pitch attitude, and roll attitude in order to determine the total vertical component of windshear.

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

28

Page 18  
Jul 15/91

مرفوق (قصد) (١٢)

**BOEING**  
737-300/400/500  
MAINTENANCE MANUAL

- (c) Horizontal windshear is computed by utilizing DADC true airspeed and flight path acceleration from the IRS.
  - (d) The audio message for a windshear condition consists of one cycle of the siren audio (250 and 950 Hz) followed by the distinct word WINDSHEAR.
  - (e) When the GPWC is in a windshear alert mode, all other GPWS modes are inhibited.
- F. System self-test may be initiated by pressing the SYS TEST switch on the GPWS control module. Two self-tests are available, a confidence test and a full vocabulary test. The confidence test may be initiated either on the ground or in the air (inhibited between lift off and 1000 feet radio altitude) to give the pilots an indication of system operation. The full vocabulary test, which may be initiated only on the ground, is used as an operational test of the system.

EFFECTIVITY

ALL

34-42-01

## Ground Proximity Warning System (GPWS)

**WARNING:** Do not deactivate the GPWS (by pulling the circuit breaker or using the inhibit switch) except for approved procedures where landing flaps are required at a less-than-normal position, or where leaving landing gear up is specified.

The GPWS provides alerts for potentially hazardous flight conditions. To the extent GPWS warnings are installed, they warn of imminent impact with the ground, detected windshear condition, excessive angle of bank, and glide slope deviation.

GPWS may also provide radio altitude and decision height callouts.

**Note:** GPWS does not provide alerts for flight toward vertically sheer terrain, or of shallow descents when the airplane is in landing configuration.

### Alert Conditions

The GPWS provides alerts based on radio altitude and combinations of barometric altitude, airspeed, glide slope deviation, and airplane configuration. The alerts are for:

- excessive barometric descent rate
- excessive terrain closure rate
- altitude loss after takeoff or go-around
- unsafe terrain clearance (when not in the landing configuration)
- excessive deviation below glide slope
- windshear.

The GPWS alerts and the condition which causes each alert are presented on the following GPWS annunciation chart.

### GPWS Annunciations

AURAL ALERT	VISUAL ALERT	DESCRIPTION
Siren followed by WINDSHEAR	WINDSHEAR on EADI's	Excessive downdrafts or tailwind detected when below 1500 feet. Windshear detection begins at rotation.
WHOOOP WHOOOP PULL UP	PULL UP lights	Follows "SINK RATE" if sink rate becomes severe. Also follows "TERRAIN" alert if excessive terrain closure rate continues and landing gear and/or flaps not in landing configuration.

Copyright © The Boeing Company. See title page for details.

## **ANNEXE 8**

# **OBSERVATIONS DU REPRESENTANT ACCREDITE DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE SUR LE PROJET DE RAPPORT FINAL**



**NATIONAL TRANSPORTATION  
SAFETY BOARD**

March 12, 2004

Mr. Nabil CHETTAOUI  
Director General of Civil Aviation  
Ministry of Transport  
13, Rue 8006 Monplaisir  
1002 Tunis, TUNISIA

Dear Mr. CHETTAOUI:

Attached are the NTSB comments on the draft final report on the accident involving Egyptair flight 843, a Boeing 737-500, registration SU-GBI, which crashed near Tunis, Tunisia, on May 7, 2002.

Also attached are comments provided by The Boeing Company and the English translation on which the NTSB and Boeing comments are based. All U.S. comments should be reviewed in context with this translation and not the official French language report.

Please let me know if you have any questions or need clarification of any of the comments.

Best regards,

(Originally signed by)

Joseph M. Sedor

Enclosures

- NTSB Comments
- Boeing Comments
- Partial English translation of draft final report

Section 2.3.5 – Dissociation des deux facteurs precedents.

The Commission may wish to examine the effect that the relatively strong headwind had on the airplane's descent angle during the final approach. Since the Commission concluded that the bad meteorological conditions were a contributing factor in the accident (Section 3.2), a discussion of the effects of the headwind may be appropriate. An analysis of the airplane's descent angle with respect to a lower headwind may allow the Commission to conclude whether or not the magnitude of the headwind was a contributing factor in the accident.

**Boeing Comments for RAPPORT D'ENQUETE, RELATIF A L'ACCIDENT  
SURVENU LE 07 MAI 2002 A TUNIS A L'AVION DE TYPE BOEING 737-500  
IMMATRICULE SU-GBI ET EXPLOITE PAR EGYPTAIR**



The following comments are provided by Boeing based on the attached translation. If Boeing were to review an official report in English, we may have additional comments. As the attached translation may vary from the official report, our comments address only content of the translation, whereas the official report content may have a different meaning. Our comments are not addressing minor typographical errors in the portion of the report that was translated to English.

Sections of the report and our comments are provided below.

1. 1 – BACKGROUND INFORMATION, 1.1 Flight Information, second paragraph beginning with... *After its transfer by the Tunis CCR...* The time of 12:00 hours does not align with the time of 13:50 hours discussed in the previous paragraph.
2. 3 – CONCLUSIONS, 3.1 Established Facts, item 16, *The approach briefing might not have been perfect.* Boeing was unable to find a continuous approach briefing on the CVR transcript. We suggest this finding be revised to – *An approach briefing discussion was not recorded on the CVR*, or a finding less subjective than in the current draft report.
3. 3 – CONCLUSIONS, 3.1 Established Facts, item 19; *The company Egyptair adopts the VOR/DME approach of the manufacturer, Boeing, which prescribes a constant vertical descent speed of 1000 ft/min. The latter was revised by Boeing during the month of June 2002 – one month after the accident – with a stabilized approach.* This approach procedure was released from Boeing to Egyptair in June of 2002. The revision of the approach started well before the accident in order to meet the six month revision cycle (December and June) of the Operations Manual for all 737-500 Operators. The current text of the draft implies to the reader that the procedure was revised as a result of the accident. We suggest the following revision to the text, *The company Egyptair adopts the VOR/DME approach of the manufacturer, Boeing, which prescribes a constant vertical descent speed of approximately 1000 ft/min. This VOR/DME approach was replaced by an approach called "Instrument Approach using Vertical Speed (V/S)" (also known as constant angle non precision approach), dated 07 June 2002.*
4. 3 – CONCLUSIONS, 3.1 Established Facts, item 26, *The airplane was not provided with a vertical navigation mode VNAV.* The airplane was equipped with VNAV. VNAV on this airplane was able to be used for enroute climb and descent, however, the Operator did not update their FMC's to allow VNAV approaches.



5. 5 – SAFETY RECOMMENDATIONS, 4.7- Representation of the terrain and obstacles on an approach map, *The publication of information related to terrain and obstacles had until then been considered by OACI only in the plan section of the approach map. OACI has recently planned an amendment to Annex 4 of the Chicago Convention, which makes provision for the representation of the terrain and obstacles in the profile section of this map. The Investigating Commission concluded that this amendment would be very useful for the prevention of accidents. Consequently, the investigating committee recommends:*
- *that OACI elevate this amendment to a rule and accelerate its effective date.*



ICAO Annex 4 paragraph 11.10.6.5 presently has a recommendation to depict a ground profile in the chart profile. There is no mention of obstacles. Amendment 53 to Annex 4 was adopted by ICAO on 23 February 2004. The amendment modifies this recommendation to include the option of portraying minimum altitudes/heights within bounded shaded blocks instead of a ground profile. Amendment 53 to Annex 4 will likely be made effective later this year.