

**UNION DES COMORES**

*MINISTERE DES POSTES ET TELECOMMUNICATIONS,  
DE LA PROMOTION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES,  
DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION  
CHARGE DES TRANSPORTS ET DU TOURISME*

**COMMISSION D'ENQUETE**

**Rapport Final sur l'Accident  
Survenu le 29 Juin 2009  
En mer au large de Moroni (Comores)  
De l'Airbus A310-324  
Immatriculé 7O-ADJ  
Exploité par la compagnie Yemenia  
Airways**

# Table des matières

TABLE DES MATIERES .....	2
AVERTISSEMENT .....	4
GLOSSAIRE .....	5
SYNOPSIS .....	8
RESUME .....	8
CONSEQUENCES .....	8
ORGANISATION DE L'ENQUÊTE .....	9
<b>1- RENSEIGNEMENT DE BASE .....</b>	<b>9</b>
1.1 Déroulement du vol .....	9
1.2 Tués et blessés .....	11
1.3 Dommage à l'aéronef .....	11
1.4 Autres dommages .....	11
1.5 Renseignements sur le personnel .....	11
1.5.1 Commandant de bord .....	11
1.5.2 Copilote .....	12
1.5.3 contrôleur aérien .....	12
<b>1.6 renseignement sur l'aéronef .....</b>	<b>13</b>
1.6.1 cellule .....	13
1.6.2 Moteurs .....	13
1.6.3 APU .....	13
1.6.4 Maintenance .....	14
1.6.5 Masse et centrage .....	15
1.6.6 Activités de l'avion dans les dernières 48 h .....	15
1.6.7 Etat de l'avion avant le vol .....	16
1.6.8 Caractéristiques avion .....	16
1.6.8.1 Alarmes sonores simultanées .....	16
1.6.8.2 Automatismes .....	16
1.6.8.3 Protection en incidence (« Alpha Floor ») (FCOM 1.03.13) .....	23
1.6.8.4 Réglage du Plan horizontal réglable (FCOM 1.09.12) .....	23
1.6.8.5 Distances d'atterrissage .....	24
<b>1.7 conditions météorologiques .....</b>	<b>24</b>
1.7.1 Renseignements météorologiques à la disposition de l'équipage .....	24
1.7.2 Observations météorologiques à Moroni .....	25
1.7.3 Prévision météorologiques à Moroni .....	25
<b>1.8 Aides à la navigation .....</b>	<b>26</b>
<b>1.9 Télécommunications .....</b>	<b>28</b>
<b>1.10 Renseignements sur l'aérodrome .....</b>	<b>28</b>
<b>1.11 Enregistreurs de bord .....</b>	<b>29</b>
1.11.1 Enregistreur phonique .....	29
1.11.2 Enregistreur de paramètres .....	31
1.11.3 Evénement du FDR et CVR .....	31
<b>1.12 Renseignement sur l'épave et sur l'impact .....</b>	<b>41</b>
1.12.1 Description du site .....	41
1.12.2 Survivante, débris et corps repérés à proximité de la zone d'impact .....	42
1.12.3 Elément de l'avion et corps retrouvés en Tanzanie et aux Comores .....	43
1.12.4 Répartition de l'épave .....	49
<b>1.13 Renseignements médicaux et pathologiques .....</b>	<b>50</b>
<b>1.14 Incendie .....</b>	<b>51</b>
<b>1.15 Questions relatives à la survie des occupants .....</b>	<b>51</b>
1.15.1 Aspects relatifs à la survie des occupants .....	51
1.15.1.1 Chronologie SAR .....	51
1.15.1.2 Siège occupé par la survivante .....	52
<b>1.16 essais et recherches .....</b>	<b>52</b>
1.16.1 La survivante .....	52
1.16.2 Localisation des balises de détection sous marine des enregistreurs de vol .....	53
1.16.3 Récupération des enregistreurs de vol, corps et élément d'épave .....	53

<b>1.17 renseignements sur les organismes et la gestion</b> .....	<b>55</b>
1.17.1 Procédure de la compagnie Yemenia .....	55
1.17.1.1 Conduite du vol en approche .....	55
1.17.1.1.1 Conduite du vol lors d'une approche ILS .....	56
1.17.1.1.2 Conduite du vol lors d'une manœuvre à vue .....	57
1.17.1.1.3 Conduite du vol lors d'une remise de gaz .....	57
1.17.1.2 Procédures d'urgence .....	59
1.17.1.2.1 Enhanced Ground proximity Warning System (EGPWS) .....	59
1.17.1.2.2 Procédures en cas d'alarme de décrochage (vibreur de manche) .....	60
1.17.1.2.3 Procédures en cas d'attitude inusuelle de l'avion .....	61
1.17.1.3 Classification des aéroports .....	61
1.17.1.4 Consignes pour l'aérodrome de Moroni .....	62
1.17.2 Le service de contrôle .....	62
<b>1.18 Renseignements supplémentaires</b> .....	<b>63</b>
1.18.1 Témoignages .....	63
1.18.1.1 Le contrôleur aérien .....	63
1.18.1.2 La survivante .....	63
<b>2- ANALYSE</b> .....	<b>64</b>
<b>2.1 Scénario de l'accident</b> .....	<b>64</b>
2.1.1 Préparation de l'approche .....	64
2.1.2 Réalisation de l'approche .....	65
2.1.3 Interruption de l'approche : de la rentrée du train d'atterrissage au décrochage....	69
<b>3- CONCLUSION</b> .....	<b>71</b>
<b>3.1 Faits établis par l'enquête</b> .....	<b>71</b>
<b>3.2 Causes</b> .....	<b>72</b>
<b>4- RECOMMANDATIONS DE SECURITE</b> .....	<b>73</b>
<b>4.1 Recherche et sauvetage</b> .....	<b>73</b>
<b>4.2 Formation des équipages</b> .....	<b>73</b>
<b>5- LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>74</b>

## **A V E R T I S S E M E N T**

*Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, l'enquête n'est pas conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.*

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

Il est à noter que les heures indiquées dans ce rapport sont en temps universel (TU) pour les Comores : TU+3

## GLOSSAIRE

AFS	Systèmes de pilotage automatique Automatic Flight System
AIP	Publication d'information aéronautique Aeronautical Information Publication
AP	Pilote automatique Auto-Pilot
AOA	Angle d'Incidence Angle Of Attack
APU	Groupe de générateur électrique intégré Auxillary Power Unit
ASECNA	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar Agency for the safety of air navigation in Africa and Madagascar
A/THR	Auto poussée Automatic Thrust
ATIS	Service automatique d'information de région terminale Automatic Terminal Information Service
ATPL (A)	Pilote de ligne (avion) Airline Transport Pilot (aeroplane)
ATS	Automanette Auto-Throttle System
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyse pour la sécurité de l'aviation civile Investigation and analysis bureau
CAMA	Autorité de l'Aviation civile et de la Météorologie (Yemen) Civil Aviation and Meteorology Authority (Yemen)
CEPHISMER	Cellule de plongée humaine d'intervention sous mer
CPL (A)	Licence de pilote professionnel (avion) Commercial pilot licence
CRC	Alarmes constituées par la répétition des signaux sonores Continuous Repetitive Chime
CTR	Zone de contrôle Control area
CVR	Enregistreur phonique Cockpit Voice Recorder
Dp	Point de rosée Dew point
DME	Dispositif de mesure de distance Distance Measuring Equipment
EASA	Agence européenne de la sécurité aérienne European Aviation Safety Agency
ECAM	Moniteur électronique centralisé de bord Electronic Centralised Aircraft Monitoring computer
EGPWS /GPWS	Avertisseur de proximité du sol Enhanced Ground Proximity Warning System
FAC	Annonciateur de modes Flight Augmentation Computer
FEW	Nuages rares (1 à 2 octas), suivi de la hauteur de la base des nuages
FCOM	Manuel de vol

	Flight Crew Operating Manual
FCU	Flight Control Unit
FDR	Enregistreur de paramètres de vol Flight Data Recorder
FL	Niveau de vol Flight Level
FMA	Annonceur des modes Flight Mode Annunciator
FMS	Système de gestion du vol Flight Management System
FPV	Indicateur de vecteur vitesse Flight Path Vector
F speed	Vitesse minimale à laquelle les volets peuvent être rentrés vers 0° Minimum speed at which the flaps may be retracted to 0 °
ANACM	Agence nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (Comores) National Agency of Civil Aviation and Meteorology Comoros
ILFC	International Leasing and Financing Corporation
ft	Pied(s) feet
hPa	Hectopascal
ILS	Système d'atterrissage aux instruments Instrument Landing System
<b>IMC</b>	Conditions météorologiques de vol aux instruments Instrument Meteorological Conditions
kHz	Kilohertz
kt	Knot Nœud
MAC	Corde aérodynamique moyenne Mean Aerodynamic Chord
MDA	Altitude minimale de descente Minimum Descent Altitude
MEL	Liste minimale d'équipement Minimum Equipment List
METAR	Message régulier d'observation météorologique pour l'aéronautique Meteorological terminal Aviation Report
MHz	Mégahertz
MVI	Manœuvre à Vue Imposée Visual Manoeuvring with Prescribed track
NM	Mille marin Nautical Mile
NOTAM	Message d'information aéronautique Notice to Airmen
PAPI	Indicateur de trajectoire d'approche de précision Precision Approach Path Indicator
PFD	Affichage Primaire de vol Primary Flight Display
PHR	Plan Horizontal Réglable Trimmable Horizontal Stabilizer (THS)
QNH	Calage altimétrique requis pour lire au sol l'altitude de l'aérodrome Altimeter setting to obtain aerodrome elevation when on the ground
ROV	Robot sous-marin télécommandé Remote Operated Vehicle
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine française

S speed	Vitesse minimale à laquelle les bords peuvent être rentrés vers 0° Minimum speed at which the slats may be retracted to 0°
t	tonne(s) ton
TAF	prévision météorologique d'aérodrome Terminal Aerodrome Forecast
TEMSI	Carte de prévision du temps significatif Significant Weather chart
TLA	Thrust Lever Angle
TMA	Zone de contrôle terminale Terminal Area
TOGA	Takeoff Go Around
TRP	Thrust Rating Panel
USBL	Ultra Short Base Line
VLS	Vitesse minimale prise en compte par l'AFS Lowest selectable speed
VOR	Radiophare omnidirectionnel VHF Omnidirectional Range
V/S	Vitesse verticale Vertical Speed
YCAR	Yemen Civil Aviation Regulations

## SYNOPSIS

<b>Date de l'accident</b> Lundi 29 juin à 22 h 54 <sup>1</sup>	<b>Aéronef</b> Airbus A310-324 immatriculé 7O-ADJ
<b>Lieu de l'accident</b> En mer au large de Moroni (Comores)	<b>Propriétaire</b> ILFC
<b>Nature du vol</b> Vol régulier international de passagers	<b>Exploitant</b> Yemenia, Yemen Airways Corp.
	<b>Personnes à bord</b> 142 passagers et 11 membres d'équipage

## RESUME

Pendant la nuit du 29 juin 2009, le vol IY626 immatriculé 7O ADJ de la compagnie Yemenia avec 153 personnes à bord dont 11 membres d'équipage s'abîme en mer au cours de son approche sur l'Aéroport International Moroni Prince Said Ibrahim (AIMPSI), à environ neuf milles marins du seuil de la piste 20.

Deux minutes après le dernier contact, le contrôleur a appelé quatre fois l'avion sans obtenir de réponse. Il a immédiatement déclenché la phase d'alerte.

Les autorités aussitôt informées, ont mis en place deux cellules de crise à l'aéroport : une cellule politique et une cellule technique, lesquelles ont initié les premières opérations de recherche et de sauvetage.

## CONSEQUENCES

	Blessures			Matériel détruit
	Mortelles	Graves	Légères / Aucune	
Membres d'équipage	11	0	0	
Passagers	141	1	0	
Autres personnes	0	0	0	

<sup>1</sup> Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter trois heures pour obtenir l'heure en vigueur aux Comores le jour de l'accident.



## ORGANISATION DE L'ENQUETE

En application des dispositions de l'annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale, une commission d'enquête est constituée le 2 juillet 2009 par arrêté N° 09-007/VP-MTTI de la Vice Présidence en charge du ministère des Transports, du Tourisme et des Investissements afin de conduire l'enquête technique. Cette commission est composée de l'Etat d'occurrence, le BEA, la CAMA et le NTSB, ainsi que des conseillers techniques d'Airbus, de Yemenia qui participent à l'enquête au titre de l'Etat de conception et de construction de l'avion, de l'Etat d'exploitation et de l'Etat de construction des moteurs.

La commission d'enquête a constitué trois groupes de travail afin de déterminer et recueillir les renseignements nécessaires à l'enquête dans les domaines suivants :

- Opérations aériennes,
- Maintenance,
- Recherches en mer, enregistreurs, facteurs humains.

A la date du 02 juillet 2009 l'enquête a été ouverte.

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroulement du vol

*Note : les temps utilisés dans ce rapport correspondent au temps du FDR et du CVR. Les temps des communications du contrôle aérien de Moroni sont en avance de 26 secondes par rapport à celui du FDR et du CVR.*

Le lundi 29 juin 2009, l'Airbus A310-324 immatriculé 7O-ADJ exploité par Yemenia effectue le vol régulier IY626 entre l'aérodrome de Sanaa (République du Yémen) et Aéroport International Moroni Prince Saïd Ibrahim (Union des Comores). L'aérodrome de décollage choisi est Dar es Salam (Tanzanie).

L'équipage est composé d'un commandant de bord, probablement pilote en fonction d'un copilote et de neuf navigants.

A 18 h 54, l'avion décolle avec vingt-quatre minutes de retard sur l'horaire prévu en raison d'une pression d'air générée par l'APU insuffisante, nécessitant le recours à un groupe de parc pour démarrer les moteurs.

A 22 h, l'équipage contacte l'approche de Moroni et s'annonce au FL350 avec une heure estimée de survol du point de report KINAN à 22 h 29 et un atterrissage à 22 h 52. Le contrôleur accuse réception et fournit les dernières informations météorologiques observées sur l'aérodrome : vent 190 ° / 15 kt, visibilité 10 km, nuages rares à 2 000 ft, température 24 °C, température du point de rosée 17 °C, QNH 1018 hPa.

A 22 h 25, l'équipage est autorisé à descendre au FL100 pour une arrivée KINAN 1V suivie d'une approche VOR DME ILS piste 02.

A 22 h 35, à 25 NM du VOR-DME HAI, l'équipage est autorisé à descendre à 8 000 ft QNH.

A 22 h 39, l'équipage est autorisé à poursuivre vers 3 000 ft, et reçoit l'instruction de rappeler établi sur le localiser pour une MVI piste 20. Il demande de confirmer si les feux à éclats sont allumés en piste 20. Le contrôleur répond par la négative. L'équipage indique qu'il parle des «flashing lights runway 20 beacon ». Le contrôleur répond qu'ils ne fonctionnent pas.

L'équipage demande alors d'augmenter au maximum l'intensité du balisage de piste.

L'avion est établi sur l'axe d'approche (localizer) et intercepte le plan de descente (glide slope) à 3 000 ft à 22h 47min 38 s.

Pendant la descente sur l'ILS, plusieurs messages concernant l'intensité et la direction du vent aux seuils des pistes 02 et 20 sont échangés entre l'équipage et le contrôleur. Le dernier vent donné par le contrôleur pour la piste 20 est du 200° entre 12 et 25 kt.

A 22 h 49 min 45 s, à 1 390 ft, l'avion quitte le localizer sous pilote automatique vers le début de la branche vent arrière de la MVI, après le point publié. Le train est en position « sorti », les becs/volets sont à 15°/15°.

A 22 h 50 min 42 s, le pilote automatique est déconnecté.

A 22 h 50 min 49 s, l'équipage annonce qu'il est établi en vent arrière. Le contrôleur lui demande de rappeler en finale. L'avion est alors au cap 320° en virage à droite et à une hauteur radiosonde de 700 ft.

A 22 h 50 min 54 s, les alarmes GPWS SINK RATE puis PULL UP sont générées. La hauteur radiosonde est de 548 ft, le taux de descente est d'environ 2 000 ft/min. L'avion est en virage à droite, à 27° d'inclinaison.

Entre 22 h 51 min 09 s et 22 h 51 min 29 s, le GPWS génère successivement les messages FOUR HUNDRED, THREE HUNDRED, puis TOO LOW TERRAIN.

A 22 h 51 min 31 s, la hauteur radiosonde atteint une valeur minimale de 161 ft, puis augmente à nouveau.

A 22 h 51 min 42 s, l'équipage rentre le train d'atterrissage. L'avion est au cap 017°.

A 22 h 51 min 47 s, l'équipage indique au contrôleur qu'il rappellera en longue finale.

A 22 h 51 min 57 s, l'alarme sonore L/G NOT DOWN se déclenche pendant 6 secondes.

A 22 h 52 min 10 s, le pilote automatique est à nouveau connecté. Simultanément, la commande des becs/volets est positionnée sur 15°/0°.

A 22 h 52 min 28 s, la commande des becs/volets est positionnée sur 0°/0°.

A 22 h 52 min 50 s, l'alarme sonore L/G NOT DOWN se déclenche pendant 1,3 seconde.

A 22 h 52 min 51 s, le pilote automatique est à nouveau déconnecté. L'assiette et l'incidence augmentent.

A 22 h 52 min 56 s, la protection « Alpha floor » se déclenche. La poussée des moteurs augmente vers TOGA, puis conserve cette valeur jusqu'à la fin de l'enregistrement.

A 22 h 52 min 57 s, un bruit similaire à du « buffet » est enregistré dans le CVR.

A partir de 22 h 52 min 59 s, et pendant 40 secondes environ :

- l'incidence varie de 14,6° à 23,7°,
- l'inclinaison varie entre 37,6° à droite et 39,7° à gauche,

- l'altitude augmente jusqu'à un palier d'environ 1 000 ft.

A 22 h 53 min 40 s, l'alarme sonore de décrochage se déclenche. L'altitude diminue rapidement.

L'avion heurte la surface de la mer vers 22 h 53 min 55 s.

A partir de 22 h 54 min 21 s, le contrôleur appelle à plusieurs reprises l'équipage du vol IY626, sans réponse puis déclenche l'alerte.

## 1.2 Tués et blessés

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/aucune
Equipage	11	0	0
Passagers	141 <sup>2</sup>	1	0
Autres	0	0	0

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est détruit

## 1.4 Autres dommages

La présence de l'épave dans l'eau contribue à une détérioration de la flore et de la faune au niveau de l'environnement.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

### 1.5.1 Commandant de bord

**Né le 14/ 10/ 1964 à Aden**

- ATPL(A) délivrée le 16 août 2005, valide jusqu'au 30 septembre 2009
- Date d'entrée dans la compagnie : 12 avril 1989
- Qualification de type A310 (en tant que commandant de bord) délivrée en août 2005,
- Qualification de type B 727-200, non valide
- Dernier contrôle en ligne : 23 janvier 2009
- Dernier contrôle hors ligne : 12 mars 2009
- Dernier entraînement au simulateur : 12 mars 2009
- Dernier entraînement et contrôle périodique : 12 mars 2009
- Dernière visite médicale (classe 1 FAA et classe 1 YCAMA) : 24 mars 2009 avec la restriction « port obligatoire de verres correcteurs pour vision de près ».

Expérience aéronautique :

- 7 936 heures de vol dont 5 314 sur type.
- 104 h dans les trois derniers mois, toutes sur type
- 48 h 23 min dans les trente derniers jours, toutes sur type

---

<sup>2</sup> Dont trois bébés.

- 3 h 55 min dans les dernières 24 heures, toutes sur type
- Expérience à Moroni : 25 vols depuis janvier 2008

Le 26 Juin 2009, il a effectué les vols Sanaa – Djeddah – Aden – Sanaa, avec un départ de Sanaa à 04 h 10.

Le 27 et 28 juin le commandant de bord a eu deux jours de repos.

### 1.5.2 Copilote

Né le 05/ 04/ 1959 à Lahj

CPL (A) délivrée le 12 janvier 2004, valide jusqu'au 30 novembre 2009

- Date d'entrée dans la compagnie : 22 janvier 1980
- Qualification de type A310 délivrée en janvier 2004, valide
- Qualification de type DHC-7, non valide
- Dernier contrôle en ligne : 6 juin 2009
- Dernier contrôle hors ligne : 22 mai 2009
- Dernier entraînement au simulateur : 22 mai 2009
- Dernier entraînement et contrôle périodique : 22 mai 2009
- Dernière visite médicale (classe 1 FAA et classe 1 YCAMA) : 26 mai 2009 avec la restriction « port obligatoire de verres correcteurs ».

Expérience aéronautique :

- 3 641 heures de vol dont 3 076 sur type.
- 78 h 32 min de vol dans les trois derniers mois, toutes sur type
- 42 h 36 min de vol dans les trente derniers jours, toutes sur type
- 3 h 55 min dans les dernières 24 heures, toutes sur type
- Expérience à Moroni : 13 vols depuis janvier 2008

Le 27 juin il a eu une journée de repos.

Le 28 juin le copilote a effectué les vols Sanaa – Beyrouth – Amman – Sanaa avec un départ à 07 h 29.

### 1.5.3 Contrôleur aérien

Né le 22 octobre 1977 aux Comores

Diplôme de contrôleur de la navigation aérienne réf : N° 99 /101/EAMAC du 10 juin 2002

- Attestation de stage **TESTEUR SUR SITE N°6** réf 07/435 /ASECNA/EAMAC/DE/B du 28/11/2007 EAMAC
- Attestation de stage **ATM NOUVEAUX SYSTEMES N° 18** du 22/02/2008 EAMAC
- Attestation d'instructeur CA N°17ref N°08/793/5 du 03/07/2008
- Dernière visite médicale : 23 décembre 2008, valide jusqu'au 31 décembre 2009
- Certificat de langue anglaise niveau 5 de l'échelle OACI, délivré le 12 mars 2009

Le 29 juin, le contrôleur est arrivé à la tour de contrôle à 18h00 pour l'arrivée du vol IY626.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

ILFC est propriétaire de l'avion depuis le 30 mai 1990, date de sa mise en service.

L'avion a été successivement exploité par les compagnies suivantes :

- Air liberté (France) du 30 mai 1990 jusqu'au 1er octobre 1996
- Aero Cancun (Mexico) du 8 février 1997 au 10 août 1997
- Passaredo Transportes (Brésil) du 15 juin 1998 au 10 août 1999

Yemenia louait cet avion coque nue depuis le 30 octobre 1999.

### 1.6.1 Cellule

Constructeur	Airbus
Type	A310 – 324
Numéro de série	535
Immatriculation	7O – ADJ
Mise en service	30 mai 1990
Certificat de navigabilité	Délivré le 29 octobre 2008 par la CAMA valide jusqu'au 30 octobre 2009
Utilisation au 29 juin 2009	53 587 heures de vol et 18 129 cycles

### 1.6.2 Moteurs

Constructeur : Pratt & Whitney (Etats Unis)

Type : PW4152

	Moteur n° 1	Moteur n° 2
Numéro de série	P717767	P717766
Date d'installation	8 avril 2009	7 novembre 2007
Temps total de fonctionnement	46 751	46 796
Temps de fonctionnement depuis installation	463 heures de vol	3656 heures de vol
Cycles total	15 505	15 432

### 1.6.3 APU

	APU
Constructeur	Honeywell
Type	GTCP 331-250H
Numéro de série	P-1215
Numéro de type	381388-1
Temps total de fonctionnement	24 494 heures
Cycles total de fonctionnement	22 032
Temps de fonctionnement depuis la dernière révision	4 886 (arrondi à une heure par cycle)
Cycles de fonctionnement depuis la dernière révision	4 886

## **1.6.4 Maintenance**

### *1.6.4.1 Cellule*

Yemenia est doté d'un organisme de maintenance approuvé YCAR 145, dont le certificat est valide jusqu'en avril 2010.

Des visites journalières et hebdomadaires sont effectuées. D'après le programme de maintenance de la compagnie aérienne, les visites journalières doivent être effectuées après trente-six heures de vol ou lorsque l'avion est resté au sol plus de quatre heures et les visites hebdomadaires doivent l'être tous les huit jours.

La dernière visite journalière a été effectuée le 28 juin 2009, déclenchée par une absence d'activité de l'avion supérieure à quatre heures. La dernière visite hebdomadaire a été effectuée le 29 juin 2009, soit six jours après la précédente.

Les visites de type A sur Airbus A310 étaient effectuées toutes les 400 heures de vol avant le mois de mai 2009. A partir de cette date, le programme de maintenance prévoit que ces visites soient effectuées toutes les 500 heures de vol comme le recommande le constructeur, ce qui représente pour les Airbus A310 de Yemenia une visite environ tous les deux mois.

Les trois dernières visites de ce type avaient été effectuées le 3 octobre 2008, le 11 novembre 2008 et le 2 mai 2009. L'avion avait réalisé 463 heures de vol depuis la dernière visite de ce type.

Les visites de type C sont effectuées tous les 15 mois.

La dernière visite de type C a été effectuée le 2 mai 2009.

### *1.6.4.2 Moteurs*

Les opérations de maintenance sur les moteurs sont effectuées par l'organisme de maintenance Eagle Services Asia (Singapour) qui est agréé EASA 145 (N°EASA.145.0050).

La dernière visite du moteur n° 1 (révision complète) a été effectuée le 28 mars 2009.

La dernière visite du moteur n° 2 (révision complète) a été effectuée le 31 octobre 2007.

### *1.6.4.3 APU*

La dernière révision de l'APU a été effectuée le 25 octobre 2005. La prochaine révision aurait dû être effectuée après 7131 cycles de fonctionnement selon le programme de maintenance de l'avion au jour de l'accident.

### 1.6.5 Masse et centrage

La masse enregistrée dans le FDR, entrée par l'équipage dans le FMS à la mise en route de l'avion est d'environ 139 525 kg. Compte-tenu de la consommation de carburant enregistrée pendant le roulage, la masse enregistrée au décollage est d'environ 139 300 kg pour une masse maximale autorisée de structure au décollage de 157 t. Selon le devis de masse établi pendant la préparation du vol, cette masse au décollage se répartissait comme suit :

- ✓ Une masse à vide en ordre d'exploitation de 81 905 kg
- ✓ Une masse de passagers de 9 825 kg
- ✓ Une masse en soute (fret et bagages) de 10 760 kg
- ✓ Une masse de carburant de 36 700 kg

La masse prévue au décollage dans le devis s'élève ainsi à 139 190 kg

Le centrage enregistré correspondant à la masse au décollage de l'avion est de 23,4 % de la MAC (23,3 % prévu dans le devis de masse), pour une limite avant de 18 % et une limite arrière de 37,3 % au décollage.

A partir des données du FDR, il est possible de calculer un délestage d'environ 20 100 kg après un temps de vol de 4 h (le devis de carburant prévoyait un délestage de 20 070 kg). Au moment de l'accident, la masse de l'avion était enregistrée autour de 119 200 kg avec un centrage de 28,5 %, pour une limite avant de 18 % et une limite arrière de 36,5 %.

### 1.6.6 Activité de l'avion dans les dernières 48 h

Le 29 juin 2009 :

Heure départ	Heure d'arrivée	provenance	destination
07 h 10	08 h 05	Sanaa	Aden
08 h 43	11 h 20	Aden	Abu Dhabi
12 h 29	15 h 00	Abu Dhabi	Aden
16 h 09	16 h 54	Aden	Sanaa

Le 28 juin 2009 :

Heure départ	Heure d'arrivée	provenance	destination
05 h 00	08 h 20	Sanaa	Beyrouth
09 h 15	10 h 17	Beyrouth	Amman
11 h 22	14 h 29	Amman	Sanaa

### 1.6.7 Etat de l'avion avant le vol

A l'aérodrome de Sanaa, l'organisme de maintenance a effectué la visite prévol et n'a pas fait mention d'anomalies.

L'indicateur de température du carburant sur l'ECAM gauche ne fonctionnait pas depuis le 21 juin 2009. Toutefois le vol restait approuvé pendant dix jours conformément au MEL.

Au départ de l'avion, la pression d'air générée par l'APU était faible et ne permettait pas de fournir la puissance suffisante pour assurer le démarrage des moteurs de l'avion. Le pilote a alors demandé l'aide d'un groupe de parc.

### 1.6.8 Caractéristiques avion

#### 1.6.8.1 Alarmes sonores simultanées

En cas d'alarmes simultanées, les signaux sonores ne se superposent pas. L'alarme prioritaire est émise jusqu'à ce qu'elle soit acquittée par l'équipage ou que les conditions de son déclenchement ne soient plus réunies. L'alarme de priorité immédiatement inférieure, si les conditions de son déclenchement sont réunies, est alors émise. Compte tenu du numéro de type du FWC (Flight Warning Computer) (35-OB5-3005-313) installé à bord de l'avion, la liste de priorité, par **ordre décroissant**, des alarmes sonores est la suivante :

<b>Evénements</b>	<b>Types d'alarme sonore</b>
Déconnexion du pilote automatique	Cavalry charge
Alarme de décrochage	Cricket
Train non sorti en approche	CRC
Alarme altitude	« C chord »

Le FCOM 1.10.80 page 2 mentionne que toutes les alarmes de proximité du sol GPWS sont inhibées si l'alarme de décrochage est active.

Les alarmes GPWS sont classées ci-après par ordre de priorité décroissant (FCOM 1.10.81 page 3) : PULL UP, TOO LOW TERRAIN, SINK RATE.

Les conditions de déclenchement de chacune des alarmes sont décrites en annexe 1.

#### 1.6.8.2 Automatismes

L'avion était équipé de deux pilotes automatiques, deux directeurs de vol et d'une automanette.



L'équipage agit sur ces équipements au moyen de plusieurs interfaces :

- le **FCU** (Flight Control Unit) qui permet de connecter/déconnecter l'un ou les deux pilotes automatiques<sup>3</sup>, d'engager/désengager l'A/THR, et de sélectionner les modes retenus pour le pilote automatique et/ou le directeur de vol ainsi que les consignes de vitesse, d'altitude, de cap et de vitesse verticale au moyen de boutons rotatifs. En particulier, la valeur de l'altitude est incrémentée ou décrémentée de 1 000 ft par cran du bouton sélecteur selon le sens de rotation du bouton sélecteur. En appuyant sur le bouton sélecteur, la valeur incrémentée ou décrémentée passe de 1 000 ft à 100 ft par cran. En appuyant une deuxième fois, la valeur de 1 000 ft par cran est rétablie.

Les ordres et consignes entrés par l'équipage au moyen du FCU sont transmis aux différents calculateurs (en particulier le FCC (Flight Control Computer) et le TCC (Thrust Control Computer). En retour, les valeurs et modes pris en compte sont indiqués aux pilotes par :

- un affichage des valeurs sélectionnées sur les écrans à cristaux liquides du FCU,
- un allumage des voyants verts des boutons de sélection des modes du pilote automatique et de l'A/THR,
- une génération de symboles et de valeurs sur le PFD.

Le boîtier du FCU comprend deux modules qui communiquent avec l'interface illustrée ci-dessous : le FCU 1 qui fonctionne de façon prioritaire et le FCU 2 qui prend le relai lorsqu'une défaillance est détectée sur le FCU 1. Les deux FCU ont une alimentation électrique indépendante.



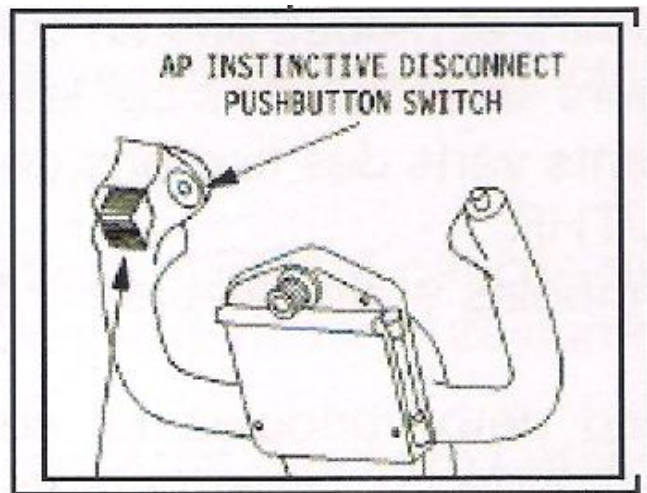
- les interrupteurs **FD/FPV (Flight Director/ Flight Path Vector)** permettant d'afficher indépendamment le directeur de vol ou le FPV sur l'écran PFD correspondant. Une

<sup>3</sup> Le pilote automatique peut être engagé en mode Control Wheel Steering (CWS) ou en mode Command (CMD). Dans le premier cas, il maintient l'assiette et l'inclinaison. L'étude des paramètres enregistrés montre que ce mode n'a pas été utilisé pendant l'approche. Il n'est donc pas explicité davantage dans ce rapport. Dans le second cas, le pilote automatique suit des consignes de guidages plus élaborées en fonction des modes sélectionnés par l'équipage sur le FCU (par exemple : un cap, une route, une altitude, un taux de montée ou de descente,...).

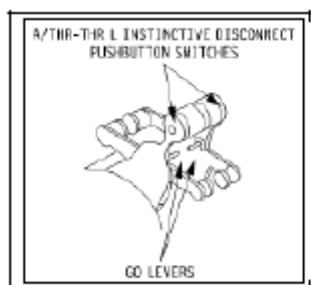
position instable vers le haut permet d'alternier entre les informations du FD et du FPV. La position OFF permet d'enlever tout affichage relatif au FD ou au FPV sur le PFD.



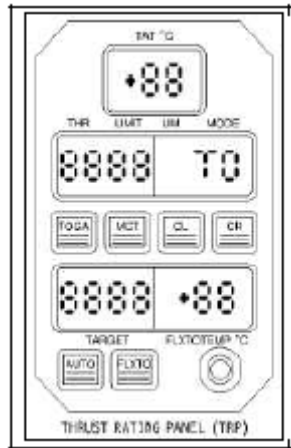
- les **boutons « AP instinctive disconnect »** situés sur les volants, permettant de déconnecter le ou les pilotes automatiques.



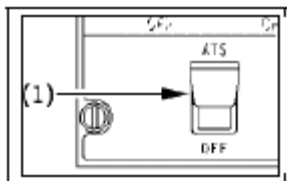
- les **boutons « A/THR – THR L instinctive disconnect »** permettant de désengager l'A/THR ou le mode THR L (thrust latch, voir description ci-après), et les leviers « Go levers » permettant d'engager les modes nécessaires au décollage ou à la remise de gaz.



- le **TRP (Thrust Rating Panel)** qui indique la valeur maximale de poussée des moteurs ; cette valeur est soit automatiquement sélectionnée en fonction de la phase de vol, soit directement sélectionnée par appui sur la touche correspondante.

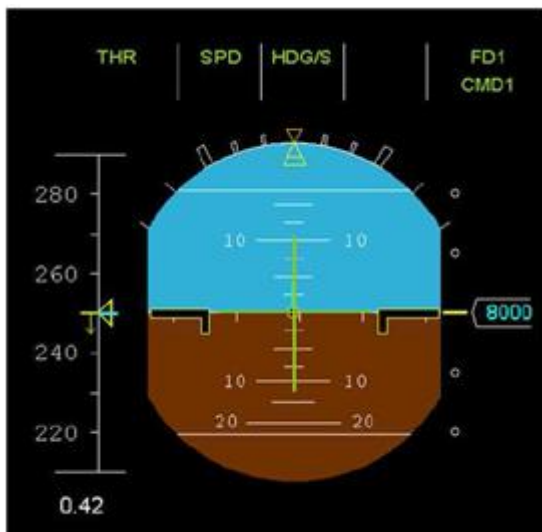


- la palette d'armement de l'automanette (ATS, Autothrottle System) qui permet d'armer la protection « Alpha-floor » et autorise l'engagement de l'A/THR.



En plus des paramètres de vol, chaque écran PFD (Primary Flight Display) présente au pilote des informations sur l'engagement des automatismes, sur les modes engagés et armés et sur les consignes prises en compte.

Le FMA (Flight Mode Annunciator), dans la partie supérieure de l'écran, présente les modes et l'état d'engagement des automatismes. Ici, l'A/THR est



engagée en mode THR, le directeur de vol n° 1 est engagé et affiché (mention FD1) ainsi que le pilote automatique n° 1 (mention CMD 1) avec les modes SPD et HDG/S (heading select). Dans l'exemple ci-contre, il n'y a pas de mode armé (absence de mention bleue sur la deuxième ligne).

Les barres verticales et horizontales, vertes, sont centrées, indiquant que les ordres transmis aux gouvernes (en l'occurrence par le pilote automatique) satisfont aux consignes calculées par le directeur de vol.

La consigne d'altitude, fixée à 8 000 ft, est visible à droite, en bleu.

La consigne de vitesse, fixée à 250 kt, est visible sur l'échelle de vitesse (trait bleu horizontal).

*Note : de la même manière, la consigne de cap est présentée sur le ND (Navigation Display).*

Le pilote automatique peut-être déconnecté manuellement ou automatiquement :

- manuellement (FCOM 1.03.31 page 2) :

- par appui sur le bouton « AP instinctive disconnect » situé sur l'un ou l'autre volant (méthode recommandée), ou
- en plaçant le levier d'engagement sur la position OFF sur le FCU,

- automatiquement (FCOM 1.03.33 p2) :

- si une force supérieure à 15 kg est appliquée sur la commande de profondeur, en dehors des cas où les modes LAND ou GO AROUND sont engagés alors que l'avion est en dessous de 400 ft, (dans ces cas les forces à appliquer sont de 20 kg à piquer et 46 kg à cabrer), ou
- si le mouvement de la roue du compensateur est arrêté manuellement, ou
- si la vitesse diminue en dessous de VLS -10 kt, sauf si les modes LAND ou SRS sont actifs.

En vol, l'A/THR peut être désengagée (FCOM 1.03.22) :

- manuellement :

- en appuyant sur le bouton A/THR sur le FCU, ou
- en appuyant sur l'un des boutons « A/THR – THR L instinctive disconnect »,

- automatiquement :

- lorsque le mode THR L s'engage lors de l'activation de la protection « Alpha Floor » ou de la sollicitation des « Go levers », becs rentrés (voir paragraphe sur le mode THR L ci-après).

Lorsque l'A/THR est désengagée et que le mode THR L n'est pas engagé, la mention ambre MAN THR est affichée au FMA. La poussée est alors contrôlée manuellement.

On considère ici brièvement quelques modes de l'automanette mentionnés dans la suite du rapport :

Le mode RETARD amène les manettes de poussée vers la position ralenti. La mention RETARD apparaît en vert au FMA. Lorsque cette position est atteinte, les commandes de poussée sont découplées du vérin de l'automanette, la mention RETARD est effacée du FMA et la mention A/THR bleue apparaît sur la seconde ligne (FCOM 1.03.23 page 2).

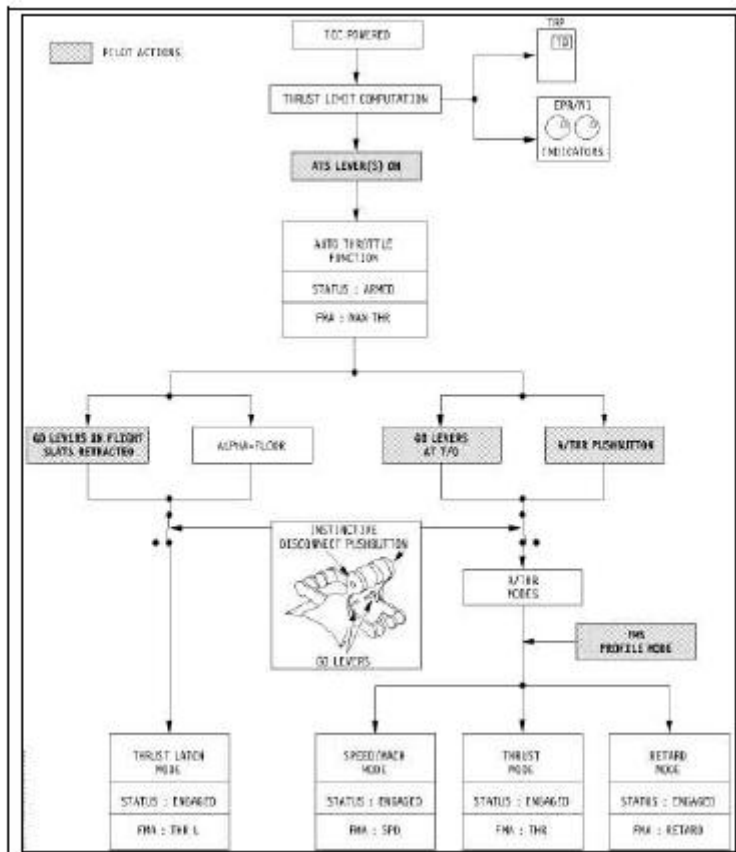
Le mode THR L peut-être engagé (FCOM 1.03.24) :

- par une action manuelle sur les leviers « Go levers » lorsque les becs sont rentrés, ou
- automatiquement si la protection « Alpha floor » est activée.

L'automanette commande alors la poussée maximum sélectionnée sur le TRP. L'engagement du mode THR L n'est cependant pas possible si le mode THR de l'A/THR est déjà engagé, auquel cas le même niveau de poussée est recherché.

Le mode THR L peut être désengagé en actionnant le bouton « A/THR – THR L instinctive disconnect » ou en appuyant sur le bouton « A/THR » du FCU pour engager l'A/THR.

Le schéma suivant (FCOM 1.03.20 page 3) résume les différents modes de fonctionnement de l'automanette :



## Description des modes du pilote automatique

### Modes verticaux AP/FD et modes A/THR

Lorsque l'A/THR est engagée, le système de vol automatique associe automatiquement à chaque mode vertical AP/FD un mode A/THR.

- En mode SPD, l'AP/FD ajuste l'assiette pour monter ou descendre à une vitesse sélectionnée. Ce mode s'engage en sélectionnant une altitude différente de l'altitude courante puis en appuyant sur le bouton poussoir LVL/CH ou en tirant sur le sélecteur d'altitude.

Lorsque l'altitude sélectionnée au FCU est supérieure à l'altitude courante, le mode de l'A/THR commande la poussée maximale affichée sur le TRP (mode THR vert) et l'AP/FD ajuste l'assiette de façon à maintenir la vitesse (en montée).

Lorsque l'altitude sélectionnée au FCU est inférieure à l'altitude courante, le mode de l'A/THR commande la poussée ralenti (mode RETARD vert puis A/THR bleu tel que décrit précédemment) et l'AP/FD ajuste l'assiette de façon à maintenir la vitesse (en descente).

Si l'altitude sélectionnée au FCU passe d'une altitude supérieure à l'altitude courante à une altitude inférieure à l'altitude courante, le mode de l'A/THR passe de la poussée maximale à ralenti et réciproquement.

- En mode VS, l'AP/FD ajuste l'assiette pour monter ou descendre à une vitesse verticale sélectionnée.

Le mode VS s'engage :

- en tirant sur le sélecteur de vitesse verticale (ce qui synchronise à la vitesse verticale courante). La valeur cible peut ensuite être modifiée. Note : il est possible de sélectionner d'abord une valeur souhaitée puis d'engager le mode VS.
- en cas de réversion de mode (par exemple en appuyant sur le bouton ALT HLD alors que le mode ALT est déjà engagé, ou en engageant le mode HDG/S lorsque le mode GS/LOC est engagé),

- En mode ALT, l'AP/FD ajuste l'assiette pour maintenir une altitude.

- En mode GS, l'AP/FD ajuste l'assiette pour maintenir le plan de descente du glide.

Lorsque l'un des modes verticaux 'V/S', 'ALT\*', 'ALT', 'GS\*', 'GS' est engagé, le mode A/THR 'SPD' s'engage automatiquement (si l'A/THR est déjà engagée). L'A/THR ajuste alors la poussée afin de maintenir la vitesse sélectionnée au FCU.

### Modes latéraux AP/FD

- Le mode HDG maintient le cap courant si le roulis est inférieur à 5°. Si le roulis est supérieur à 5°, l'AP/FD remet les ailes à l'horizontale et maintient le cap obtenu lorsque le roulis est devenu inférieur à 5°.

- Le mode HDG/S capture et maintient le cap sélectionné.

- Le mode LOC\* capture l'axe du faisceau du localizer tandis que le mode LOC maintient l'avion aligné sur cet axe. En modes LOC\* et GS\* l'engagement du mode ALT HLD provoque la réversion du mode latéral en HDG.

- Le mode NAV couple FMS et AP/FD de sorte que l'avion suive le plan de vol latéral.

### 1.6.8.3 Protection en incidence (« Alpha Floor ») (FCOM 1.03.13)

Si l'incidence de l'avion excède une valeur donnée, l'automanette engage automatiquement le mode THR L, à moins que l'A/THR ne soit déjà engagée en mode THR (voir ci-dessus).

Cette protection ne s'accompagne pas d'un ordre à piquer généré par le pilote automatique ou le directeur de vol. Les modes verticaux engagés demeurent. Le FCOM précise « qu'une action de l'équipage est nécessaire pour revenir à une assiette normale ».

Le seuil de déclenchement est de 8,5° d'incidence lorsque le levier des becs/volets est en position 0°/0° et de 14,5° d'incidence si le levier est en position 15°/0° ou 15°/15°.

Cette protection est disponible dès lors que la palette de l'automanette est armée et que la radio altitude est supérieure à 100 ft.

### 1.6.8.4 Réglage du Plan Horizontal Réglable (FCOM 1.09.12)

La position du PHR peut être commandée :

- manuellement, en utilisant les interrupteurs situés sur l'un et l'autre volant ou en actionnant l'une des deux roues de réglages situées de part et d'autre du pupitre central,
- automatiquement par le pilote automatique ou le Flight Augmentation Computer (FAC).

Le FAC comporte plusieurs fonctions de réglage du PHR, dont la fonction « Alpha trim » qui commande un ordre à piquer afin d'éviter d'atteindre une incidence excessive. Bien que disponible à faible vitesse, cette fonction est conçue pour un nombre de mach élevé. La modification de réglage à piquer est ainsi limitée à 0,7° à un taux maximum de 0,8 °/s. Cette fonction est disponible lorsque le pilote automatique est déconnecté (ou en mode CWS), en configuration lisse, commande des aérofreins en position « rentrés ». Elle s'active lorsque l'incidence dépasse 11° (pour les faibles nombres de Mach).

A faible vitesse, les fonctions « Stall trim » et « Theta trim » du FAC sont susceptibles de générer un ordre à piquer sur le PHR. La fonction « Stall trim » est disponible lorsque les becs/volets sont en position 20°/20° ou 30°/40°, pilote automatique déconnecté (ou en mode CWS). La fonction « Theta trim » est disponible lorsque le pilote automatique est déconnecté, assiette supérieure à 10° et vitesse inférieure à 180 kt. L'ordre à piquer augmente avec la variation d'assiette à cabrer. L'activation de cette fonction est limitée à 15 secondes

La mise en jeu de ces fonctions au moment de l'activation de l'alpha-floor pendant l'approche à Moroni est discutée au paragraphe 1.7.2

Des renseignements complémentaires sur les vitesses caractéristiques de l'avion sont disponibles en annexe 1.



#### 1.6.8.5 Distances d'atterrissage

Le FCOM (2.15.20) permet de calculer la distance certifiée d'atterrissage (actual landing distance) et la distance nécessaire à l'atterrissage (required landing distance), en conditions atmosphériques standard et au niveau de la mer.

En retenant les conditions suivantes : piste sèche, masse de 120t, becs/volets à 30°/40°, 15 nœuds de vent arrière, on obtient :

- la distance certifiée d'atterrissage : 1145 mètres
- la distance nécessaire d'atterrissage : 1910 mètres

### 1.7 Conditions météorologiques

La situation générale est caractérisée par un anticyclone centré sur l'entrée sud-ouest du canal du Mozambique qui génère dans la région de Moroni un flux de secteur sud sud-ouest modéré à fort.

#### 1.7.1 Renseignements météorologiques à la disposition de l'équipage

##### Informations disponibles à la préparation du vol

Le dossier de vol recueilli auprès de la cellule de dispatch de Sanaa contient les informations suivantes :

Le TAF de Moroni, émis le 29 juin à 10 h et valide du 29 juin à 12 h au 30 juin à 18 h :

22018KT 9999 FEW023TCU SCT030 TEMPO 2912/2918 220G30KT BECMG 2918/2920 12010KT TEMPO 2918/3006 20015G25KT BECMG 3006/3008 18015KT TEMPO 3008/3018 18020G30KT.

TAF de Dar Es Salam (Tanzanie) émis le 29 juin à 10 h et valide du 29 juin à 12 h au 30 juin à 18 h :

12010 KT 9999 BKN024 SCT080 BECMG 2915 / 2918 15005 KT SCT024 BECMG 2921/2924  
00000KT FEW020 BECMG 3003/3006 19005KT BKN022 BECMG 3009/3012 13015KT  
BKN024 BECMG 3015/3018 BKN024

TAF de Nairobi (Kenya) émis le 29 juin à 10 h 30 et valide du 29 juin à 12 h au 30 juin à 18 h.

TAF de Mombasa (Kenya) émis le 29 juin à 9 h et valide du 29 à 12 h au 30 juin à 12 h.

TAF de Dar Es Salam émis le 28 juin à 16 h et valide du 28 juin à 18 h au 30 juin à 00 h.

METAR de Moroni émis le 29 juin à 15 h.

METAR de Dar Es Salam, Nairobi and Mombasa émis le 29 juin à 15 h.

Le dossier de vol inclut des données de vent le long de la route prévue, à différents niveaux de vol.



## Renseignements fournis par le contrôleur

L'aérodrome ne dispose pas d'ATIS. Cet équipement n'est pas une obligation par rapport au plan OACI de la navigation aérienne (en Afrique)

A 22 h 02 min 30s, le contrôleur fournit à l'équipage les informations météorologiques suivantes : « wind 190° 15 kt, visibility 10 km, FEW 2000 ft, t 24 °C, Dp 17 °C, QNH 1018 ».

A 22 h 36 min le contrôleur informe l'équipage que le vent varie entre 8 et 25 kt puis annonce un peu plus tard un vent du 210° à 30 kt. L'équipage fait confirmer ces indications en redemandant la direction et la vitesse du vent.

A 22 h 47 min, l'équipage demande à nouveau les informations de vent. Le contrôleur répond que le vent est du 200° de 20 à 30 kt et indique qu'en piste 20 il est moins fort avec des valeurs comprises entre 12 et 25 kt<sup>4</sup>.

A 22 h 47 min 41s, l'équipage demande à nouveau la direction du vent en piste 20 ; le contrôleur répond « 200° » en indiquant qu'il est moins fort en piste 20.

### 1.7.2 Observations météorologiques à Moroni

Plusieurs messages SPECIAL ont été émis avant l'accident :

- à 22 h 12 min : WIND RWY02 TDZ 160/09KT RWY20 TDZ 180/08KT VIS 10KM CLD FEW 2000FT T24 TD17 QNH1018HPA QFE RWY02 1014HPA RWY20 1015HPA TREND TEMPO WIND 190/15KT MAX 30
- à 22 h 35 min : WIND RWY02 TDZ 210/27KT RWY20 TDZ 200/16KT VIS 10KM CLD FEW 2000FT T24 TD17 QNH1018HPA QFE RWY02 1015HPA RWY20 1014HPA TREND TEMPO WIND 190/15KT

Un message SPECI a été émis à 22 h 39 : 21024G34KT 9999 FEW020 24/17 Q1018 TEMPO 18012G30KT.

Le METAR de 23 h 00 indique : 21025G35KT 9999 FEW020 25/16 Q1018 TEMPO 18015G30KT.

Remarque : à Moroni un anémomètre est installé à proximité de chacun des deux seuils de piste. Le vent moyen publié dans l'AIP des Comores pour les mois de juin et de juillet souffle du sud-sud-est à environ 3,5 mètres par seconde.

### 1.7.3 Prévisions météorologiques à Moroni

TAF du 29 juin émis à 04 h valide entre 06 h et 12 h le lendemain : 20012G22KT 9999 FEW023TCU SCT030 BECMG 2922/2924 12010KT FM300700 17013KT 9999 FEW023 SCT035 BECMG 3009/3012 24013G25KT.

Un TAF amendé, valide sur la même période a été émis à 06 h : 20016KT 9999 FEW023TCU SCT030 TEMPO 2907/2918 22017G27KT BECMG 2918/2920 12010KT TEMPO 2920/3006 20015G25KT FM 300700 19017G27KT 9999 FEW023TCU SCT025.

TAF du 29 juin émis à 10 h valide entre 12 h et 18 h le lendemain : 22018KT 9999

---

<sup>4</sup> Un anémomètre est installé à proximité de chaque seuil de piste.

FEW023TCU SCT030 TEMPO 2912/2918 22020G30KT BECMG 2918/2920 12010KT  
TEMPO 2918/3006 20015G25KT BECMG 3006/3008 18015KT TEMPO 3008/3018  
18020G30KT.

## 1.8 Aides à la navigation

L'approche VOR/DME-ILS piste 02 (voir carte en annexe 2) suivie de la MVI (figure 2) pour la piste 20 s'appuie sur les moyens suivants :

- Le VOR-DME (HAI, 114,70 MHz). Il avait été calibré le 22 mai 2009 par l'ASECNA (compte-rendu ASECNA 096/09). Il avait été déclaré utilisable sans restriction. Il fonctionnait au moment de l'accident.
- L'ILS (HA 110,30 MHz). Il avait été calibré le 22 mai 2009 par l'ASECNA (compte-rendu ASECNA 095/09). Le localizer et le glide associé au DME avaient été déclarés utilisables sans restriction. Ces moyens fonctionnaient au moment de l'accident. Le localizer fonctionnait sur un seul ensemble.
- Le locator (HA, 316,5 kHz). Il fonctionnait sur un seul ensemble le jour de l'accident.

Deux feux à éclats d'obstacle sont également installés au nord de l'aérodrome (voir AIP et cartes Jeppesen<sup>5</sup> MVI piste 20). Le feu le plus au nord (Ntsaoueni) est de couleur blanche. Il était hors service.

Celui situé au sud du premier (Domoni) est de couleur verte. Il était en état de fonctionnement mais n'était pas allumé. Le contrôleur ne peut pas l'allumer depuis le pupitre de commandes de la tour. Un technicien doit se rendre sur place avant l'arrivée de l'avion pour l'allumer et assurer le secours électrique (batteries). L'AIP de Moroni précise pour la MVI : « de nuit, s'assurer auprès de la tour que les deux feux à éclats fonctionnent ». La documentation Jeppesen mentionne « confirmation from tower required that flashing lights are operative ».

Les autres aides à l'atterrissage consistent en des feux à éclats de seuil de piste et un PAPI en piste 20. Les feux à éclats de seuil de piste 20 clignotants étaient hors service (NOTAM A0478/09).

---

<sup>5</sup> L'équipage utilise la documentation Jeppesen.

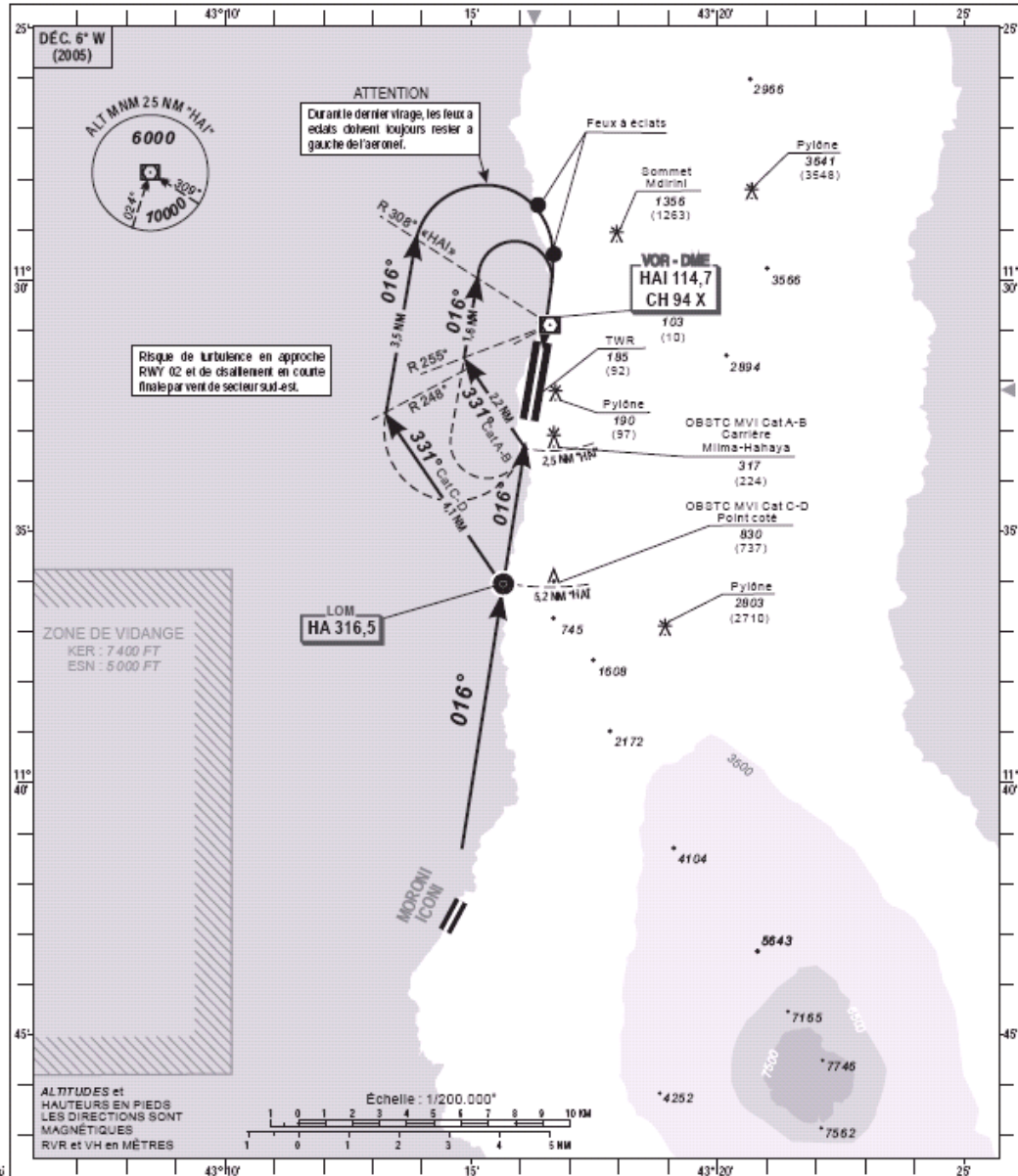
CARTE D'APPROCHE  
AUX INSTRUMENTS  
Catégories A-B-C-D

ALT : 93

APP : MORONI Approach 119,7  
TWR : MORONI Tower 118,1

MORONI / Prince SAID IBRAHIM (FMCH)  
MVI - RWY 20

HAUTEURS DÉTERMINÉES PAR RAPPORT AU NIVEAU D'AÉROROME



ALT: 93  
ALTITUDE DE TRANSITION : 6000

CAT	MVI (°) Après ILS ou ILS sans ALD				MVI (°) Après VOR-DME				VH au décollage	
	OCA (OCH)	MDA	MDH	VH	OCA (OCH)	MDA	MDH	VH	CAT A: 200 - CAT B: 300	CAT C: 300 - CAT D: 400
A	612 (519)	620 (520)	1500	1076 (983)	1080 (990)	1500			Temps	
B	612 (519)	620 (520)	1600	1076 (983)	1080 (990)	1600			KT	MIN SEC
C	1224 (1131)	1230 (1140)	2400	1224 (1131)	1230 (1140)	2400			90	140
D	1224 (1131)	1230 (1140)	3600	1224 (1131)	1230 (1140)	3600			100	150
									110	160
									120	170
									130	180

Observations : (\*) De nuit, s'assurer auprès de la TWR, que les 2 feux à éclats fonctionnent.

14 FEVRIER 2005

SERVICE DE L'INFORMATION AÉRONAUTIQUE - ASECNA

1601 D - 6

figure 2: carte d'approche aux instruments MVI RWY20 (AIP)  
(La carte Jeppesen correspondante est disponible en annexe 3)

## 1.9 Télécommunications

Voir transcription des radiocommunications du contrôle de Moroni (annexe 4).

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Moroni Prince Saïd Ibrahim est situé sur la côte ouest de Grande Comore, dont les reliefs principaux s'élèvent à une altitude d'environ 3 600 ft, au nord-est de l'aérodrome, et environ 7 800 ft, au sud-est. L'altitude du point de référence est de 93 ft.

Il dispose d'une piste 02/20 (QFU 016°/196°) d'une longueur de 2 900 mètres et d'une largeur de 45 mètres. La distance disponible à l'atterrissage pour les pistes 20 et 02 est de 2 900 mètres. Les feux de seuils de piste sont unidirectionnels et de haute intensité. Les feux du balisage latéral sont omnidirectionnels et de haute intensité. Les feux d'extrémité de piste sont unidirectionnels. Il n'y a pas de balisage lumineux axial. La zone de toucher des roues ne dispose pas non plus de balisage lumineux. La piste 20 est dépourvue de rampe d'approche. Des feux à éclats sont installés à proximité du seuil de la piste 20 (Voir paragraphe aides à la navigation : 1.8).

L'aérodrome est situé au centre d'une zone de contrôle d'aérodrome (CTR MORONI) circulaire de 25 NM de rayon, de classe D. Une zone de contrôle terminale (TMA MORONI) surplombe la CTR. Elle est adjacente aux régions d'information de vol (FIR) voisines, dont celle de Dar es Salam. Le point KINAN, début de l'arrivée KINAN 1V permettant de rallier le VOR-DME HAI, est situé à la frontière de ces deux espaces.

Pour un avion de catégorie C, l'approche VOR-DME ILS pour la piste 02 débute à HAI à une altitude minimum de 8 000 ft (voir annexe 2). Un virage de base débute à 16 NM de HAI pour intercepter le localiser à 3000 ft. Lorsque cette approche est suivie d'une manœuvre à vue imposée pour atterrir sur la piste 20, celle-ci débute au locator HA (voir figure 2). Les points caractéristiques de cette manœuvre sont définis par des radials des moyens radio HA et HAI. La MDA publiée est de 1 230 ft. Depuis l'ouverture à HA jusqu'à la fin du dernier virage, la trajectoire prescrite se situe au-dessus de la mer.

La carte d'approche MVI-RWY 20 de l'AIP des Comores mentionne que « durant le dernier virage, les feux à éclats doivent toujours rester à gauche de l'aéronef », en faisant référence aux feux à éclats de Ntsaoueni et Domoni. La carte Jeppesen 19-10 "circle-to-land with prescribed flight track" reprend cette mention en anglais : « during last turn, flashing lights must always remain left of the aircraft ».

Le dossier de préparation du vol contient, entre autres, les NOTAMS suivants :

NOTAM A00478/09: SEQUENCED FLG LGT RWY 02 AND RWY 20 OUT OF SERVICE

NOTAM A00309/09 : LOCATOR 'HA' 316,5KHZ OPERATING ON A SINGLE SET

NOTAM A00502/09 : LOCALIZER HAI 110.3 MHZ OPERATING ON A SINGLE SET

Aucun NOTAM précisant que le feu de Ntsaoueni n'était pas en état de fonctionnement n'avait été émis.

Toutefois il a été stipulé sur l'AIP « **NIGHT LANDING Confirmation from the tower required that Flashing lights are operative** ».

Voir OMA IY / Part C / vol2IY route & aerodrome instruction, 8.1.2.6.2

## 1.11 Enregistreurs de bord

Conformément à la réglementation, l'avion était équipé d'un enregistreur phonique (CVR) et d'un enregistreur de paramètres (FDR).

Les opérations de lecture se sont déroulées au BEA du lundi 31 août au samedi 12 septembre 2009.

### 1.11.1. Enregistreur phonique

Le CVR était un modèle à enregistrement statique capable de restituer au moins les deux dernières heures d'enregistrement :

Marque : Honeywell

Numéro de type : 980-6022-001

Numéro de série : 0245

L'enregistreur a été retrouvé en mer et amené au BEA sans sa balise de détection sous-marine.

L'enregistrement est constitué de cinq fichiers audio:

1. Radiocommunications et microphone à bouche du commandant de bord (place gauche) sur 30 minutes,
2. Radiocommunications et microphone à bouche du copilote (place droite) sur 30 minutes,
3. Radiocommunications et public address sur 30 minutes,
4. Microphone d'ambiance (CAM) sur 2 heures,
5. Radiocommunications, microphones à bouche et public address mixés sur 2 heures.

Comme l'enregistreur était immergé et endommagé, le boîtier protégé a été ouvert et les deux cartes mémoires contenant les données du CVR extraites. Des composants fissurés et des dommages liés à la corrosion ont été observés sur les cartes mémoires. Les cartes ont été nettoyées et les composants passifs endommagés ont été remplacés. Ces travaux ont été réalisés suivant les procédures du BEA et du fabricant de l'enregistreur, HONEYWELL.

L'enregistrement complet des deux heures du fichier audio n°5 a pu être restitué.

La lecture des fichiers 1 à 4 a nécessité l'utilisation d'outils et de méthodes développés par le BEA. Les fichiers 1 à 3 ont ainsi pu être lus.

Le fichier 4 a été partiellement récupéré. Les données de deux mémoires sur 21 n'ont pas pu être lues, ce qui a engendré des trous d'enregistrement de 10 secondes à intervalles réguliers de 3 minutes et 30 secondes environ. Par ailleurs, le signal enregistré du microphone d'ambiance est très faible.

Les conversations des pilotes entre eux ne sont pas enregistrées sur les fichiers n°1, 2, 3 et 5.

Il n'a donc pas été possible d'entendre les conversations et les annonces techniques entre les deux membres d'équipage. Seules quelques portions de conversations ont pu être comprises à la fin du vol (voir transcription en annexe 6)

La carte du CVR a été transférée aux USA le 19 octobre 2010 chez HONEYWELL. Les travaux d'extraction des données des mémoires U1 et U16 du CVR non lues au BEA y ont été effectués.

Les données de la mémoire U1 ont été récupérées, ce qui a permis de combler une partie des trous d'enregistrement observés au BEA mais n'a pas apporté de donnée exploitable complémentaire.

S'agissant de U16, les tentatives ont été infructueuses. Toutefois, des propositions ont été avancées pour l'extraction des données dans les universités américaines ou chez le fabricant AMD/Spansion.

Compte tenu :

1. de la quantité de données obtenues (97,5% du contenu du CVR)
2. de la qualité médiocre de l'enregistrement CAM déjà disponible et donc de la qualité médiocre attendue des données manquantes, une suite favorable n'a pas été donnée à ces propositions par le fabricant AMD/Spansion et les universités américaines.

L'enregistrement audio extrait du CVR contient l'événement. Cet enregistrement a été synchronisé avec le FDR en utilisant les paramètres VHF KEYING et AUTOPILOT 1 COMMAND.

La transcription est disponible en annexe 6.

### **1.11.2 Enregistreur de paramètres**

Le FDR était un modèle à enregistrement statique capable de contenir au moins 25 heures :

Marque: Allied Signal 4700

Numéro de type : 980-4700-003

Numéro de série : 2211

L'enregistreur a été retrouvé en mer et amené au BEA sans sa balise de détection sous-marine.

Comme l'enregistreur était immergé et endommagé, le boîtier protégé a été ouvert et la carte mémoire extraite. Les dommages mis en évidence sur la carte (vernis délaminé, corrosion sur certains composants à mémoire) n'a pas permis de lecture à l'aide des moyens du constructeur.

De nouvelles opérations de nettoyage de la carte ont été entreprises et il a été décidé de lire individuellement chaque mémoire en connectant le lecteur mémoire du BEA à la carte.

La totalité des données du FDR a été récupérée. L'enregistrement contient le vol de l'événement.

### **1.11.3 Evénements du FDR et CVR**

Les informations qui suivent sont issues de l'enregistrement du FDR et du CVR. Les courbes de paramètres du FDR sont disponibles en annexe 5. La valeur enregistrée du réglage barométrique des altimètres du commandant de bord et du copilote est de 1018 hPa.

Les sept dernières minutes de vol peuvent se décomposer en trois phases :

- Phase 1 : approche ILS piste 02
- Phase 2 : partie de la MVI
- Phase 3 : de la rentrée du train d'atterrissage au décrochage

Une trajectographie a été réalisée à partir des positions de latitudes et longitudes enregistrées :



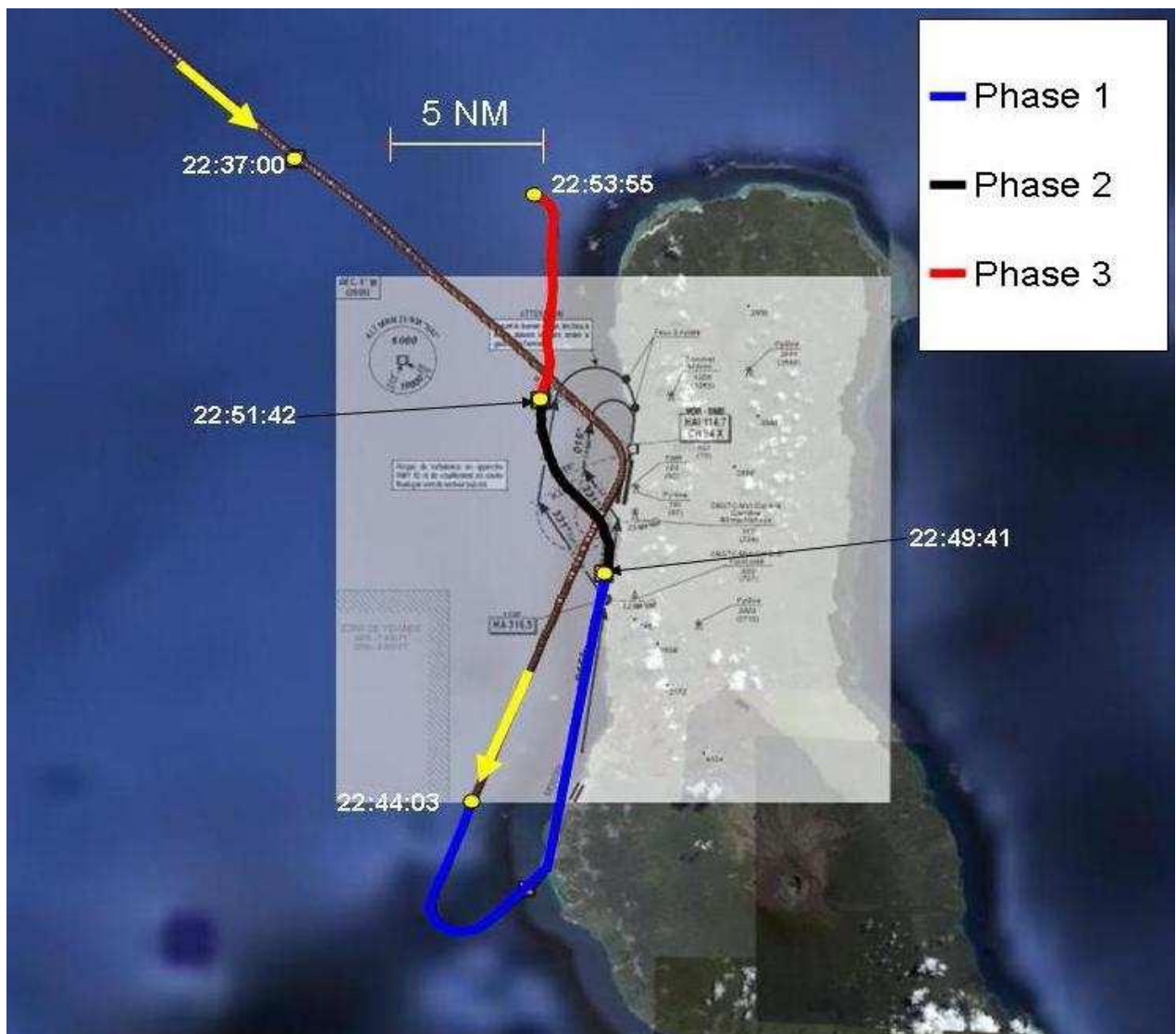


Figure 3 : trajectographie superposée à la procédure MVI RWY20 à Moroni

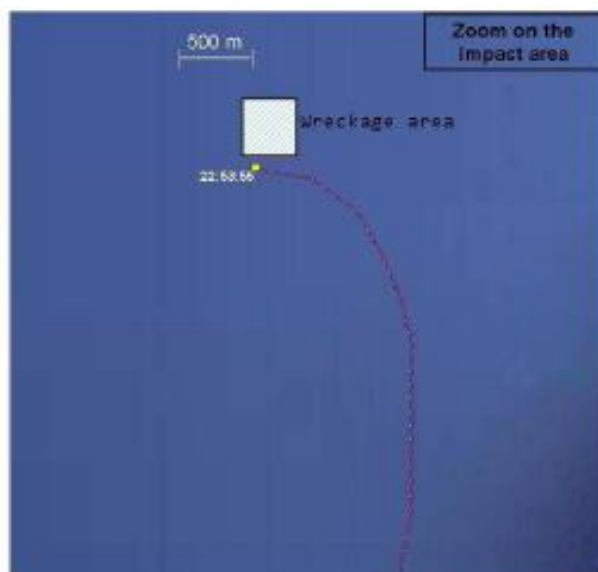


Figure 4 : zoom des 35 dernières secondes d'enregistrement



Les coordonnées du dernier point enregistré à 22 h 53 min 55 s sont S11°22'17.54''  
E43°13'30.07''.

La vitesse verticale de l'avion pendant l'approche a été recalculée à partir du paramètre altitude  
du FDR :

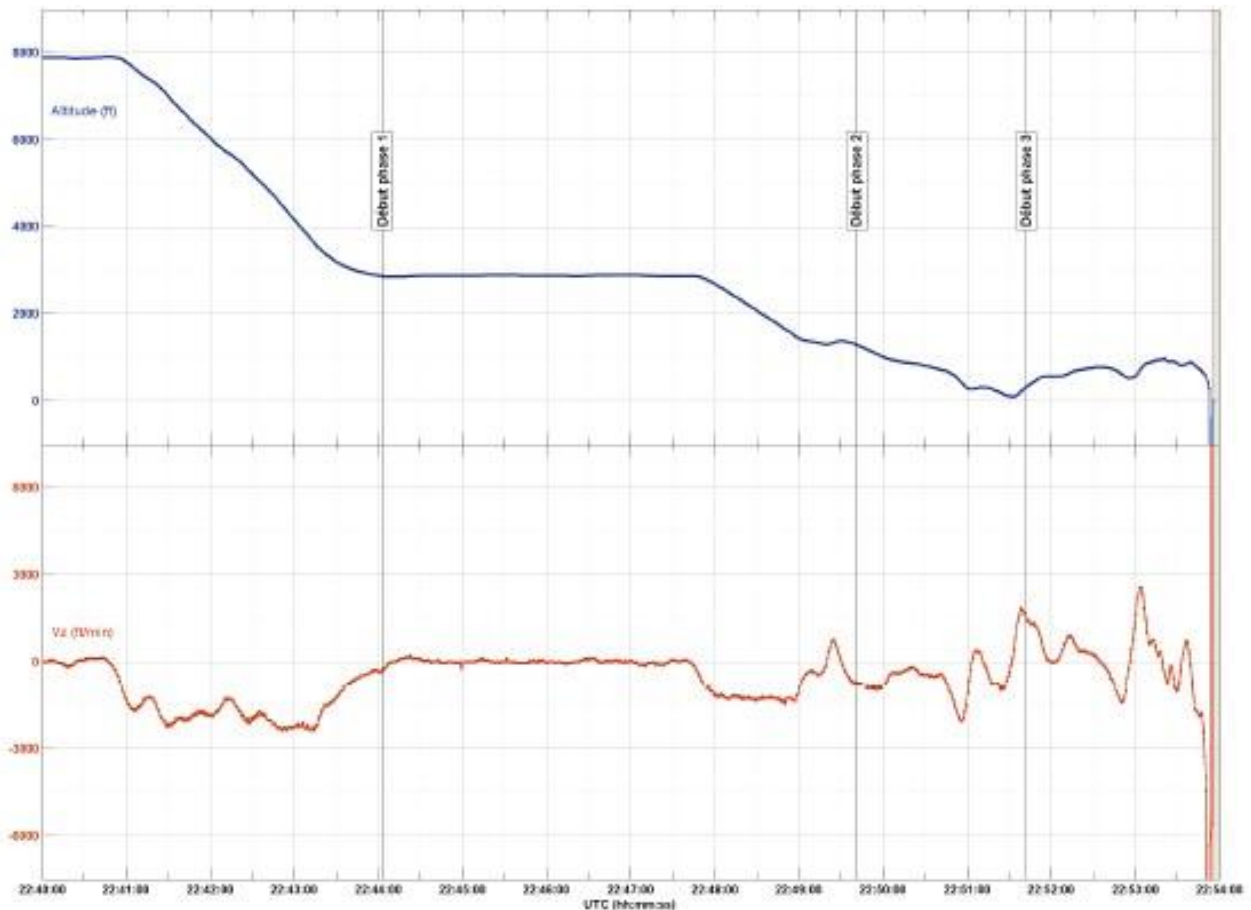


figure 5 : altitude de l'avion et vitesse verticale recalculée

Dans les paragraphes suivants, les modes enregistrés et affichés en vert dans le bandeau FMA sont indiqués comme suit :

Mode engagé de l'ATS Mode armé de l'ATS	Mode vertical engagé du PA/DV	Mode latéral engagé du PA/DV
--	----------------------------------	---------------------------------

Les modes armés verticaux et latéraux ne sont pas enregistrés. Par conséquent, ils ne sont pas indiqués ici.

Tout au long de l'approche, le FD1 était affiché sur au moins un PFD et le FD2 n'était affiché sur aucun PFD. Il n'est pas possible de déterminer si le FPV était affiché sur un PFD. Les ND étaient réglés sur une échelle de 15 NM, en mode MAP pour le commandant de bord. Le ND du copilote est en mode ARC jusqu'à 22 h 52 min 50 s et en mode MAP ensuite.

Préparation des moyens de radionavigation :

Vers 20 h 36 min, l'équipage sélectionne la fréquence 110.3 MHz (fréquence de l'ILS de Moroni). Les fréquences actives des VOR 1 et 2 passent sur 114.7 MHz, avec le radial 017° sélectionné sur le VOR 1, puis le radial 329° sélectionné sur le VOR 2. Les fréquences actives des VOR reviennent 10 secondes plus tard sur leur fréquence initiale. La sélection des radials restent identiques jusqu'à la fin du vol.

La fréquence active du VOR 2 passe sur 114.7 MHz à 21 h 53 min 51 s, celle du VOR 1 passe sur 114.7 MHz à 22 h 17 min 21 s. La fréquence de l'ADF ne fait pas partie des paramètres enregistrés.

Le début de descente s'effectue à 22 h 25 min.

### **Phase 1 – Approche ILS piste 02 De 22 h 44 min 03 s à 22 h 49 min 41 s**

A 22 h 44 min 03 s, le PA1 est engagé. L'A/THR est engagée en mode de maintien de vitesse avec une vitesse sélectionnée de 190kt. Ceci signifie que l'A/THR ajuste la poussée afin de maintenir 190kt. Les becs commencent à sortir vers la position 15° ce qui a pour effet de sélectionner sur le TRP la poussée maximum à TOGA. La configuration de l'avion est 15° - 0°<sup>6</sup> ; et le train d'atterrissage est rentré. Les modes engagés affichés au FMA du commandant de bord et du copilote sont :

SPD	ALT	NAV
-----	-----	-----

A 22 h 45 min 39 s, le mode latéral du FMA change en HDG/S. Le cap sélectionné enregistré à 22 h 45 min 45 s est de 060°. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	ALT	HDG/S
-----	-----	-------

A 22 h 45 min 51 s, le PA 2 est engagé et le PA 1 est toujours engagé. Cela indique que le mode LAND a été armé auparavant.

<sup>6</sup> La configuration « Becs 15° - Volets 0° » correspond à une valeur enregistrée de braquage des becs hypersustentateurs de 17° +/-1°.

A 22 h 46 min 39 s, l'avion intercepte le faisceau du radiophare d'alignement de piste (localizer) à une altitude de 3 000 ft<sup>7</sup>. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	ALT	LOC*
-----	-----	------

A 22 h 47 min 17 s, la vitesse sélectionnée au FCU passe de 190 kt à 170 kt. L'A/THR ajuste la poussée des moteurs afin de réduire puis maintenir une vitesse de 170 kt. La moyenne de la composante de vent arrière depuis cet instant jusqu'à la fin de la phase 1 est d'environ 30kt.

A 22 h 47 min 38 s, l'avion intercepte le faisceau du radiophare de descente (glideslope) à 3 000 ft. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	G/S*	LOC
-----	------	-----

A 22 h 47 min 56 s, l'avion commence à descendre sur le plan d'approche. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	G/S	LOC
-----	-----	-----

A 22 h 48 min 09 s, le mode vertical et le mode latéral du FMA change en V/S et HDG/S respectivement. Le PA2 est déconnecté. La vitesse verticale<sup>8</sup> à cet instant est de -1 300 ft/min.

C'est aussi la vitesse verticale affichée au FCU. Le cap magnétique à cet instant est de 018°, alors que le cap sélectionné est de 015°. Le cap de l'avion commence à diminuer vers 015° quatre secondes plus tard. Les modes engagés au FMA sont :

SPD	V/S	HDG/S
-----	-----	-------

A 22 h 48 min 39 s, alors que l'avion passe 2 000 ft en descente, le mode latéral affiché au FMA passe à NAV. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	V/S	NAV
-----	-----	-----

A 22 h 48 min 47 s, le mode vertical et le mode latéral affichés au FMA changent respectivement en G/S\* (interception du plan du glide) et LOC\* (interception du plan du localizer) pendant 9 secondes. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	G/S*	LOC*
-----	------	------

Depuis la première interception du glide à 3 000ft la vitesse a légèrement augmenté de 176 kt à 183 kt avec une vitesse sélectionnée de 170 kt et la poussée au ralenti.

<sup>7</sup> Les altitudes mentionnées ici sont au dessus du niveau moyen de la mer (=Altitude FDR + 140 ft).

<sup>8</sup> La vitesse verticale n'est pas un paramètre enregistré. Elle a été calculée à partir du paramètre altitude.

A 22 h 48 min 56 s, le mode vertical et le mode latéral affichés au FMA changent respectivement en ALT et HDG. L'avion se stabilise à l'altitude courante de 1 500 ft et son cap est maintenu à la valeur en cours de 020°. Les modes engagés affichés au FMA sont :



A 22 h 49 min 09 s, la vitesse sélectionnée passe de 170 kt à 160 kt. L'A/THR ajuste la poussée des moteurs afin de ralentir l'avion puis maintenir 160 kt. La vitesse commence à diminuer.

A 22 h 49 min 11 s, le train d'atterrissage commence à sortir<sup>9</sup>.

A 22 h 49 min 19 s, les volets commencent à sortir vers 15°. La configuration 15° / 15° est atteinte quelques secondes plus tard.

A 22 h 49 min 20 s, l'altitude sélectionnée passe de 3 000 ft à 1 000 ft. L'altitude est à cet instant de 1 440 ft.

A 22 h 49 min 25 s, l'avion passe à la verticale du locator HA.

A 22 h 49 min 27 s, le mode vertical affiché au FMA change en V/S. La vitesse verticale sélectionnée est de -500 ft/min puis -800 ft/min 4 secondes plus tard et enfin -1 100 ft/min encore 4 secondes plus tard. Le PA ajuste l'assiette longitudinale de l'avion afin d'atteindre puis maintenir cette vitesse verticale. Les modes engagés affichés au FMA sont :



A 22 h 49 min 28 s, l'altitude sélectionnée est de 0 ft.

A 22 h 49 min 32 s, l'altitude sélectionnée est de 3 000 ft.

A environ 22 h 49 min 41 s, le mode latéral du FMA change en HDG/S. L'avion commence à virer à gauche. La prochaine valeur enregistrée de cap sélectionné est de 314° à 22 h 50 min 01 s<sup>10</sup>. Les modes engagés affichés au FMA sont :



<sup>9</sup> Information issue du CVR.

<sup>10</sup> Le paramètre *SELECTED HEADING* est enregistré toutes les 64 s. Sa valeur est de 015° à 22h 48 min 57 s et de 314° à 22 h 50 min 01 s.

## Phase 2 – partie de la MVI

De 22 h 49 min 41 s à 22 h 51 min 42 s

A 22 h 49 min 56 s, l'altitude sélectionnée est de 2 000 ft.

A 22 h 49 min 59 s, le mode vertical affiché au FMA change en ALT\*, ce qui indique que le PA ajuste l'assiette longitudinale afin d'intercepter l'altitude sélectionnée. L'altitude est de 1 170 ft. La prochaine valeur enregistrée d'altitude sélectionnée est de 1 000 ft une seconde plus tard<sup>11</sup>. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	ALT*	HDG/S
-----	------	-------

A 22 h 50 min 16 s, l'altitude de l'avion atteint 1 000 ft et son cap magnétique est 314°. Le PA ajuste l'assiette longitudinale pour maintenir cette altitude et l'inclinaison latérale pour maintenir le cap sélectionné de 314°. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	ALT	HDG/S
-----	-----	-------

A 22 h 50 min 20 s, l'altitude sélectionnée est de 3 000 ft.

A 22 h 50 min 21 s, le mode vertical affiché au FMA est V/S et la vitesse verticale sélectionnée est de -500 ft/min. Le PA ajuste l'assiette longitudinale pour maintenir cette vitesse verticale et l'avion commence à descendre. Les modes engagés affichés au FMA sont :

SPD	V/S	HDG/S
-----	-----	-------

A 22 h 50 min 42 s, le PA est déconnecté. Le DV1 est toujours engagé et l'A/THR maintient toujours une vitesse de 160 kt.

A 22 h 50 min 44 s, l'avion commence à virer à droite. L'assiette diminue. Le taux de descente augmente. Lors de la mise en virage à droite il n'y a pas de modification significative de la position de la gouverne de profondeur<sup>12</sup>.

A 22 h 50 min 54 s, deux alarmes GPWS SINK RATE suivies de deux alarmes GPWS PULL UP se déclenchent. La hauteur radiosonde est de 548 ft. La vitesse verticale atteint environ -2 000 ft/min et l'inclinaison latérale est de 27° à droite. L'équipage remet les ailes à l'horizontale et augmente l'assiette longitudinale jusqu'à 12°.

A 22 h 51 min 03 s, la hauteur radiosonde atteint 349 ft et commence à augmenter légèrement vers 412 ft.

A 22 h 51 min 16 s, l'avion vire vers la droite et recommence à descendre.

---

<sup>11</sup> Ce paramètre est enregistré toutes les quatre secondes.

<sup>12</sup> La position de la commande de profondeur n'est pas enregistrée. Elle peut être déduite grâce au paramètre « right elevator position ». Pour le vol de l'accident, le braquage maximum à cabrer de la gouverne de profondeur, enregistré au moment de l'essai des commandes avant le décollage, est de 25,8°.

A 22 h 51 min 25 s, trois alarmes GPWS TOO LOW TERRAIN se déclenchent. La hauteur radiosonde est de 230 ft. La vitesse verticale est d'environ -1 000 ft/min et l'inclinaison latérale est de 29° à droite. L'équipage remet les ailes à l'horizontale et augmente l'assiette longitudinale jusqu'à 17°.

A 22 h 51 min 31 s, la hauteur radiosonde atteint un minimum de 161 ft et l'avion commence à monter. L'A/THR ajuste la poussée afin de maintenir la vitesse sélectionnée de 160 kt. A 22 h 51 min 42 s, le train d'atterrissage commence à rentrer<sup>13</sup>. La hauteur radiosonde est de 437 ft en augmentation.

### **Phase 3 – de la rentrée du train d'atterrissage au décrochage De 22 h 51 min 42 s à 22 h 53 min 55 s**

A 22 h 51 min 56 s, l'altitude sélectionnée est de 2 000 ft.

A 22 h 51 min 57 s, la hauteur radiosonde est de 660 ft. L'alarme d'indication de non sortie du train L/G NOT DOWN se déclenche pendant 16 s. L'alarme auditive correspondante (CRC) est annulée par l'équipage 6 secondes plus tard<sup>14</sup>.

A 22 h 52 min 01 s, le mode LVL/CH est engagé<sup>15</sup> avec une altitude sélectionnée de 2 000 ft. L'altitude est de 700 ft (654 ft radiosonde). Le mode de l'A/THR au FMA change en THR et le mode vertical change en SPD, ce qui signifie que:

- L'A/THR commande la poussée maximale affichée au TRP (TOGA).
- Le DV1 fournit les consignes pour atteindre et maintenir la vitesse sélectionnée de 160 kt.

Les manettes de poussée commencent à se déplacer vers l'avant à une vitesse de 1°/s<sup>16</sup> et la poussée augmente. Les modes engagés affichés au FMA sont :

THR	SPD	HDG/S
-----	-----	-------

A 22 h 52 min 10 s, le PA1 est de nouveau engagé et les volets commencent à rentrer. La vitesse est de 158 kt<sup>17</sup>. La vitesse sélectionnée passe à 180 kt. Le PA ajuste l'assiette longitudinale pour continuer la montée et accélérer vers cette valeur. Les manettes de poussée continuent à se déplacer vers TOGA.

A 22 h 52 min 20 s, l'altitude sélectionnée est de 0 ft. La hauteur radiosonde est alors de 802 ft.

Le mode de l'A/THR affiché au FMA change en RETARD, ce qui signifie que l'A/THR commande la poussée ralenti. Les manettes de poussée commencent à reculer à la vitesse de 1°/s et la poussée diminue. Par conséquent, le PA qui tend toujours à maintenir la vitesse sélectionnée de 180 kt commence à faire diminuer l'assiette. Les modes engagés affichés au FMA sont :

RETARD	SPD	HDG/S
--------	-----	-------

<sup>13</sup> Information issue du CVR

<sup>14</sup> Information issue du CVR.

<sup>15</sup> Ce mode peut être engagé soit en appuyant sur le bouton poussoir LVL/CH soit en tirant sur le bouton ALT SEL.

<sup>16</sup> La poussée IDLE correspond à une valeur enregistrée de la manette de poussée de 35° ; la poussée TOGA correspond à une valeur enregistrée de la manette de poussée de 80°.

<sup>17</sup> La F speed théorique à 120 t est de 154 kt.

A 22 h 52 min 25 s, la vitesse sélectionnée est de 210 kt. Le PA continue de diminuer l'assiette longitudinale pour accélérer vers cette valeur.

A 22 h 52 min 28 s, les becs commencent à rentrer vers la configuration 0°/0°. La vitesse est de 179 kt<sup>18</sup>.

A 22 h 52 min 36 s, la hauteur radiosonde atteint 872 ft et commence à diminuer. La vitesse est de 185 kt et augmente. Les manettes de poussée continuent à reculer.

A 22 h 52 min 48 s, la poussée est au ralenti et les commandes de poussée sont découplées du vérin de l'automanette, ce qui est affiché en bleu sur la deuxième ligne du FMA comme indiqué ci-dessous :



A 22 h 52 min 49 s, le mode LVL/CH change de descente à montée ce qui signifie que l'altitude sélectionnée est supérieure à l'altitude courante. La prochaine valeur d'altitude sélectionnée est de 8 000 ft à 22 h 52 m 52 s. L'A/THR commande la poussée TOGA et les manettes avancent à une vitesse de 1°/s. Les modes engagés affichés au FMA sont :



A 22 h 52 min 50 s, la hauteur radiosonde est de 690 ft en diminution. La poussée est toujours au ralenti. L'alarme L/G NOT DOWN est déclenchée pendant 10 s. Le copilote sélectionne son ND sur le mode d'affichage MAP.

A 22 h 52 min 51 s, le PA1 est déconnecté. L'alarme de déconnexion du PA (cavalry charge) est générée, ce qui annule le CRC associé à l'alarme L/G NOT DOWN. L'alarme cavalry charge continue jusqu'à 22 h 53 min 40 s. La hauteur radiosonde est de 653 ft. La position du PHR est de 2,8° à cabrer. L'assiette et l'incidence commencent à augmenter.

A 22 h 52 min 56 s, la protection « Alpha-floor » se déclenche. L'incidence moyenne<sup>19</sup> est de 12,1° et la vitesse est de 191 kt<sup>20</sup>. La vitesse d'avancement des manettes de poussée Augmente (environ 8°/s)<sup>21</sup>. L'assiette et l'incidence continuent d'augmenter.

A 22 h 52 min 57 s, l'alarme de décrochage est enregistrée dans le FDR<sup>22</sup>. L'incidence moyenne est de 13° en augmentation. La vitesse est de 185 kt en diminution rapide alors que l'avion monte. La commande de profondeur est positionnée à cabrer. La position du PHR passe de 2,9° à cabrer à 2,3° à cabrer<sup>23</sup>.

<sup>18</sup> La S speed théorique à 120 t est de 193 kt.

<sup>19</sup> Moyenne des paramètres « True AOA left » et « True AOA right »

<sup>20</sup> La vitesse VLS théorique à 120 t en configuration lisse est de 200 kt.

<sup>21</sup> Lorsque la protection « alpha Floor » est activée, la vitesse de déplacement des manettes augmente à 8°/s

<sup>22</sup> L'enquête n'a pas permis de confirmer l'activation du vibreur de manche sur la base des enregistreurs

<sup>23</sup> Compte-tenu des conditions de vol et du taux d'évolution du réglage du PHR, ce changement correspond vraisemblablement à l'activation de la fonction « Alpha Trim ». Toutefois, on ne peut pas totalement exclure une action manuelle simultanée de la part de l'équipage.

A 22 h 52 min 59 s, la hauteur radiosonde est de 698 ft. L'A/THR est désengagée. Les manettes de poussée sont avancées manuellement en butée vers l'avant. La vitesse est de 170 kt. L'incidence moyenne est de 17,1° et augmente.

MAN THR	SPD	HDG/S
---------	-----	-------

A 22 h 53 min 00 s, la hauteur radiosonde est de 731 ft. L'altitude sélectionnée est 0 ft. Le mode LVL/CH change de montée en descente. Le braquage de la gouverne de profondeur atteint un maximum local de 11,4° à cabrer.

A 22 h 53 min 06 s, la hauteur radiosonde est de 943 ft. L'assiette est de 26° à cabrer, l'incidence est de 15,6° et l'inclinaison latérale est de 38° à droite. La vitesse est de 150 kt. La commande de roulis<sup>24</sup> et les palonniers<sup>25</sup> sont à gauche. La commande de profondeur est légèrement à cabrer, La position du PHR est de 2,3° à cabrer.

A 22 h 53 min 11 s, la hauteur radiosonde est de 1 034 ft et reste quasiment constante (plus ou moins 100ft) jusqu'à 22 h 53 min 38 s. Le mode THR L est engagé suite à l'activation des go levers.

THR L	SPD	HDG/S
-------	-----	-------

Entre 22 h 53 min 13 s et 22 h 53 min 44 s, l'assiette varie entre 15° et 26°, l'incidence entre 15° et 23,5° et l'inclinaison entre 40° gauche et 36° droite.

A 22 h 53 min 13 s, la gouverne de profondeur est légèrement à piquer (1,2°) pendant une seconde.

*Remarque : c'est l'unique fois depuis le déclenchement de l'alarme de décrochage et la fin de l'enregistrement.*

A 22 h 53 min 40 s, la hauteur radiosonde est de 972 ft en diminution. L'alarme cavalry charge s'arrête. L'alarme sonore de décrochage est entendue sur le CVR et dure jusqu'à la fin de l'enregistrement.

A 22 h 53 min 45 s, l'assiette est de 11° à cabrer et décroît rapidement. L'incidence est de 23,6° et commence à diminuer. L'inclinaison latérale est de 41° à gauche en augmentation. La vitesse est de 142 kt. La commande de roulis et les palonniers sont à gauche. La commande de profondeur est à cabrer. La position du PHR est de 2,3° à cabrer.

A 22 h 53 min 48 s, l'assiette est de 4° à piquer en diminution. L'incidence est de 18,8° en diminution. L'inclinaison latérale atteint la valeur maximale de 74° à gauche. La vitesse est de 150 kt en augmentation. La commande de roulis et les palonniers sont légèrement à droite. La commande de profondeur est légèrement à cabrer. La position du PHR est de 2,3° à cabrer.

---

<sup>24</sup> La position de la commande de roulis n'est pas enregistrée. Elle peut être déduite grâce aux paramètres de position des ailerons

<sup>25</sup> La position des palonniers n'est pas enregistrée. Elle peut être déduite grâce au paramètre « rudder position » en y retranchant l'action de l'amortisseur de lacet (yaw damper) recalculée.



A 22 h 53 min 52 s, l'assiette est de 4° à piquer e t recommence à augmenter. L'incidence est de 15,0° en augmentation. L'inclinaison latérale est quasiment nulle. La vitesse est de 182 kt. La commande de roulis et les palonniers sont à gauche. La commande de profondeur est à cabrer. La position du PHR est de 2,3° à cabrer.

A partir de 22 h 53 min 52 s, la gouverne de profondeur reste braquée à des valeurs supérieures à 9,8°. Le braquage maximum, 16,9° à cabrer, est enregistré à 22 h 53 min 53 s.

Les enregistrements du FDR et du CVR se terminent entre 22 h 53 min 54 s et 22 h 53 min 55 s. Les dernières valeurs enregistrées des paramètres suivants sont :

- Assiette longitudinale: 15° à cabrer
- Inclinaison latérale: 21° à droite
- Vitesse: 185 kt
- hauteur radiosonde: 65 ft

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

### 1.12.1 Description du site

Les principaux éléments de l'épave ont été retrouvés à environ 20 km au nord de l'aéroport, dans une zone située à un peu plus de 6 km au large de la côte Nord de la Grande Comore. Les profondeurs à cet endroit sont de l'ordre de 1 200 m et la pente des fonds marins atteint par endroit 30%.



Figure 6 : Situation de l'épave

### 1.12.2 *Survivante, débris de l'avion et corps repérés à proximité de la zone d'impact*

Les secours dépêchés sur la zone de l'accident ont permis de retrouver puis récupérer une survivante. Des corps ont été repérés mais n'ont pas pu être récupérés. Des débris de l'avion ont été repérés et repêchés dans une zone d'une longueur d'environ 50 km située au nord du point d'impact. Les principaux débris récupérés sont :

- des coussins de siège cabine
- des morceaux de gaine du système de conditionnement d'air de la cabine

#### Éléments repêchés





### **1.12.3 Eléments de l'avion et corps retrouvés en Tanzanie, au Kenya et aux Comores**

En Tanzanie sur l'île de Mafia et Tanga, 12 corps et des débris de l'appareil ont été retrouvés.

Des parties de corps ont été également repêchées faisant un total de 25 corps; 27 morceaux de débris de l'appareil ont été retrouvés.

Des débris retrouvés à Bamburi au Kenya, situé environ 900km du lieu de l'accident. Ces débris ont été retrouvés le 09 juillet 2009, soit dix jours après l'accident. Cela indique que les débris ont dérivé à une vitesse de 2kt en moyenne



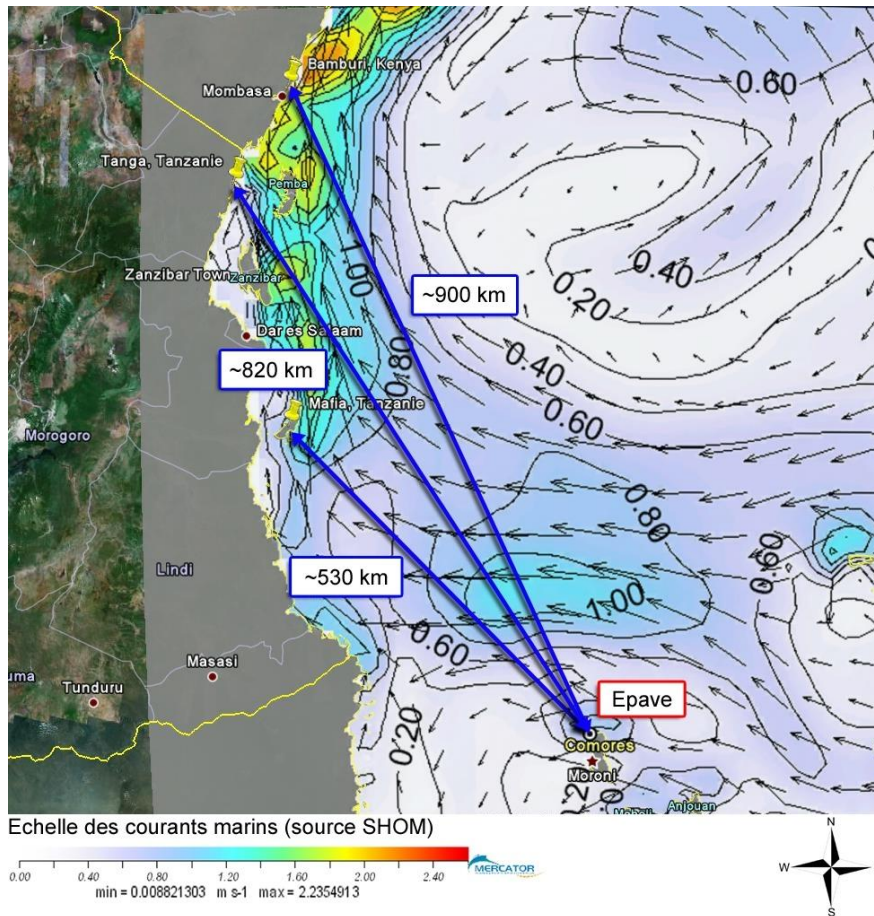


Figure 7 : positionnement des corps et débris retrouvés sur le continent et courants marins

### Débris retrouvés à Bamburi

Les principales pièces retrouvées à Bamburi sont les suivantes :

- carénage du rail de volet numéro 5 de l'aile gauche,
- porte de toilette arrière.

### Débris retrouvés à Tanga

Tanga est situé à environ 820 km du lieu de l'accident. La date à laquelle les débris ont été retrouvés est inconnue. Les pièces retrouvées sont essentiellement des parties de compartiments à bagages.

### Débris retrouvés sur l'île de Mafia

L'île de Mafia est située à environ 530 km du lieu de l'accident. Les débris ont été retrouvés à partir du 6 juillet 2009, soit 7 jours après l'accident.

Les principales pièces retrouvées sur l'île de Mafia sont les suivantes :

- partie du bord d'attaque de la dérive
- partie intérieure d'un inverseur de poussée
- partie extérieure d'une nacelle moteur
- parties du plafond et du plancher cargo
- partie du volet externe de l'aile droite
- tôle provenant du bord d'attaque d'une aile
- toboggan d'évacuation central gauche
- partie du revêtement intérieur de l'issue de secours gauche

- partie de l'issue de secours droite
- morceau de plancher cabine
- mécanisme et portes de compartiments à bagages
- aspirateur
- gilets de sauvetage non gonflés, avec les systèmes de gonflage non utilisés
- conteneur à oxygène renfermant l'oxygène chimique et 3 masques
- morceaux de gaine du système de conditionnement d'air de la cabine
- armoire de rangement du poste de pilotage

Les débris retrouvés sur les côtes tanzaniennes et kenyanes ne présentaient aucune trace apparente d'incendie ou d'explosion.

### Débris retrouvés aux Comores

04 débris pièces moteur récupérés dans l'empennage vertical au cours d'inspection des débris à Moroni portaient des points noirs et les paramètres moteur ne présentaient aucune anomalie tout au long des phases du vol IY 626 jusqu'à l'impact.















### 1.12.4 Répartition de l'épave

La zone dans laquelle ont été retrouvés les éléments de l'épave situés au fond de l'eau s'étend sur environ 670 m du nord au sud et 420 m d'ouest en est, ce qui représente une surface d'environ 281 400 m<sup>2</sup>. La répartition des principaux éléments de l'épave est représentée dans la figure qui suit :

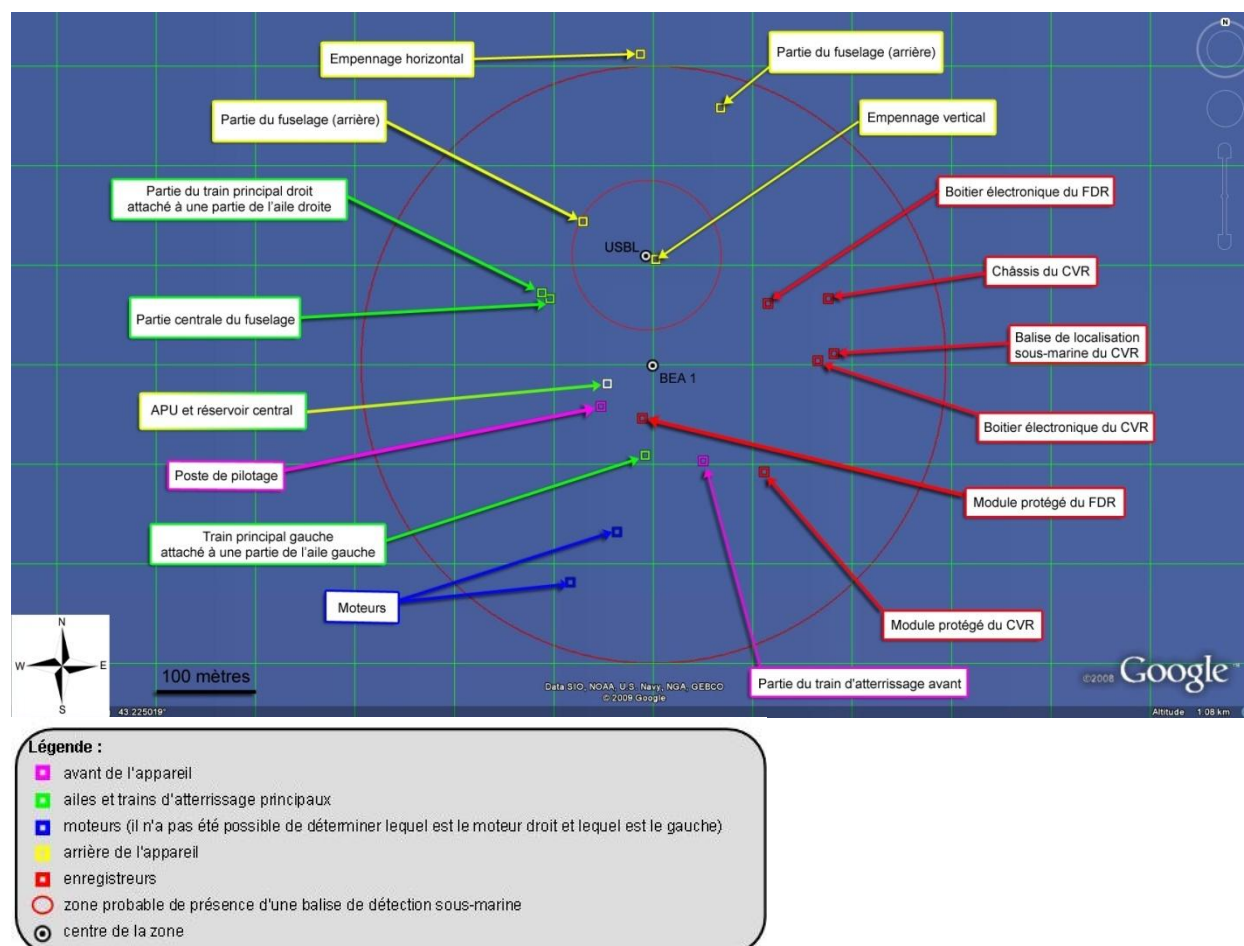


figure 8 : principaux éléments de l'épave

Le point « BEA 1 » est le centre d'un cercle de 300m de rayon qui constituait lors de la phase de localisation la zone de présence probable d'une balise de détection sous-marine. Le point USBL est le centre d'un cercle de 75 m de rayon, résultat de recherches complémentaires réalisées avec d'autres types de moyens de détection (cf. annexe 7).

La balise du CVR se situe à 140 m du module protégé sur lequel elle était fixée, soit à 180 m du point BEA 1 et à 210 m du point USBL. Les modules protégés du FDR et du CVR sont éloignés de 130 m. La figure suivante illustre ces données.

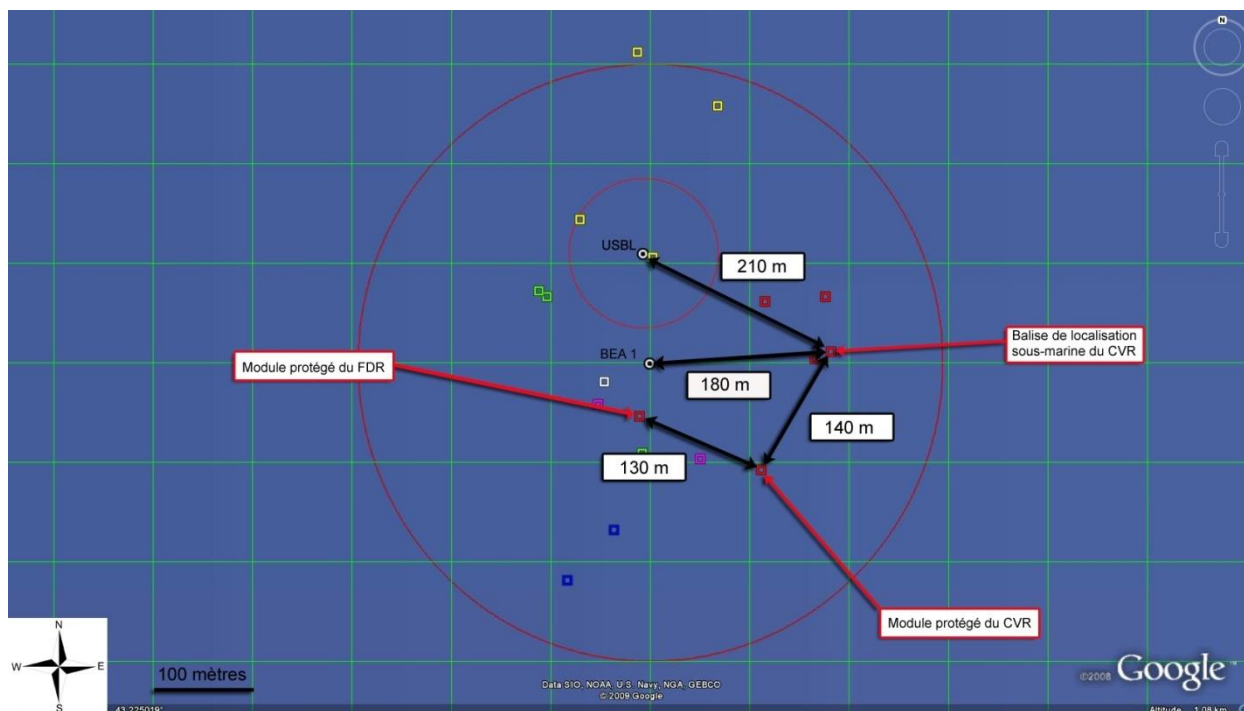


figure 9 : distances entre différents éléments des enregistreurs

### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Les rapports médicaux d'examens de corps pratiqués en Tanzanie et aux Comores donnent des indications sur les causes des décès des personnes correspondantes. La plupart sont dus à la décélération brutale au moment de l'impact avec la mer, mais, pour certains, le décès est consécutif à une noyade. Dans un cas l'existence de brûlures est précisée, sans que l'on puisse conclure sur l'origine de ces brûlures

Les résultats de l'autopsie et de l'examen des corps, suivant Rapport d'expertise médico-légale N°5612/EX/ATO/189/09 et Rapports d'autopsie des corps des victimes retrouvées en Tanzanie sous référence D001596 ont relaté dans la plupart des victimes soit décès par :

- Poly traumatisme
- Noyade

## 1.14 Incendie

Aucun indice d'incendie préalable à l'impact n'a été mis en évidence. Les résultats des autopsies et des examens des corps n'ont pas révélés des décès par brûlure.

## 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

L'avion de Comores Aviation aurait repéré des corps et des débris. Arrivés à l'endroit indiqué l'équipe à bord du bateau Sima Com, a repéré une personne vivante et un corps. A 08 h 00 des moyens aériens français et américains ont sillonné les lieux de recherches.

### 1.15.1 Aspects relatifs à la survie des occupants

#### 1.15.1.1-Chronologies SAR

Lorsque le contrôleur de la Tour a appelé 4 fois l'avion et n'a pas obtenu de réponse, il a déclenché la phase de détresse en activant l'alarme (alerte). Il a contacté toutes les autorités joignables et a transmis l'information à la FIR Antananarivo, DAR-Es Salam, le Yémen et Gillot Saint Denis de la Réunion.

Son dernier contact avec l'avion se situe à 22H 51 mn. Le contrôleur confirme deux minutes plus tard qu'il a vu une vague circulaire autour de la zone d'impact.

Cette vague avait une couleur genre rouge ou rose au Nord Ouest de l'Aéroport.

Une fois la phase de détresse déclenchée, le plan d'urgence national a été activé.

La cellule de crise opérationnelle s'est installée au niveau de l'Aéroport International Moroni Prince Said Ibrahim et a immédiatement pris les mesures suivantes :

- Réquisition des plusieurs embarcations pour les recherches en mer.
- 01 h 20 min, départ des bateaux du port de Moroni dû aux conditions de l'état de la mer très agitée.
- Un vol de reconnaissance a survolé les lieux de l'impact à 03h 30mn TU
- 07 h 30 min, les bateaux sont dirigés vers le Nord Ouest de Mitsamiouli.
- 08 h 40 min, des débris de l'avion et des effets personnels ont été repérés.
- 09h 00, la tour de contrôle de l'Aéroport International Moroni Prince Said Ibrahim a appelé les bateaux pour donner une autre position de recherche dictée par l'avion de la compagnie Comores Aviation.
- Le dispositif a été complété par la mise en place d'un poste d'intervention rapide avancé au niveau de la plage de Galawa, près de lieu de l'impact et était doté de moyens médicaux pour la prise en charge des éventuels survivants et des corps.

Une équipe de plongeurs avait sillonné les profondeurs des côtes pour les recherches. La zone présumée de l'accident a été confinée, sécurisée et le transfert des victimes aux hôpitaux a été planifié.

Un autre dispositif a été mis en place au niveau du Centre des Opérations de Secours et de la Protection Civile (**COSEP**).

Une cellule d'accueil et d'information des familles a été instituée avec des numéros verts.

- Une cellule de conservation et d'identification des corps a été mise en place.

A la fin de la journée du mardi 30 juin 2009, la cellule de crise constatant que les recherches en mer et aériennes devenaient infructueuses et a établi la conclusion ci-après : « l'avion devrait être intact et gardait dans sa carlingue les bagages et les corps ».

A la suite de ce constat, la coordination a décidé d'orienter les recherches sur la localisation de l'épave qui devrait se trouver sur une zone située au Nord de l'Aéroport International Moroni prince Said Ibrahim entre Ntsawéni et Djomani.

- Une survivante a été repérée et repêchée
- Quatre corps repérés mais n'ont pas pu être repêchés
- Quelques effets personnels repérés et certains repêchés
- Quelques débris de l'avion repérés et quelques uns repêchés.

Les moyens suivants ont été mobilisés au cours de l'opération recherche et sauvetage.

- **Moyens maritimes :**

- ✓ 9 navires ;
- ✓ 7 Zodiacs ;
- ✓ 20 vedettes rapides.
- ✓ 1 patrouilleur malgache (Atsantsa), une frégate italienne (Maestrale) détachés de l'opération ATALENTE ont renforcé les moyens.

- **Moyens aériens :**

- ✓ 1 BAe 142 – Comores Aviation ;
- ✓ 1 Transall C 160 et 1 Hélicoptère (Forces Armées Françaises) ;
- ✓ 1 Hercule C 130 USA AIR
- ✓ Du matériel médical
- ✓ Des sacs mortuaires
- ✓ Des draps
- ✓ Des vivres

*1.15.1.2 Siège occupé par la survivante.*

La survivante dit avoir occupé le siège **23C**. Elle dit n'avoir pas constaté d'anomalie au cours du voyage. A l'annonce de l'atterrissage, elle dit avoir attaché sa ceinture de sécurité et avoir remarqué que l'avion tremblait fortement. Elle se sentait brûlée.

Par la suite, l'appareil est tombé dans l'eau, elle n'a pas eu le temps de prendre un gilet et ne sait pas comment elle s'est trouvée dedans. Elle s'est accrochée à un morceau de l'avion pour flotter.

## **1.16 Essais et recherches**

Les autorités comoriennes ont confié les opérations de recherche en mer des enregistreurs de vol, des corps et de l'épave au BEA.

### **1.16.1 La survivante**

Après le déclenchement des opérations de recherche, le bateau SIMA COM a quitté le port de Moroni vers 00 h 30 mn du matin du 30/06/2009 vers le nord de l'île de la Grande Comore. A 06 heures, le bateau a reçu des instructions radio de la tour de contrôle de Moroni Hahaya de suivre la direction de l'Avion de la compagnie « Comores Aviation ». Il a suivi la trajectoire de l'avion et à 08 heures, ils ont découvert la jeune fille accrochée à un débris de l'appareil. Voyant le bateau, elle a lâché son sauvetage et s'est mise à nager. Un matelot a plongé pour la sauver. Arrivés au niveau du bateau, ses compagnons leur ont lancé une bouée pour monter à bord.

Il s'agit d'une fille de 13 ans, une des passagers du vol IY626, seule rescapée du crash.

### 1.16.2 Localisation des balises de détection sous-marine des enregistreurs de vol

Les balises de détection sous-marine équipant les enregistreurs de vol (CVR et FDR) émettent un signal de fréquence 37,5 kHz toutes les secondes dès qu'elles sont immergées. Leur durée d'émission réglementaire est d'au moins trente jours si leur date de péremption n'est pas dépassée.

Le compte-rendu des différents essais effectués pour localiser ces balises est disponible en annexe 7.

### 1.16.3 Récupération des enregistreurs de vol, corps et éléments d'épaves

Le BEA a choisi le navire l'EDT ARES affrété par la société Phoenix pour mener à bien le travail de localisation et récupération. L'EDT ARES est un navire équipé, entre autres, de moyens de levage (grues) et d'un système de positionnement dynamique qui permet l'emploi d'un robot sous-marin télécommandé (ROV). Le ROV employé est de type Remora 6000.

Le navire fait route du 3 août au 20 août de Limassol (Chypre) à Moroni. Le travail sur zone commence le 21 août au matin. Au cours de cette mission une soixantaine de corps ont été remontés à bord du bateau.

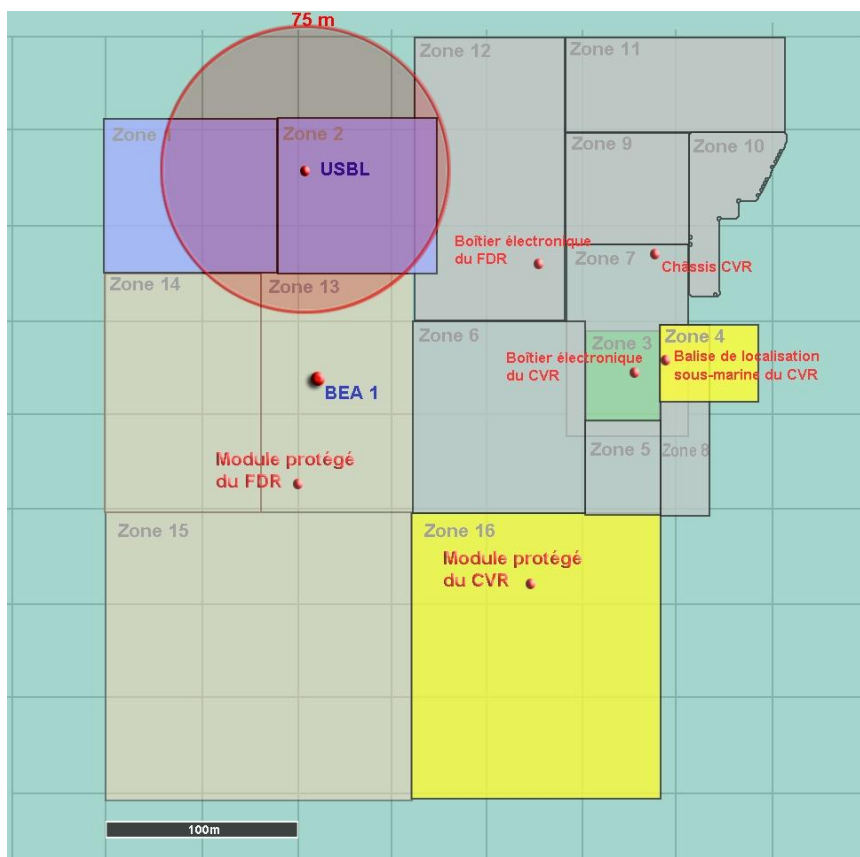


figure 10 : zones explorées par le ROV lors des recherches des enregistreurs de vol

Les zones 1 à 12 ont été explorées du 21 au 27 août. Le boîtier protégé du FDR a été retrouvé dans la nuit du 27 au 28 août dans la zone 13<sup>26</sup>. Les zones 14 et 15 ont été parcourues le 27 août. Le boîtier protégé du CVR a été retrouvé dans la nuit du 28 au 29 août dans la zone 16<sup>27</sup>.

Les boîtiers protégés du CVR et du FDR ont été transportés au BEA immédiatement après leur récupération.

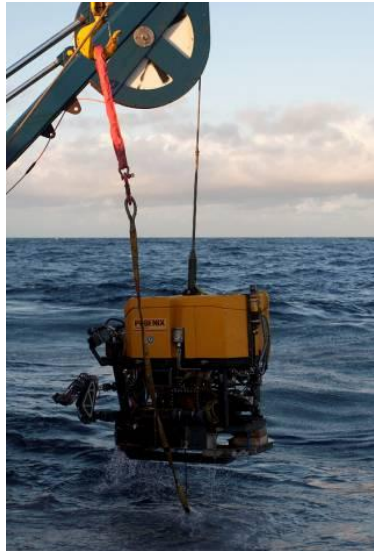


figure 11 : ROV Remora 6000 avant immersion

Le 8 septembre, vingt-cinq calculateurs équipés de mémoire non volatiles ont été récupérés.

Le 9 septembre, des pièces du mécanisme de verrouillage haut du train principal droit et de sa trappe ont été récupérées, ainsi que le train d'atterrissage avant.

Le 11 septembre, le mécanisme de verrouillage du train principal gauche, solidaire d'une partie de la structure, et le train d'atterrissage droit ont été récupérés.

La dérive a été remontée le 12 septembre.

Les divers débris récupérés ont été déchargés à Moroni le 14 septembre et placés dans un hangar.

27 des calculateurs ont été récupérés le 8 septembre 2009. Les calculateurs sont listés ci-dessous

Calculator	Serial Number
CABINE PRESSURE CONTROLLER	1059
EGPWC	EMK5-18894
RADIOALTIMETER	3283
VOR	5248
ILS	852
GCU	0268

<sup>26</sup> La balise de détection sous marine du FDR, désolidarisée du boîtier protégé, n'a pas été retrouvée.

<sup>27</sup> La balise de détection sous marine du CVR a été retrouvée désolidarisée du boîtier protégé.

GCU	6154
ADF	6145
ILS	333
CGCC	652
ADC	96102106
ADF	6097
DME	2393
DME	1261
EFIS SGU	1265
FMC	88081752
EFCU	
IRU	0597
IRU	0163
IRU	
BLACK BOX UNIDENTIFIED	
BLACK BOX UNIDENTIFIED (AFA)	
ECB APU	116-C0001
ADC	89070856
BLACK BOX UNIDENTIFIED LOOKING LIKE UNIDENTIFIED BLACK BOX (AFA)	
BLACK BOX UNIDENTIFIED	
FCC	1211

Une forte corrosion a été observée sur les calculateurs Ils ont été transférés et stockés dans le hangar avec les autres parties de l'épave. Les endommagements et la corrosion de ces équipements ne permettent pas d'en extraire des données utiles à l'enquête.

## 1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

### 1.17.1 Procédures de la compagnie Yemenia

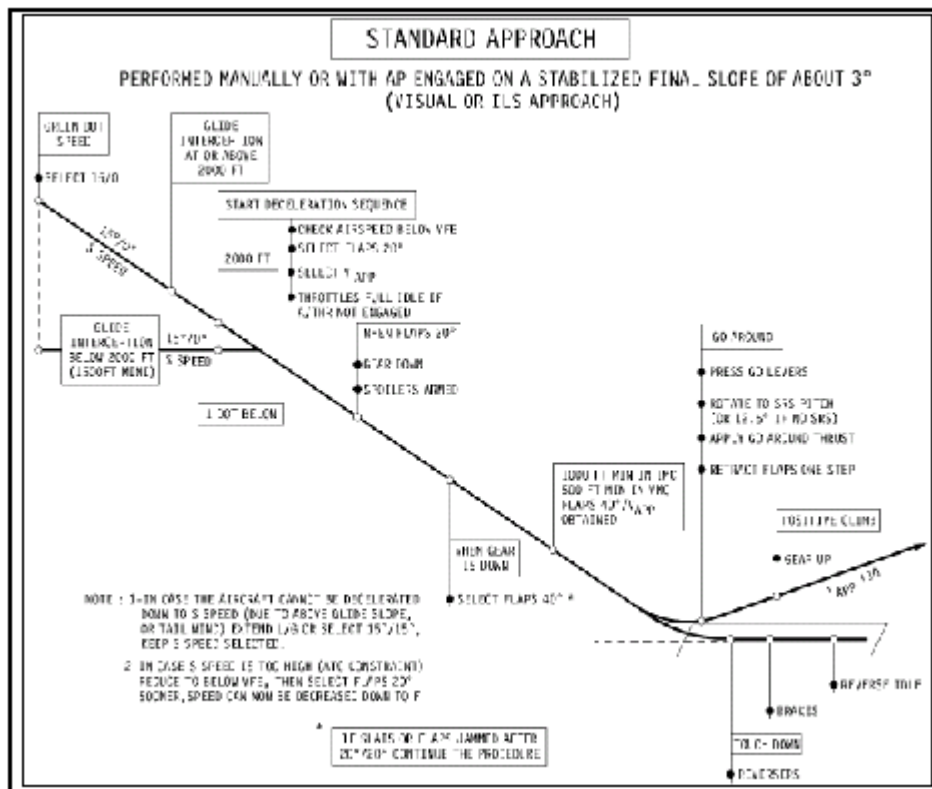
#### 1.17.1.1 Conduite du vol en approche

Les paragraphes suivants sont extraits du FCOM de la compagnie en raison de leur pertinence pour l'approche en vigueur à Moroni la nuit de l'accident. Elle combine une approche ILS et une manœuvre à vue imposée.

La limitation vent arrière à l'atterrissage est de 15 kt.



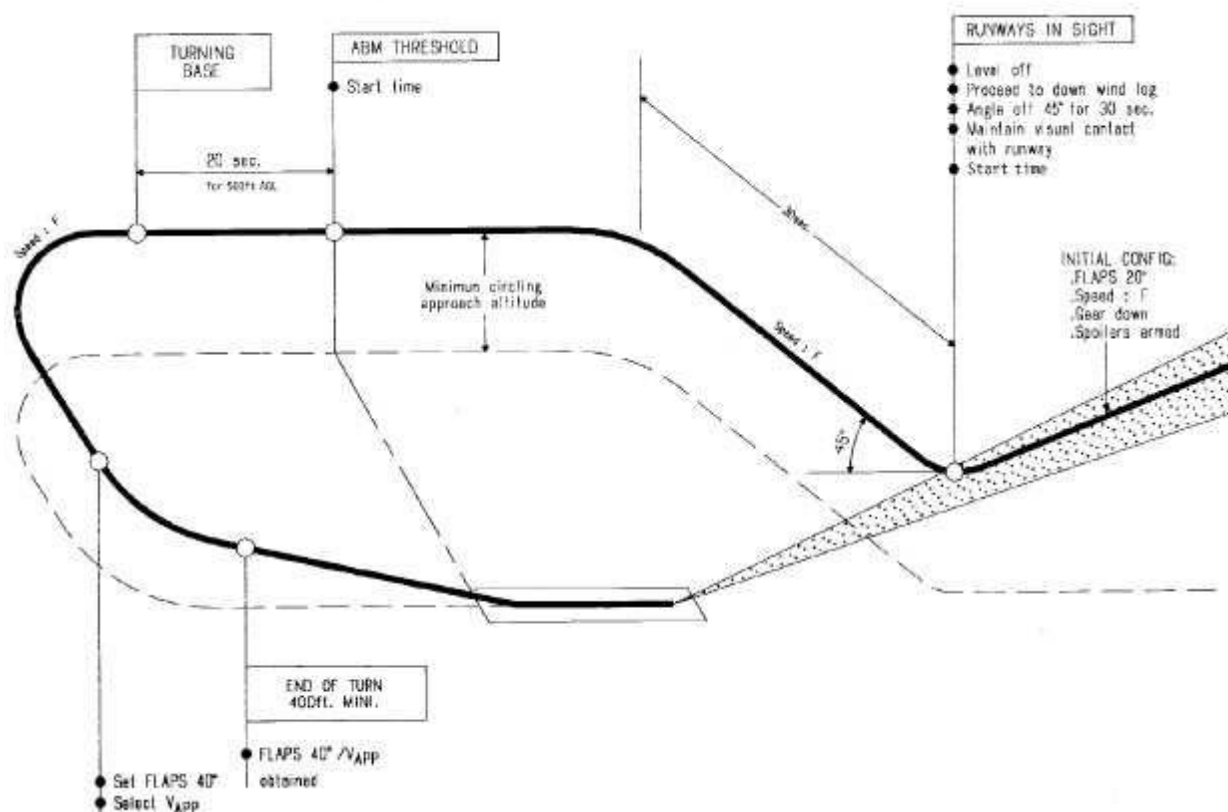
1.17.1.1.1 Conduite du vol lors d'une approche ILS  
 Le chapitre 2.3.18 p.4 du FCOM inclut le synoptique suivant :





### 1.17.1.1.2 Conduite du vol lors d'une manœuvre à vue

Le chapitre 2.03.20 p. 3 du FCOM décrit la procédure de manœuvre à vue comme suit :



Le chapitre 2.03.19 « Approche à vue » indique les principes généraux d'un circuit à vue :

- le pilote automatique devrait être déconnecté,
- l'utilisation du FPV est recommandée,
- l'utilisation de l'automanette est laissée à l'appréciation de l'équipage,
- le plan de vol actif devrait inclure la piste d'atterrissage et la branche vent arrière afin d'aider l'équipage à se positionner ; les points caractéristiques de la manœuvre à vue doivent dans ce cas être insérés manuellement par l'équipage.

Le manuel d'exploitation, partie A, précise que lorsqu'une manœuvre à vue est prévue, le briefing doit inclure l'éventualité d'une approche interrompue pendant la manœuvre si les références visuelles sont perdues. Il est également précisé que l'avion ne doit pas descendre en dessous des minima publiés par Jeppesen, arrondi au 100 pieds les plus proches. Cette altitude doit être maintenue jusqu'à l'interception du plan d'approche (environ 3°), en finale ou en étape de base.

### 1.17.1.1.3 Conduite du vol lors d'une remise de gaz

La page FCOM 2.03.23 illustrée ci-dessous décrit la procédure à appliquer en cas de remise de gaz. Elle comprend des actions classiques destinées à augmenter la poussée et l'assiette, et reconfigurer l'avion.


L'augmentation d'assiette fait l'objet d'une mise en garde sur le couple cabreur engendré par l'augmentation de poussée pouvant nécessiter une action à piquer sur la commande et le trim de profondeur pour éviter d'atteindre une assiette excessive.

La cible initiale d'assiette est de 18°. L'équipage ne devrait pas permettre à l'avion d'atteindre une assiette supérieure à 25°, qui engendre une perte de vitesse importante, et toute assiette supérieure à 20° devrait faire l'objet d'une annonce.

L'excursion d'autres paramètres doivent également faire l'objet d'une annonce.

La reconfiguration de l'avion doit se faire en deux temps :

- a rentrée d'un cran de volet à la mise en puissance,
- a rentrée des volets et becs pendant l'accélération, au dessus de l'altitude d'accélération défini dans le FMS pour la remise de gaz (en général à une hauteur de 1 500 ft<sup>28</sup>)

 <b>A310</b> <small>FLIGHT CREW OPERATING MANUAL</small>	<b>STANDARD OPERATING PROCEDURES</b>  <b>GO AROUND</b>	2.03.23 PAGE 1 REV 34 SEQ 001
---	--	-------------------------------------

**To initiate Go Around, simultaneously :**

R **Announce** ..... **"GO AROUND-FLAPS"**

R Announce GO AROUND. When "GO-AROUND-FLAPS" is called, PNF retracts FLAPS one step and announce the new FLAP position when indicated.

R **GO LEVERS** ..... **Trigger**

*Note : Triggering one GO LEVER is sufficient to initiate GO AROUND.*

**THROTTLE LEVERS** ..... **GO AROUND thrust**

Follow through on THROTTLE LEVERS if ATS is armed or manually set GO AROUND thrust if ATS is not armed.

**CAUTION**

PF should be ready to override or disconnect the autothrottle function in case of thrust asymmetry and to counteract aircraft yaw.

**ROTATION** ..... **Perform**

Rotate the aircraft at a rate of typically 3 degrees per seconds.

Set a 18 degrees pitch attitude then follow the SRS orders if available (not exceeding 18 degrees) or maintain 18 degrees.

As thrust increases, be prepared to counteract the thrust pitch-up moment.

Trim the aircraft nose down as required. The pitch attitude should not be allowed to develop beyond 25 degrees, as such a pitch attitude would result in a significant speed loss.

An immediate and firm elevator nose down command (together with a nose down pitch trim order) would allow to recover the target pitch attitude.

**FMA indication** ..... **Announce**

Check THR, GO AROUND

*Note : FMS CDU automatically switches to GO AROUND page.*

**FLAPS** ..... **Retract one step**

Announce new FLAP position when indicated.

**THRUST** ..... **Check/Adjust**

**Announce** ..... **"Positive climb"**

**Order** ..... **"GEAR UP"**

L/G ..... **UP**

**FLIGHT PARAMETERS** ..... **MONITOR**

Monitor :

- the airspeed and speed trend,
- the pitch attitude and bank angle
- the thrust increase (GA thrust on the TRP and on N1/EPR indicators).

A call out must be made in case of excessive deviation :

- speed dropping below VLS - 5 KT
- speed trend negative
- pitch attitude in excess of 20 degrees
- bank angle in excess of 15 degrees (30 degrees if the missed approach procedure requires a turn)
- significant thrust loss.

**NAV or HDG mode** ..... **Select**

**Announce** ..... **"GEAR UP"**

L/G ..... **Neutral**

**At thrust reduction altitude**

Set CL on TRP

**THROTTLES** ... **Check symmetrical retard movement**

*Note : In case of asymmetrical throttle retard movement, A/THR should be disconnected and thrust manually set.*

**At GA acceleration altitude**

**SPD/MACH** ..... **Select 250 Kt**

**LVL/CH** ..... **Select**

- Retract slats/flaps on schedule

**MISSED APPROACH PROCEDURE** ..... **Follow**

<sup>28</sup> Ce paramètre n'est pas enregistré dans le FDR.

### 1.17.1.2 Procédures d'urgence.

#### 1.17.1.2.1 Enhanced Ground proximity Warning System (EGPWS)

Le manuel d'exploitation, partie A, chapitre (8.3.5) précise que, lorsqu'une alarme EGPWS se déclenche de nuit ou en IMC, une remise de gaz doit être débutée sans délai. Ce même chapitre renvoie vers le FCOM « Emergency procedure » pour les procédures associées aux alarmes.

Le FCOM chapitre 2.04.34 précise que, de nuit ou en IMC l'équipage doit appliquer immédiatement les procédures :

■ **"PULL UP" – "TERRAIN TERRAIN PULL UP" – "TERRAIN AHEAD PULL UP" – "OBSTACLE AHEAD PULL UP"**

● **Simultaneously :**

AUTOPILOT . . . . .	DISCONNECT
PITCH ATTITUDE . . . . .	INITIALLY 20° NOSE UP
– Use Stick Shaker boundary as upper limit of pitch	
A/THR . . . . .	DISCONNECT
THROTTLES . . . . .	FULL FORWARD
SPEED BRAKES LEVER . . . . .	CHECK RETRACTED
BANK . . . . .	WINGS LEVEL OR ADJUST

● **When flight path is safe and GPWS warning ceases :**

- Decrease pitch attitude and accelerate.

● **When speed above  $V_{LS}$  and V/S positive :**

- Clean up aircraft as required.

■ **"TERRAIN TERRAIN" – "TOO LOW TERRAIN"**

- Adjust the flight path or initiate a go around.

■ **"SINK RATE"**

- Adjust pitch attitude and thrust to silence the warning.

Note : Une procédure encadrée est à réaliser de mémoire.

1.17.1.2.2 Procédure en cas d'alarme de décrochage (vibreur de manche)

Le FCOM 2.02.09 contient la procédure suivante :

<p><b>RECOVERY FROM STALL WARNING (STICK SHAKER)</b></p> <p>Whenever a stall warning (i. e. Stick Shaker activation) is experienced at low altitude, this should be considered as an immediate threat to maintaining a <b>safe flight path</b>.</p> <p>■ <b>At lift off :</b></p> <p>THRUST LEVERS . . . . . TOGA          PITCH ATTITUDE . . . . . 12.5°</p> <p><i>Note : When a safe flight path and speed are achieved and maintained, if stall warning is still activated, consider a spurious stall warning and refer to the procedure INADVERTENT STICK SHAKER (QRH 6.04).</i></p> <p>■ <b>During any other flight phases after lift off :</b></p> <p>THRUST LEVERS . . . . . TOGA          PITCH ATTITUDE . . . . . REDUCE</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><b>CAUTION</b></p> <p>If a risk of ground contact exists, do not reduce the pitch attitude more than necessary to allow airspeed to increase.</p> </div> <p>● <b>After initial recovery :</b></p> <p>Maintain the speed close to the stick shaker speed until it is safe to accelerate (closely monitor both the speed and the speed trend arrow)</p> <p>BANK ANGLE . . . . . WINGS LEVEL          SPEED BRAKES . . . . . CHECK RETRACTED</p> <p>● <b>If in clean configuration and below 20 000 ft :</b></p> <p>SLATS . . . . . EXTEND</p> <p>● <b>When out of stall and if no threat of ground contact :</b></p> <p>LANDING GEAR (If DOWN) . . . . . UP          Recover normal speed and select flaps as required</p>		<p>R R R</p>
--	--	----------------------

## **RECOVERY TECHNIQUES**

The techniques assume that the airplane is not stalled. If it is, recovery from the stall must be accomplished first.

### **Stall recovery :**

To recover from the stall, angle of attack must be reduced.

Nose down pitch control must be applied and maintained until wings are unstalled. Under certain conditions, it may be necessary to reduce thrust in order to increase the nose-down pitching moment necessary to reduce the angle of attack.

Once unstalled, upset recovery actions may be taken and thrust reapplied as needed.

#### *1.17.1.2.3 Procédure en cas d'attitude inusuelle de l'avion*

## **Recovery from nose high, high bank angle**

**Pilots must apply nose down elevator but maintain bank angle in order to quickly reduce pitch attitude. As the nose approaches the horizon, bank angle should be reduced to zero and pitch attitude adjusted to recover normal airspeed.**

#### *1.17.1.3 Classification des aéroports.*

Le manuel d'exploitation, partie A, chapitre (8.1.2.5) indique que les aérodromes fréquentés par la compagnie sont classés dans trois catégories, de A à C par ordre croissant de difficulté.

Dans la partie C, le manuel d'exploitation indique que l'aérodrome de Moroni est classé C ce qui implique les consignes suivantes, d'après la partie A, chapitre 8.1.2.5 :

- chaque membre d'équipage doit suivre une formation et un briefing avant d'effectuer un vol vers cette destination,
- le décollage et l'atterrissage doivent être effectués par le commandant de bord,
- une qualification spécifique est attribuée par un membre de l'encadrement de la compagnie. Sa période de validité est d'un an.

#### **1.17.1.4 Consignes pour l'aérodrome de Moroni.**

Les instructions suivantes sont extraites de la partie C du manuel (chapitre 3.28) :

**3.28.2 WARNINGS, CAUTIONS AND NOTES**

**Warnings :**

- Highest obstacle is situated south east of the airport, elevation 7850'.
- Another obstacle is situated north east of the airport, elevation 3566'.

**Cautions :**

- Turbulence and wind shear from Southeast may be expected in final Rwy 02.
- High terrain East of the Airport.

**3.28.3 ARRIVAL PROCEDURES**

Expect KINAN1V arrival. From DAR Control 123.3, you may request direct to position KINAN. Request descent clearance from ANTANARIVO on HF 8879, if no contact call Moroni Approach VHF 119.7. For landing on Rwy 20, follow precisely the prescribed flight tracks (circle-to land/19-1). During final turn to Rwy 20, make sure the flashing lights are always at your left. During Night Landing, you must confirm from the Tower that flashing lights are operative.

### **1.17.2 Le service du contrôle**

#### ***Consignes d'utilisation du balisage par les contrôleurs.***

Le manuel d'exploitation de la tour de contrôle, indique au chapitre 2.4.4.1, que les feux du balisage de piste doivent être allumés (basse intensité) quinze minutes avant l'heure estimée d'arrivée de l'avion. Le contrôleur augmente l'intensité à la demande du pilote.

Selon le chapitre 2.4.5, de nuit, le PAPI de la piste 20 doit être allumé au plus tard au commencement de la procédure d'approche aux instruments.

Selon le chapitre 2.4.6, les feux d'obstacles associés à l'approche ou au départ doivent être allumés dans les mêmes conditions que les feux de balisage de piste.

Un document hebdomadaire listant l'état de fonctionnement des équipements de l'aérodrome indique que les feux de Ntsaoueni et Domoni doivent être allumés environ une heure avant l'arrivée de l'avion.



## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Témoignages

#### 1.18.1.1 Le contrôleur aérien

Le contrôleur en poste au moment de l'accident indique que le transfert du vol IY626 entre les secteurs d'Antananarivo et de Moroni s'est déroulé normalement. L'équipage était autorisé à effectuer une approche VOR DME ILS piste 02. Le contrôleur a vu l'avion à la verticale lorsque celui-ci était en descente vers 8 000 ft. Il a régulièrement informé l'équipage de l'évolution du vent : la direction était stable (200-210°) mais la force était variable avec un maximum de 30 kt.

La piste 20 était en service. L'équipage s'est annoncé établi sur le localiser et le contrôleur lui a demandé de rappeler en vent arrière. Plus tard, l'équipage s'est annoncé en vent arrière. Le contrôleur indique qu'il avait alors l'avion en vue et que la visibilité était bonne (10 km) avec peu de nuages. La nuit était sombre, sans lune.

Il a demandé à l'équipage de rappeler en finale.

Deux à trois minutes plus tard, Il a aperçu alors une lumière à la surface de l'eau associée à ce qu'il pensait être des vagues. Immédiatement, il a rappelé par quatre fois l'équipage du vol IY626, sans obtenir de réponse. Il a alors compris que l'avion avait eu un accident et a prévenu les pompiers situés sur l'aérodrome. Les pompiers sont allés sur la piste et n'ont vu aucune trace de l'avion accidenté. Le contrôleur n'a rien entendu sur la fréquence 121,5 Mhz. Il a déclenché les procédures d'urgence.

En réponse à la question: « lorsque vous avez discuté sur la fréquence des feux à éclats, de quels feux parlez vous ? », il répond qu'il existait un NOTAM qui informait que les feux à éclat de seuil de piste ne fonctionnaient pas. Il indique que l'équipage ne lui a jamais demandé d'allumer les deux feux à éclats situés en dehors de l'enceinte de l'aérodrome. Il indique également qu'il ne peut les allumer de la tour de contrôle et que pour cela il doit demander à un technicien. Ce dernier doit se rendre sur place pour les allumer.

#### 1.18.1.2 La survivante

Ce paragraphe est une synthèse des différents témoignages donnés par la survivante les jours suivants l'accident.

Elle indique que lors de l'étape Sanaa-Moroni elle était assise sur le siège 23C. Le vol se déroulait normalement. Lors de l'arrivée à Moroni, elle a attaché sa ceinture de sécurité puis l'a serrée, conformément aux consignes de l'équipage. Elle a senti l'avion descendre, monter puis « trembler ». Elle a ressenti une décharge électrique puis s'est retrouvée dans l'eau sans savoir comment. Elle s'est ensuite agrippée à un morceau flottant qui contenait deux hublots. Elle entendait quelques personnes crier autour d'elle mais ne les a pas vues en raison de l'obscurité. Elle indique qu'il y avait beaucoup d'essence dans l'eau. Elle s'est endormie, toujours accrochée au morceau d'épave et s'est réveillée au petit matin. Elle a vu alors qu'il y avait beaucoup de vagues et qu'elle s'éloignait de la côte. Elle a encore aperçu des débris de l'avion mais n'entendait plus de cris. Plus tard dans la journée elle a entendu des personnes crier à bord d'un bateau qu'elle n'avait pas vu arriver. Elles lui ont envoyé une bouée. Elle a lâché le morceau d'épave et a commencé à nager. Un des occupants du bateau a sauté à l'eau et est venu à sa rencontre en nageant. Elle a ensuite pu monter à bord du bateau.

## 2. ANALYSE

L'analyse ci-dessous propose un scénario de l'accident principalement basé sur les données des enregistreurs de vol.

### 2.1 Scénario de l'accident

#### 2.1.1 Préparation de l'approche

Avant de débiter l'approche, le carburant disponible était d'environ 16 t, ce qui donnait la possibilité à l'équipage de rejoindre l'aérodrome de déroutement de Dar es Salam. Les performances de l'avion et la longueur de piste disponible à l'atterrissage à Moroni laissaient à l'équipage la possibilité d'atterrir indifféremment en piste 20 ou 02 dans la limite des 15 kt de vent arrière fixée par le constructeur et l'exploitant.

Les paramètres enregistrés montrent que l'équipage a vraisemblablement commencé à préparer l'approche vers 20 h 36 min, en réglant la fréquence de l'ILS HA ainsi que la fréquence du VOR

HAI sur les deux boîtiers VOR. L'axe du VOR 1 est réglé à 017°, valeur compatible avec l'axe d'approche 016°. L'axe du VOR 2 est réglé à 329°, correspondant probablement à l'axe de l'approche interrompue (330°).

#### Vent et piste en service

Les informations de vent contenues dans le TAF de Moroni, disponible en préparation du vol, rendaient probable la réalisation de la MVI.

Lors des premiers échanges avec l'équipage, le contrôleur fournit une première information de vent : 190° pour 15 kt. Cette valeur de vent est compatible avec les limitations vent arrière à l'atterrissage. Environ 25 minutes plus tard, alors que l'avion débute la descente, le contrôleur indique que l'approche en service est la VOR DME ILS piste 02.

L'équipage peut alors se préparer à effectuer une approche ILS suivie d'un atterrissage sur la piste 02.

Vers 22 h 35 min, le contrôleur donne une mise à jour du vent : force 8 kt rafales à 25 kt puis, vers 22 h 39 min demande à l'équipage de rappeler établi sur le localizer pour un circuit main droite pour la piste 20 avec un dernier vent du 210° pour 30 kt. C'est à ce moment-là que l'équipage reçoit clairement l'indication par le contrôleur qu'il sera très probablement amené à réaliser une manœuvre à vue imposée pour atterrir sur la piste 20. L'équipage est alors à 8 000 ft et à environ une minute du début de la procédure d'approche. Il n'a pas été possible de déterminer si l'équipage a tenté de programmer le FMS en insérant manuellement les points caractéristiques de la MVI ainsi que le seuil de la piste 20, tel que recommandé par l'exploitant et le constructeur et si oui, à quel moment du vol.

Dans la suite de l'approche, les demandes répétées de l'équipage relatives aux informations de vent peuvent indiquer qu'il a voulu, jusqu'en finale, se ménager la possibilité d'atterrir en piste 02.



### Aides lumineuses

Après avoir reçu l'instruction du contrôleur d'effectuer la MVI pour la piste 20, l'équipage demande une confirmation de l'allumage des « flashing light » pour la piste 20. Le contrôleur répond « I'm afraid not ». L'équipage demande confirmation qu'il s'agit bien des « flashing light runway 20 beacon ». Le contrôleur confirme qu'ils ne sont pas en service. Le contrôleur fait référence aux feux à éclat de seuil de piste alors que l'équipage, de son côté, mentionne probablement les feux à éclats d'obstacle de Ntsaoueni et Domoni utilisés pour baliser le dernier virage de la MVI.

En effet, l'équipage est déjà informé par NOTAM que les feux à éclat de seuil de piste ne fonctionnent pas ; d'autre part les consignes de la carte d'approche, reprises par l'exploitant, demandent à ce qu'il s'assure que les feux à éclats d'obstacle de Ntsaoueni et Domoni sont bien allumés. Il y a donc probablement un quiproquo entre le contrôleur et l'équipage sur l'identification des feux.

Au terme de cette conversation, compte tenu de la certitude exprimée par le contrôleur, l'équipage considère vraisemblablement que les feux de Domoni et Ntsaoueni sont éteints. Il demande alors l'intensité maximale du balisage de piste, ce qui explique qu'il anticipe des difficultés à repérer la piste.

En l'absence de NOTAM indiquant le non fonctionnement du feu de Ntsaoueni, le pilote n'avait pas pu, à la préparation du vol, anticiper une décision sur la conduite à tenir dans ce cas. Il a été confronté, de manière inattendue, à la nécessité d'évaluer lui-même et dans un temps limité, les conséquences de cette indisponibilité sur la poursuite de l'approche.

En effet, même si les consignes de l'AIP et de l'exploitant sous-entendent que ces équipements sont nécessaires à la réalisation de l'approche, elles n'indiquent pas explicitement que l'équipage doit renoncer à l'approche si ces derniers sont éteints. Ainsi, la découverte du non fonctionnement des feux de Ntsaoueni et Domoni constituait pour l'équipage une difficulté supplémentaire pour effectuer le dernier virage, dans un environnement nocturne sans lune, avec peu de repères visuels, et à proximité du relief de l'île.

## *2.1.2 Réalisation de l'approche*

### Sur l'ILS entre 3000 et 1600ft

A partir de 22 h 47 min, alors que l'avion s'établit sur le localizer, l'équipage sollicite le contrôleur pour obtenir les dernières informations de vent sur les deux QFU. Cela peut indiquer une certaine réticence de la part de l'équipage à effectuer la MVI et qu'il espère encore une approche directe en 02. Les valeurs de vent transmises pour la piste 02, supérieures à 20 kt, l'amènent vraisemblablement à renoncer définitivement à l'approche directe. Juste après ces échanges plusieurs changements de modes du pilote automatique interviennent sur l'ILS et sont la conséquence d'actions de l'équipage. Les raisons de ces changements n'ont pas été clairement établies. Ils peuvent être liés à ce changement de projet d'action pour effectuer la MVI (activation du mode HDG/S puis du mode NAV, puis ré-engagement du mode LAND). Ils ont cependant peu d'influence sur la trajectoire de l'avion, qui reste proche de l'axe du localizer et du plan du glide, mais indiquent probablement une certaine hésitation quant à la conduite du vol à tenir pour la suite de l'approche.

Pendant la descente, la configuration de l'avion (bec à 15°, volets rentrés) a pour conséquence de limiter la réduction de la vitesse indiquée : celle-ci reste proche de 180 kt malgré une vitesse sélectionnée de 170 kt. Compte tenu des 30 kt de vent arrière, la vitesse sol sur l'ILS est élevée, proche de 210 kt, accélérant le rythme des événements.

Palier à 1 600 ft, remise en descente puis ouverture pour la MVI

Vers 1 600 ft l'équipage stoppe la descente par un appui sur le bouton ALT HLD à 22 h 48 min 56 s. Il a pu souhaiter effectuer ce palier pour ralentir et configurer l'avion pour la manœuvre à vue : il diminue la vitesse sélectionnée, sort le train d'atterrissage, puis les volets vers 15°. Il modifie successivement l'altitude sélectionnée, initialement 3 000ft, à 1 000 ft puis à 0 ft et engage le mode V/S, en tirant sur le bouton rotateur V/S<sup>29</sup>. La vitesse verticale sélectionnée passe successivement de -500 ft/min à -800 ft/min, puis -1 100 ft/min après la sélection d'une altitude de 3 000 ft par l'équipage. Les changements successifs d'altitude sélectionnée, notamment l'affichage d'une valeur nulle, semblent indiquer une manipulation involontaire du bouton rotateur ALT SEL :

- soit à la place du bouton rotateur de cap pour tourner à gauche, car l'avion est proche de HA, repère défini pour l'ouverture,
- soit à la place du bouton rotateur de vitesse verticale dans l'optique de descendre vers la MDA. Le retour à la valeur initiale de 3 000 ft semble indiquer une identification et une correction de cette erreur. En effet, cette valeur n'a pas de justification opérationnelle, l'altitude prévue de remise de gaz étant 8 000 ft. Comme l'altitude courante est inférieure à cette consigne de 3 000 ft et que le mode V/S est engagé en descente, une intervention de l'équipage sera indispensable pour stopper la descente. Le maintien d'une vitesse verticale de descente indique probablement la volonté de poursuivre la descente vers la MDA.

Une dizaine de secondes plus tard, à 22 h 49 min 41 s, l'équipage débute le virage d'ouverture vers la gauche par une action sur le rotateur de cap et une activation du mode HDG/S, afin de rejoindre la branche vent arrière de la MVI. L'avion est à cet instant à une altitude de 1 280 ft, en descente, et a passé le repère d'ouverture HA depuis 16 secondes<sup>30</sup>

①

---

<sup>29</sup> Une autre possibilité pour engager le mode V/S serait d'appuyer à nouveau sur ALT HLD. Dans ce cas la vitesse verticale sélectionnée serait la vitesse verticale courante, ce qui ne correspond pas aux paramètres enregistrés dans lesquels la vitesse verticale sélectionnée est de -500 ft/min lors de l'engagement du mode V/S alors que la vitesse verticale de l'avion est proche de zéro.

<sup>30</sup> L'AIP mentionne la présence d'une radioborne extérieure co-implantée avec le locator HA. La réception de son signal n'est enregistrée ni dans le FDR ni CVR. L'enquête n'a pas permis de savoir si cet équipement fonctionnait.



Figure 12 : trajectographie

Réalisation de la MVI

Descente sur la branche d'ouverture

En raison de cette ouverture tardive, et avec comme facteur aggravant le fort vent arrière, la trajectoire de l'avion va se déporter nettement au nord de la trajectoire prescrite et l'avion aura dépassé la piste lorsque la trajectoire deviendra parallèle à la branche vent arrière. Il est fort probable que le commandant de bord, assis en place gauche, n'a pas pu voir la piste pendant cette phase de vol.

L'altitude sélectionnée passe de 3 000 ft à 2 000 ft puis 1 000 ft alors que l'avion passe 1 170 ft en descente. Ce changement de cible d'altitude peut être le symptôme de :

- la volonté d'effectuer un palier à une altitude proche de la MDA. Cette possibilité ne peut être exclue dans la mesure où c'est effectivement le résultat obtenu à 22 h 50 min 16 s.

Toutefois cette technique de mise en palier est inattendue dans la mesure où :

- elle ne correspond pas à la pratique recommandée, qui est un appui sur le bouton ALT HLD
- la mise en palier précédente à 1 600 ft a été effectuée plus simplement par un appui sur ALT HLD,

- les multiples de 100 ft ne sont pas utilisés<sup>31</sup>,
- bien que ne présentant pas de danger immédiat en raison du survol de la mer, un palier volontaire sous la MDA constituerait un écart aux pratiques de référence.

- ou d'une action, là encore erronée, sur le rotateur d'altitude à la place du rotateur de cap ; en effet, le PF a pu vouloir diminuer son cap pour corriger l'ouverture tardive. Le retour à la sélection de 3 000 ft, comme la fois précédente, semble là aussi indiquer une correction d'erreur.

Dans la même logique, l'engagement du mode vertical V/S avec une vitesse verticale sélectionnée de -500 ft/min, observée 5 secondes après la mise en palier à 1 000 ft, peut correspondre à la volonté de revenir à la situation précédente (descente)<sup>32</sup>. Cette intention témoignerait alors de l'absence de conscience de l'altitude, l'avion se trouvant sous la MDA et l'équipage n'ayant à cet instant aucune raison de descendre. En effet il est probable que l'équipage est alors occupé par la gestion latérale de la trajectoire incluant le maintien, ou la recherche du contact visuel avec la piste, rendu difficile par la faible hauteur et le cap d'éloignement. Il est possible que son attention soit consacrée à ces tâches au détriment de la surveillance de l'altitude.

#### Désengagement du PA et début de la branche vent arrière

Vers 800 ft, à 22 h 50 min 44 s, toujours en descente, l'équipage désengage le pilote automatique, sélectionne un cap de 014° (correspondant sensiblement à celui de la branche vent arrière) et fait virer l'avion pour rejoindre la branche vent arrière. L'avion est alors quasiment sur le radial 248° du VOR HAI, matérialisant le début de la branche vent arrière. Lors du virage, en l'absence d'actions à cabrer significatives, l'assiette de l'avion diminue vers une valeur proche de 0° ce qui a pour conséquence de diminuer la vitesse verticale vers -2 000 ft/min. Le directeur de vol restant engagé lors de cette phase de vol, sa barre horizontale fournit des indications permettant de suivre un taux de descente de -500 ft/min, requérant donc des actions à cabrer. Il est assez probable que, durant le virage, le PF a cherché à voir la piste, que jusque là il n'avait pas pu voir, et ne regardait donc pas ses instruments.

Cette diminution de la vitesse verticale à faible hauteur entraîne l'apparition d'alarmes GPWS.

L'équipage réagit à deux alarmes SINK RATE, puis à deux alarmes PULL UP, en augmentant l'assiette de l'avion et en annulant l'inclinaison. L'avion reprend de l'altitude après avoir atteint un point bas à 350 ft radiosonde <sup>2</sup>. Le PF semble piloter en tangage en suivant sensiblement la barre horizontale du DV, qui lui fournit toujours des indications pour descendre à un taux de - 500 ft/min et reprend ensuite le virage à droite pour s'aligner sur la branche vent arrière<sup>33</sup>.

<sup>31</sup> Note : sans utilisation des multiples de 100 ft du bouton ALT SEL, l'altitude la plus proche des minimas que le système peut capturer est 1 000 ft ; il y avait pour l'équipage la possibilité de se stabiliser à l'altitude exacte des minimas (1 230 ft) en appuyant sur le bouton ALT HLD à l'approche de cette altitude.

<sup>32</sup> Le fonctionnement normal des automatismes ne permet pas d'expliquer cette valeur de -500 ft/min autrement que par une sélection manuelle de l'équipage.

<sup>33</sup> La barre verticale du DV, qui fournit à l'équipage des indications pour aligner le cap de l'avion avec le cap sélectionné de 014°, a pu constituer une aide au pilotage dans cet objectif.

Comme pendant le virage précédent, l'avion se remet en descente et la vitesse verticale atteint environ -1 000 ft/min probablement pour les mêmes raisons que précédemment. Les alarmes GPWS THREE HUNDRED puis TOO LOW TERRAIN retentissent. Réagissant à ces alarmes, le PF augmente l'assiette de l'avion vers 17° à cabrer et annule l'inclinaison ; l'avion a atteint un nouveau point bas à 160 ft radiosonde ③. Hormis lorsque le virage est établi, il semble que, dans cette phase, les actions du PF sont cohérentes avec les indications du DV aussi bien en latéral qu'en vertical. L'équipage semble n'avoir pas eu conscience que le mode vertical était inadapté à leur objectif de trajectoire pour la manœuvre à vue. La survenue des alarmes GPWS a permis à l'équipage de prendre conscience de sa faible hauteur. Il n'a cependant pas appliqué la procédure consécutive à une alarme GPWS PULL UP qui leur aurait permis de reprendre significativement de la hauteur et aurait mis un terme à l'approche.

### 2.1.3 Interruption de l'approche : de la rentrée du train d'atterrissage au décrochage

#### Rentrée du train d'atterrissage et accélération de la vitesse de vol

Alors que l'avion passe 400 ft en montée, l'équipage rentre le train d'atterrissage, annonce qu'il rappellera en « longue finale » puis sélectionne une altitude de 2 000 ft. L'avion se situe alors à proximité du radial 308° du VOR HAI matérialisant la fin de la branche vent arrière définie sur la carte d'approche ①. La rentrée du train indique sans aucun doute que l'équipage renonce à poursuivre l'approche et à tourner en dernier virage dans l'immédiat. Les alarmes GPWS et la difficulté probable à voir la piste ont vraisemblablement conduit l'équipage à considérer que la poursuite de l'approche était compromise à court terme. Le message radio de l'équipage indiquant qu'il rappellera en « longue finale » peut constituer un collationnement « mécanique » de la part du PNF de la dernière demande du contrôleur, retardé en raison des alarmes GPWS.

L'adjectif « longue », non employé par le contrôleur, indiquerait toutefois que l'équipage, ou tout au moins le PNF, a conscience qu'il ne peut pas virer en finale maintenant, mais qu'il n'a pas totalement renoncé à atterrir selon une autre stratégie qui n'est peut-être pas encore bien définie ni partagée avec le CdB.

L'équipage réagit à l'alarme de non sortie de train en approche en annulant l'alarme sonore correspondante puis engage le mode LVL/CH (avec l'altitude précédemment sélectionnée de 2 000 ft), ce qui va avoir pour effet d'augmenter la poussée des moteurs et modifier le mode vertical du DV. Ce dernier fournit des consignes afin de maintenir une vitesse de 160 kt. Le PA 1 est ensuite engagé. Simultanément, l'équipage commande une rentrée des volets vers 0° puis sélectionne une vitesse de 180 kt. Ces actions indiquent que l'équipage souhaite faire accélérer l'avion et qu'il a abandonné le projet de virer en finale.

Une diminution de l'altitude sélectionnée vers 0 ft va ensuite avoir pour conséquence une mise en descente de l'avion et un positionnement par l'ATHR des manettes de poussée sur ralenti. La sélection d'une vitesse de 210 kt va avoir pour effet de diminuer davantage l'assiette de l'avion.

L'équipage va ensuite commander la rentrée des bords de fuite vers 0° (14 nœuds) en-dessous de la vitesse et en dessous de l'altitude d'accélération habituelle puis afficher un cap sélectionné de 318°, ce qui va avoir pour effet de faire virer l'avion vers la gauche. Il est clair qu'à ce moment du vol l'équipage est dans une stratégie d'interruption de l'approche avec la volonté de poursuivre l'accélération de l'avion et de probablement rejoindre la trajectoire d'approche interrompue. Il n'a certainement pas de raison à cet instant de diminuer l'altitude de l'avion. Comme à plusieurs reprises auparavant, cette diminution de l'altitude sélectionnée vers une valeur aberrante était probablement une erreur de manipulation, ce que semble confirmer la diminution du cap sélectionné effectuée dans les instants qui ont suivi. La volonté de rejoindre la trajectoire de remise de gaz (le radial du VOR n° 2 est sur



329°) pourrait expliquer cette intention de diminuer le cap sélectionné. L'équipage n'a probablement pas perçu la mise en descente progressive de l'avion dans cette phase du vol, avec une manette de poussée qui recule lentement à la vitesse de 1°/s, ni la réduction du régime des moteurs audible dans l'enregistrement du CVR. Il convient de rappeler que la lecture du FMA est le principal moyen pour un équipage de vérifier les modes des automatismes qui doivent également être annoncés. L'intelligibilité insuffisante de l'enregistrement du CVR ne permet pas de savoir si ou comment l'équipage s'est livré à cette vérification pendant toute la durée de l'approche. En tout état de cause, cette mise en descente n'est probablement pas volontaire et l'équipage n'en prend pas immédiatement conscience.

L'enchaînement très rapide des actions, la difficulté de réaliser la procédure MVI de nuit sans repère visuel et par fort vent arrière ainsi que la présence d'alarmes génère probablement un stress et rendent la compréhension de l'ensemble des états du système automatique du vol très difficile pour l'équipage.

#### Déclenchement de la protection alpha floor et décrochage.

Le passage en dessous de la hauteur de 750 ft<sup>34</sup> va de nouveau générer le déclenchement de l'alarme sonore de non sortie du train <sup>5</sup>. L'équipage, qui prend alors conscience que l'avion est à faible hauteur et en descente, va réagir en désengageant le pilote automatique et en appliquant une action à cabrer. Avec un avion en configuration lisse (becs à 0°), une vitesse inférieure à la VLS, une incidence qui augmente, la protection alpha floor va se déclencher.

La procédure du constructeur relative à la remise de gaz (voir 1.13.1.1.3) mentionne une mise en garde sur le pilotage de l'assiette. L'augmentation de poussée engendre un effet cabreur qui requiert une action à piquer appropriée sur la commande et le trim de profondeur. En l'occurrence, aucune action à piquer n'est enregistrée dans cette période où l'assiette augmente jusqu'à 27°.

Les conditions de déclenchement de l'alarme de décrochage sont réunies une seconde après le déclenchement de la protection alpha floor. Par conséquent, le vibreur de manche est théoriquement<sup>35</sup> activé. L'alarme sonore de décrochage est inhibée par celle de désengagement du pilote automatique<sup>36</sup>. L'équipage poursuivra ses actions en positionnant les manettes de poussée sur TOGA 3 s plus tard. Cette action sur les manettes de poussée correspond à une action attendue dans la procédure de décrochage. On peut donc l'interpréter comme une prise en compte par le PF de l'activation du vibreur de manche. La seconde action attendue est une diminution d'assiette que le PF ne commande pas, et ce jusqu'à la fin du vol, probablement par crainte de mettre l'avion en descente et de heurter la mer. Il est aussi possible qu'il n'ait pas conscience que l'assiette de l'avion est excessive alors que son attention se porte sur le contrôle de l'avion en roulis. L'avion demeure dans une situation de décrochage jusqu'à l'impact avec la mer.

---

<sup>34</sup> Combiné au fait qu'au moins une manette de poussée est sur la position ralenti vol et l'autre ne soit pas sur TOGA

<sup>35</sup> L'enquête n'a pas permis de confirmer le déclenchement du vibreur de manche sur la base des Enregistreurs, le « buffet » signe du décrochage est toutefois perceptible dans l'enregistrement du CVR.

<sup>36</sup> L'alarme sonore du pilote automatique étant prioritaire sur l'alarme sonore de décrochage, celle-ci ne sera audible que 46 secondes plus tard, lorsque l'équipage annulera la première.

## 3 – CONCLUSIONS

### 3.1 Faits établis par l'enquête

Sur la base des éléments rassemblés au cours de l'enquête, les faits suivants ont été établis :

- l'équipage détenait les licences nécessaires pour effectuer le vol,
- l'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité,
- l'avion avait décollé de Sanaa sans problème technique connu autre que le problème relatif à l'APU cité ci-après et celui de l'indicateur de température du carburant sur l'ECAM gauche qui ne fonctionnait pas,
- l'avion avait décollé de Sanaa avec un retard dû à une pression d'air générée par l'APU insuffisante, nécessitant le recours à un groupe de parc pour démarrer les moteurs ; cela n'a pas engendré de conséquences opérationnelles pour le vol autre que celles dues au retard,
- aucun problème n'a été signalé par l'équipage lors de ses contacts avec le contrôleur de Moroni,
- aucun dysfonctionnement d'un équipement de l'avion n'a été identifié à l'issue de l'exploitation des enregistreurs,
- la carte d'approche mentionnait que l'équipage devait, de nuit, s'assurer auprès de la tour que les deux feux à éclats fonctionnaient,
- le feu à éclats de Domoni n'était pas allumé au moment de l'approche ; celui de Ntsaoueni n'était pas en état de fonctionnement,
- aucun NOTAM indiquant que le feu de Ntsaoueni n'était pas en état de fonctionnement n'avait été émis,
- lors de la procédure d'approche VOR DME ILS piste 02 suivie de la MVI pour la piste 20, l'avion a quitté l'axe du localizer 0,86 NM après le point publié,
- lors de la manœuvre à vue, l'avion est descendu sous la MDA de la MVI,
- Dans la partie C du Manuel d'exploitation de la compagnie Yemenia, il était indiqué que l'aérodrome de Moroni est classé C. ce qui impliquait que chaque membre d'équipage devait suivre une formation et un briefing avant d'effectuer un vol vers cette destination. Le dossier de l'équipage, mis à disposition de la commission d'enquête ne contient pas de mention de cette qualification spécifique.
- des alarmes GPWS SINK RATE, PULL UP puis TOO LOW TERRAIN ont été générées ; la hauteur radiosonde minimale enregistrée dans cette phase de vol est de 161 ft ; la procédure consécutive à l'alarme PULL UP n'a pas été appliquée par l'équipage,
- l'équipage a rentré successivement le train, les volets et les becs,

- la protection en incidence « Alpha floor », puis quelques secondes plus tard l'alarme de décrochage, se sont déclenchées ; l'assiette de l'avion évoluait alors à des valeurs élevées, comprises entre 16° et 28°, tandis que l'altitude est restée inférieure à 1 100 ft,
- l'avion a décroché à une altitude d'environ 1 000 ft sans que l'équipage ne soit parvenu à en récupérer le contrôle, puis a heurté la surface de l'eau.
- Les deux moteurs tournaient à la puissance du décollage au moment de l'impact ; ce qui implique qu'il n'y a pas eu de défaillance des moteurs jusqu'à l'impact.
- La mauvaise qualité d'enregistrement du microphone d'ambiance, n'a pas permis de comprendre les échanges verbaux entre les pilotes au cours de l'approche.
- La rescapée a été récupérée environ douze heures après la survenue de l'accident par un bateau réquisitionné pour les recherches des occupants de l'avion.

### 3.2 Causes

L'accident est dû à des actions inadaptées de l'équipage sur les commandes de vol ayant amené l'avion dans une situation de décrochage qui n'a pas été récupérée. Ces actions ont été consécutives à une manœuvre à vue non stabilisée, au cours de laquelle de nombreuses et différentes alarmes relatives à la proximité du sol, à la configuration de l'avion et à l'approche du décrochage se sont déclenchées. L'équipage dont l'attention était focalisée sur la gestion de la trajectoire de l'avion et le repérage de la piste, n'a probablement pas eu les ressources mentales suffisamment disponibles, dans cette situation de stress, pour réagir de façon adéquate aux différentes alarmes.

Ont contribué à l'accident

- Les conditions météorologiques présentes sur l'aéroport (des rafales de vent avoisinant les 30 kts).
- L'absence d'entraînement ou le briefing de l'équipage avant l'exécution de vol sur Moroni conformément au manuel d'exploitation de la compagnie Yemenia, au regard de l'hésitation du pilote à exécuter la MVI (aucun des documents remis à l'enquête n'illustre ces formations).
- La non exécution de la manœuvre MVI par l'équipage (l'avion a quitté l'axe du LOC après le point publié qui est de 5,2NM), ce qui implique que l'équipage a tardé l'ouverture pour rejoindre la branche vent arrière droite.
- La non application de la procédure consécutive à l'alarme PULL UP par l'équipage .



## 4 – RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Conformément à l'annexe 13 à la Convention de Chicago, le seul objectif d'une enquête est de prévenir les accidents et les incidents. Cependant le but de ces recommandations est de prévenir d'autres accidents similaires.

L'ASECNA dans sa mise à jour du 8 avril 2010 de la carte d'approche de la MVI pour la piste 20 à Moroni, a ôté les références aux feux à éclats d'obstacle cause manque de pièces de rechanges. L'ASECNA a de plus ajouté une référence à un axe VOR (qui n'est pas une substitution des feux à éclats d'obstacles) à ne pas dépasser au cours du dernier virage mais la manœuvre MVI reste inchangée. La commission d'enquête estime donc qu'il n'est plus nécessaire d'émettre de recommandation relative à la carte d'approche et au fonctionnement des feux à éclats.

### 4.1 Recherches et sauvetage :

Les premiers bateaux utilisés lors de la recherche et le sauvetage des occupants de l'avion ont quitté le port de Moroni, situé à environ 20 NM du lieu de l'accident, vers 1H20 soit environ 2H30 après l'accident. Il s'agissait de bateaux réquisitionnés, peu adaptés à ce type de recherche et à la récupération des rescapés. La survivante n'a été récupéré qu'environ 12 heures après la survenue de l'accident.

L'existence de moyens matériels et humains de secours en mer dédiés et basés à proximité de l'aérodrome aurait probablement pu permettre une recherche plus efficace et ainsi une arrivée plus rapide sur les lieux de l'accident.

En conséquence, la commission d'enquête recommande :

**Que les autorités comoriennes mettent en place des moyens de secours permanents adaptés à la recherche et au sauvetage consécutif à un accident d'avion survenant en mer à proximité des aérodromes.**

### 4.2 Formation des équipages :

La compagnie Yemenia considère que l'aérodrome de Moroni présente des difficultés particulières et nécessite un entraînement et une qualification spécifiques. L'enquête n'a pas permis de déterminer si les équipages sont correctement entraînés à réaliser la procédure MVI de nuit à Moroni. Elle a cependant montré que cet équipage n'a pas été en mesure dans les conditions de l'accident de suivre de façon adéquate cette procédure. Il n'a pas non plus réagi de façon adaptée aux différents alarmes rencontrés dans cette phase de vol et a placé l'avion dans une situation de décrochage qu'il n'est pas parvenu à récupérer.

En conséquence, la commission d'enquête recommande

**Que les autorités du Yemen s'assurent que tous les équipages effectuant des vols sur Moroni soient correctement entraînés à la réalisation de la procédure MVI,**

**Que les autorités du Yemen fassent une revue des conditions d'entraînement des pilotes de Yemenia, en particulier sur leur capacité à réagir aux situations d'urgences.**

## **5 - LISTE DES ANNEXES**

### **ANNEXE 1**

Renseignements complémentaires sur les caractéristiques de l'avion

### **ANNEXE 2**

Carte d'approche VOR/DME ILS piste 02 et procédure d'arrivée (AIP)

### **ANNEXE 3**

Manœuvre à vue imposée piste 20 (carte Jeppesen)

### **ANNEXE 4**

Transcription des radiocommunications du contrôle de Moroni

### **ANNEXE 5**

Courbes FDR

### **ANNEXE 6**

Transcription du CVR

### **ANNEXE 7**

Localisation des balises de détection sous-marine et bathymétrie

### **ANNEXE 8**

**Correspondances**

### **ANNEXE 9**

**Commentaires du Yemen**

## ANNEXE 1

### Renseignements complémentaires sur les caractéristiques de l'avion

#### S speed, F speed et VLS

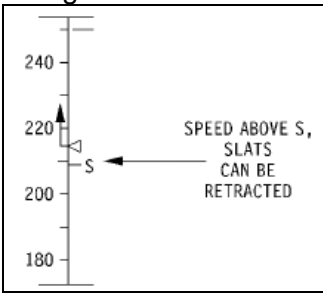
Le tableau suivant donne les vitesses maximales en fonction de la configuration (FCOM 2.01.20 page 2) :

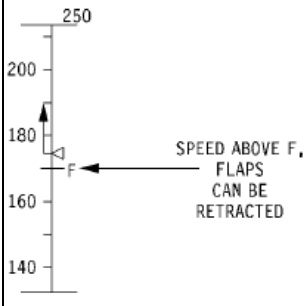
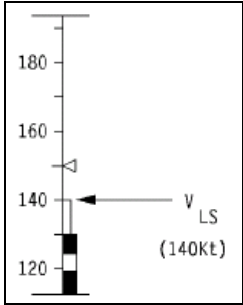
	SLATS	FLAPS	SPEED (IAS)
TAKEOFF	15	0	245 KT
TAKEOFF AND APPROACH	15	15	210 KT
TAKEOFF, APPROACH AND LANDING	20	20	195 KT
LANDING	20	20	195 KT
	30	40	180 KT

Ces valeurs sont affichées sur l'indicateur de position des becs et volets.

La vitesse de décrochage en configuration lisse (0/0), à 1g et à 120 tonnes est de 154 nœuds.

« S Speed » désigne la vitesse minimum à laquelle les becs peuvent être rentrés, « F speed » la vitesse minimum à laquelle les volets peuvent être rentrés (FCOM 2.02.01). VLS désigne la plus faible vitesse pouvant être prise en compte par l'automanette. En dehors de la phase de décollage, elle vaut 1,3 fois la vitesse de décrochage, à 1g, de la configuration considérée.

	Calcul	Représentation sur l'échelle des vitesses du PFD	Valeur à 120t
<b>S speed</b>	1,25 fois la vitesse de décrochage à 1g en configuration 0/0	Uniquement lorsque l'avion est en configuration 15/0 	193 nœuds
<b>F speed</b>	1,25 fois la vitesse de décrochage à 1g en configuration 15/0	Uniquement lorsque l'avion est en configuration 15/15 ou 20/20	154 nœuds

			
<b>VLS</b>	1,3 fois la vitesse de décrochage à 1g de la configuration considérée	Quelque soit la configuration, limite supérieure de la bande ambre le long de l'échelle de vitesse sur le PFD 	En configuration 0/0 : 200 nœuds  En configuration 15/0 : 160 nœuds

## Systemes avion

### Alarmes

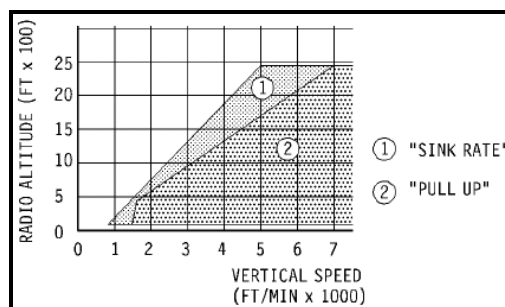
Lorsque les conditions d'une alarme sont réunies, celle-ci est portée à la connaissance de l'équipage de manière sonore et/ou visuelle.

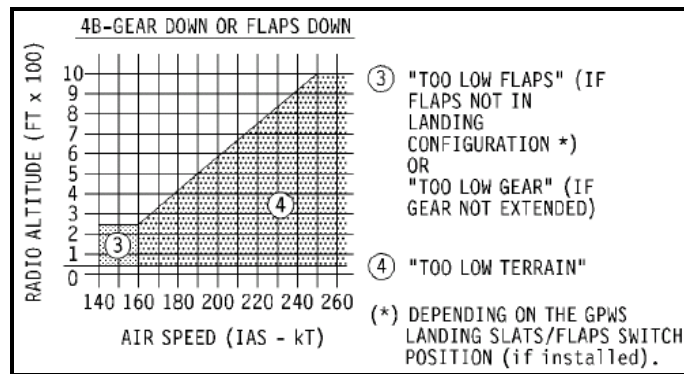
Les alarmes peuvent être acquittées par une action de l'équipage. Elles sont annulées automatiquement lorsque les conditions qui les déclenchent ne sont plus réunies.

On décrit ci-dessous les alarmes associées à certains événements :

- **alarmes EGPWS**

Les alarmes sonores SINK RATE et TOO LOW TERRAIN sont générées dans les conditions suivantes (FCOM 1.10.80) :





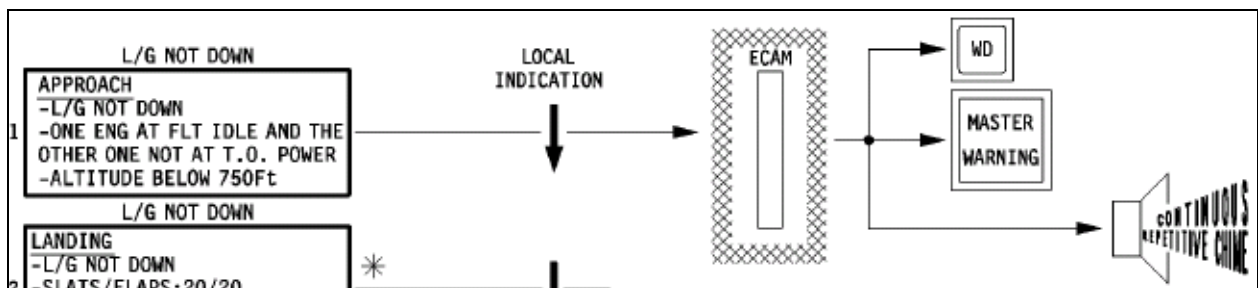
Lorsque ces alarmes sonores sont émises, chacun des deux voyants PULL UP - GPWS s'allume. Ils sont situés à proximité des deux PFD.

Toutes les alarmes sonores du GPWS peuvent être annulées en actionnant l'interrupteur « EMER audio cancel ». Cet interrupteur est gardé. Son utilisation doit permettre d'annuler une alarme sonore qui se déclenche intempestivement.

- **déconnexion du pilote automatique**

Lors de la déconnexion du pilote automatique, le « Master warning » s'allume et une alarme sonore « calvary charge » est émise. Cette dernière peut-être annulée par un appui sur le bouton « AP instinctive disconnect » situé sur l'un ou l'autre volant.

- **train non sorti en approche (FCOM 1.14.20 9/10)**



Lorsque les conditions décrites dans le schéma ci-dessus sont réunies, un message L/G NOT DOWN apparaît en rouge à l'ECAM gauche. Le MASTER WARNING s'allume. L'alarme sonore (CRC, « Continuous Repetitive Chime ») peut être acquittée en appuyant sur le bouton NORM CANCEL, par un appui sur le MASTER WARNING ou par un appui sur le bouton EMER CANCEL.

- **alarme de décrochage (FCOM 1.10.93)**

Lorsque l'incidence dépasse 10° en configuration lisse (17,5° si les becs sont sortis) :

- l'alarme sonore « Cricket » se déclenche,
- le vibreur de manche se déclenche.

Le « Cricket » peut être annulé en actionnant l'interrupteur EMER CANCEL.

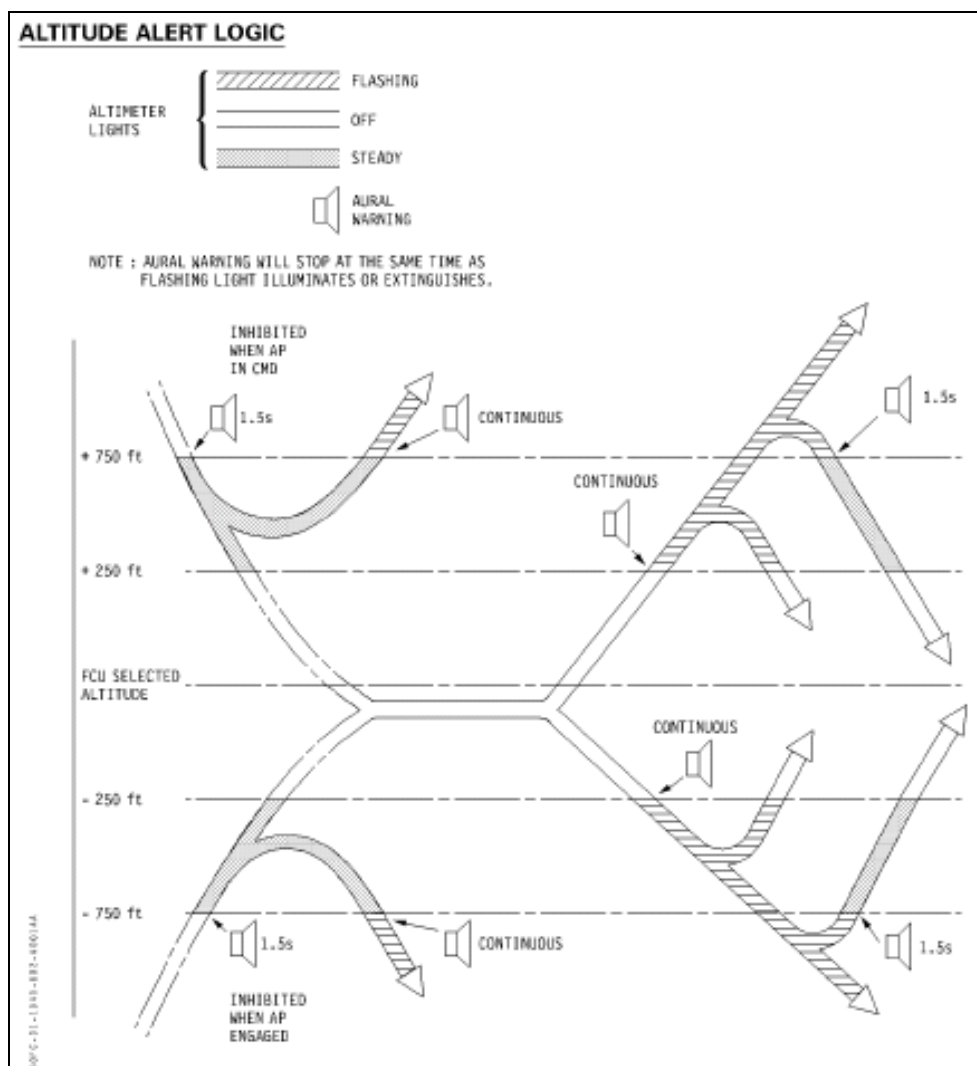
- **alarme altitude** (FCOM 1.10.41)

Le schéma ci-dessous illustre les conditions et les alarmes visuelles (lampe sur les altimètres) et sonores (« C chord ») associées à l'approche ou au départ d'une altitude sélectionnée sur le FCU. Ces alarmes sont inhibées, entre autres :

- lorsque les modes verticaux G/S et G/S\* sont engagés,
- ou lorsque les becs sont sortis et la manette du train en position DOWN.

L'alarme sonore peut être annulée par un appui sur le bouton EMER CANCEL.

La logique générale est indiquée dans le schéma suivant :



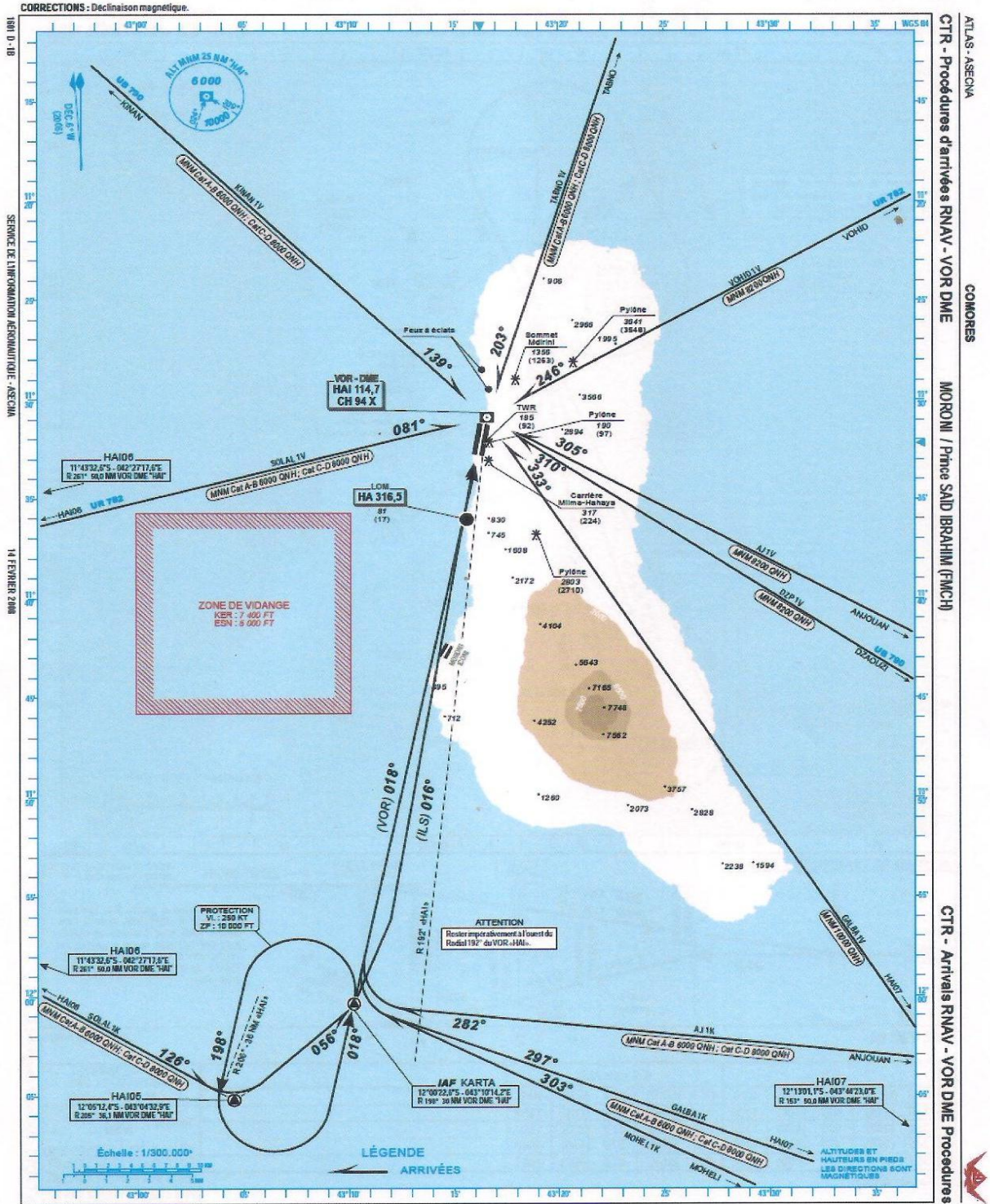
Dans le cas particulier d'un changement de mode vertical de GS (où le C chord est inhibé) à V/S dans la tranche d'altitude -250 / -750 ft, le C chord retentira de manière continue en passant -750 ft.





# PROCEDURE D'ARRIVEE

## Procédure d'arrivée



# ANNEXE 3

## Manceuvre à vue imposée piste 20 (carte Jeppesen)

Licensed to (unknown). Printed on 30 Jun 2009.

Notice: After 3 Jul 2009 0901Z, this chart may no longer be valid.

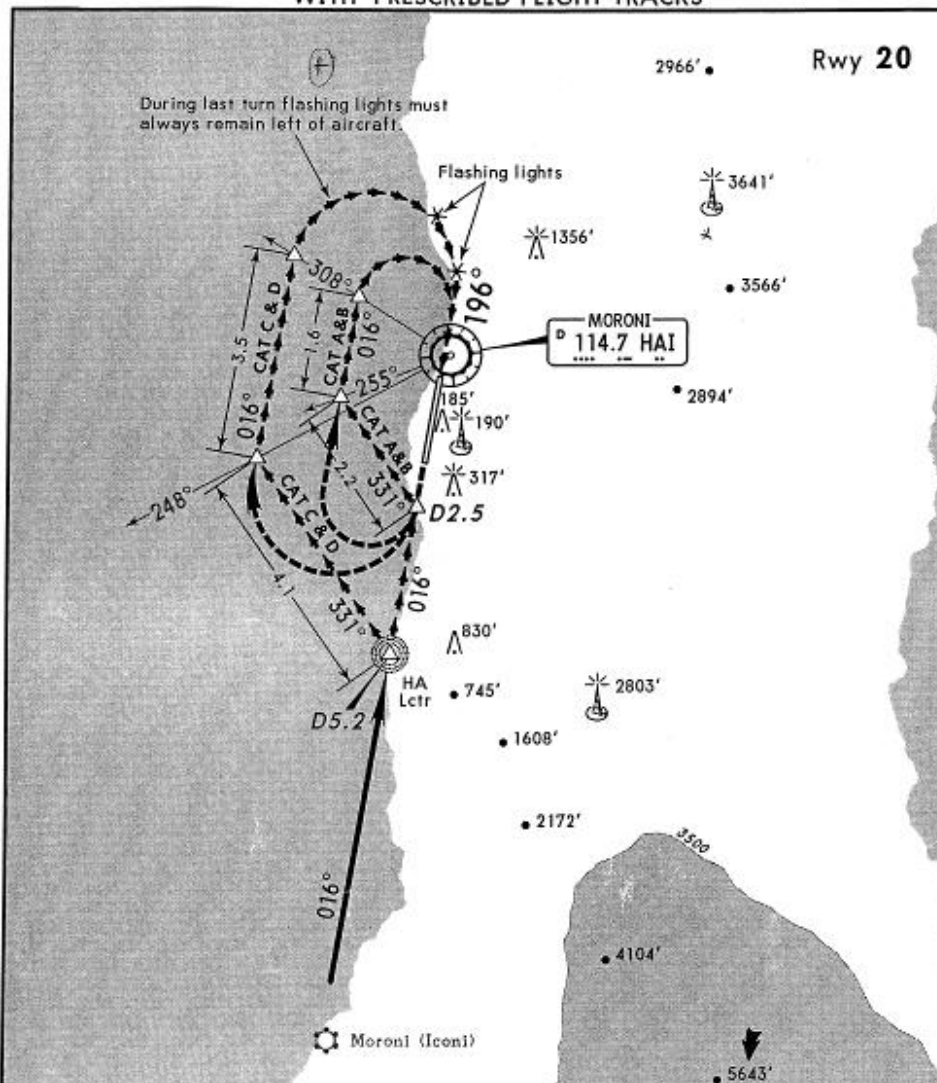
**JEPPESEN**  
e-Link 2.2.0.0

**FMCH/HAH**  
Apt Elev **93'**

**JEPPESEN**  
19 DEC 08 (19-10)

**MORONI, COMOROS**  
PRINCE SAÏD IBRAHIM

### CIRCLE-TO-LAND WITH PRESCRIBED FLIGHT TRACKS



Turbulence and wind-shear from Southeast may be expected on final rwy 02.

PANS OPS	Max Kts	After ILS or LOC (GS out) apch		After VOR DME apch	
		MDA(H)		MDA(H)	
A	100	<b>620'</b> (527')	1600m	<b>1080'</b> (987')	1600m
B	135				
C	180	<b>1230'</b> (1137')	2400m	<b>1230'</b> (1137')	2400m
D	205	<b>1230'</b> (1137')	3600m	<b>1230'</b> (1137')	3600m

**N** NIGHT LANDING: Confirmation from Tower required that flashing lights are operative.

CHANGES: None.

© JEPPESEN, 2003. ALL RIGHTS RESERVED.



## ANNEXE 4

### Transcription des radiocommunications du contrôle de Moroni

TRANSCRIPTION DE LA COMMUNICATION AIR/SOL A MORONI LE 30 JUIN 2009

Remarque :

MOR : MORONI TOUR/APP ;

TAN : TANA CONTROLE ;

IYE : YEMENIA

L'enregistreur est programmé en heure locale : UTC + 3 heures

Horaire UTC	DE	A	Libelle
215411			rrring, rrring
	MOR	TAN	Hello
	TAN	MOR	Veuillez copier le IYE 626
	MOR	TAN	oui
215427	TAN	MOR	Niveau 350 KINAN 2227 et Moroni à 2242 et pour la descente moi je n'ai pas de trafic connu s'il est libéré par DAR ES SALAM, il peut continuer avec toi.
215444	TAN	MOR	Allo tu as copié ?
	MOR	TAN	Eh, Bon maintenant j'ai retrouvé le strip. Tu peux répéter s'il vous plait ?
	TAN	MOR	Ok, il estime KINAN à 2227, niveau 350. Pour sa descente moi je n'ai pas de trafic s'il est libéré par DAR ES SALAM.
	MOR	TAN	Ok, bien reçu ktak
220046	IYE	MOR	Moroni IYE 626
220113	MOR	SLI	Nia 6
220121	MOR		Calling MORONI
	IYE	MOR	IYE 626 good morning 626, Sanaa to Moroni, level 350 ahhh ETA at, on board 2242 overhead ?overhead at 2241
220204	MOR	IYE	IYE eh hh say again, say again message please
	IYE	MOR	IYE 626 Sanaa to Moroni, level 350 Check position KINAN at, estimating overhead at 2241, check position KINAN, estimating KINAN at 2229 ETA at 2252
220257	MOR	IYE	IYE 626 copied copied your message so far and copy Moroni latest weather, wind 190°/15knots, er ..visibility 10km few 2000 feet T 24, DP 17 QNH 1018 report for descent.
221839	IYE	MOR	Moroni Yemenia 626
221904	IYE	MOR	Moroni Yemenia 626
	MOR	IYE	626 Go ahead
	IYE	MOR	626 we tried to call TANA, negative contact. Our top of descent will be at 2224 KINAN at 29.
221930	MOR	IYE	626 copied copied copied, then report for descent and I try to contact TANA
	IYE	MOR	Thank you very much Yemenia 626 Calling for descent

221950	MOR	TAN	Rrring rrring rrring
	TAN	MOR	Allo
	MOR	TAN	Oui c'est Moroni qui demande la descente pour le
	TAN	MOR	Pas de trafic
	MOR	TAN	Allo
	TAN MOR	MOR TAN	Oui, pas de trafic OK, parfait
222015	MOR	IYE626	From TANA, no reported traffic for leaving 350, report for descent
	IYE	MOR	Thank you, call you for descent IYE626
222419			shhhhhhhh
222430	SLI	MOR	Ah, La tour de flyco nous demandons l'accès à la piste s'il vous plait
	MOR	SLI	Oui, faut aller
	SLI	MOR	OK reçu
222502	IYE	MOR	Yemenia 626 request descent clearance now released from DAR
	MOR	IYE	Yemenia 626 copied, then descent to flight level 100 for approach VOR-DME ILS runway 02 KINAN 1V arrival, report at 25 nautical miles for lower.
	IYE	MOR	Descending flight level 100 for ILS runway 02 KINAN 1V call you 25 miles Yemenia 626
222640			shhhhhhhh
223116	SLI	MOR	Flyco runway vacated, there is no thing special
	MOR	SLI	Shht shht
	IYE	MOR	Yemenia 626 out of 24, descending 100
	MOR	IYE	Then, Continue descent 100 report 25 nautical miles
	IYE	MOR	We descend Flight level 100 call you 25 miles Yemenia 626
223454	IYE	MOR	Moroni Yemenia 626, approaching 25 miles shhhh descending 100, Yemenia 626
223521	IYE	MOR	Moroni Yemenia 626
	MOR	IYE	626 go head
	IYE	MOR	626 25 miles
	MOR	IYE	Ok, Copied, then continue descent to er 8000 feet QNH, report overhead ehhh outbound
	IYE	MOR	Clear for ILS confirm Call you overhead outbound Yemenia 626
	MOR	IYE	Shhh shhj
223600	MOR	IYE	And Yemenia 626
	IYE	MOR	Yes
	MOR	IYE626	Did You copy wind force, wind is going shhh from 8 knots gusting to 25 knots 25 knots maximum
	IYE	MOR	Shhh overhead runway in sight
	MOR	IYE	626 8000 feet overhead go ahead
	IYE	MOR	626 go head
	MOR	IYE	626 copied, then continue descent to 3000 feet QNH shhh, report inbound established on localizer and right turn circle for runway 20 runway 20 in use wind

			210°/30 knots, 30 knots of wind.
	IYE	MOR	Say the Wind direction? Wind direction?
	MOR	IYE	Wind direction 200°, 200°
	IYE	MOR	And gusting now?
	MOR	IYE	The speed erm from Shhh 17 knots to 30 knots
	IYE	MOR	Thank you and confirm the light er the flashing lights is on? Runway 20?
	MOR	IYE	Flash lights Runway 20 I am afraid not.
	IYE	MOR	No, I mean I'm looking for the light the flashing lights runway 20 beacon
	MOR	IYE	Yes I understand, understand but our field doesn't. it is not operative
	IYE	MOR	Can you make a maximum runway light runway light
	MOR	IYE	I will do,
	IYE	MOR	thank you
224103	MOR	IYE	Papi runway 20
	IYE	MOR	Say again
	MOR	IYE	We use papi, papi runway 20
	IYE	MOR	Roger Yemenia 626
224343	MOR	IYE	Yemenia 626 confirm total on board
	IYE	MOR	We have 142 passagers plus 11 crew
	MOR	IYE	Copied copied
224708	IYE	MOR	626 established on Localizer 02
	MOR	IYE	626 copied, report right hand down wind for runway 20
	IYE	MOR	Can you increase your voice please?
	MOR	IYE	Report right down wind runway 20
	IYE	MOR	What is the wind now?
	MOR	IYE	Say again
	IYE	MOR	Wind check?
	MOR	IYE	wind is 200°/20knots to 30knots
	IYE	MOR	roger Yemenia 626
	MOR	IYE	But on runway20 the wind is less strong it vary between 12 knots to 25 knots
224809	IYE	MOR	Say wind Direction on runway 20
	MOR	IYE	The wind direction 200°, 200°
	IYE	MOR	Runway 20?
	MOR	IYE	Affirm the wind runway 200° but at runway 20 the wind is less strong
	IYE	MOR	Thank you sir
			shhhhhhhhhh
225115	IYE	MOR	Right down wind Yemenia 626
	MOR	IYE	626 Report final
225213	IYE	MOR	We Call you long final 626
	IYE	MOR	626 roger
225411			Kchiii
225427	MOR	IYE	IYE 626 Moroni
			IYE 626 Moroni
			IYE 626 Moroni



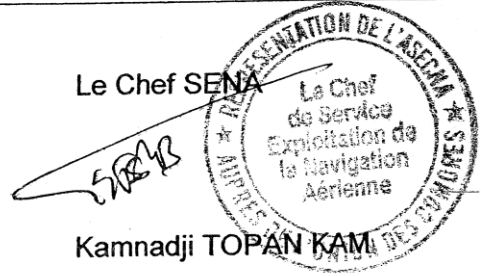
			IYE 626 Moroni
			IYE 626 Moroni
225455	MOR	SLI	Allo R8
	MOR	SLI	Flyco la tour
	MOR	SLi	Une visite de piste, apparemment apparemment, l'avion est tombé en mer là
225456	MOR	SLI	Flyco, R6, R8, la tour
	SLI	MOR	Ça c'est S3
	MOR	S3	Apparemment l'avion eh et le est tombé en mer là
225518	MOR	IYE	IYE 626 Moroni
			IYE 626 Moroni
			IYE 626 Moroni
225546			Piiiiiiii piiiiiiiiiii piiiiiiiiiii
	MOR	SSLI	R8 R9 débrouillez-vous vite - rapidement
	SSLI	MOR	On est en route
	MOR	SSLI	OK l'avion (eh) est apparemment tombé en mer là
			Pim pim pim
	MOR	SSLI	Allo, hama ye avio yiwu ho barini, ndé avio, ndé avio, nambeze mtsahé solution haraka, hama yiwu ho barini, tsiwono mbahidru yafanya bruit
			Rrring rrring
	MOR	IYE	IYE626 Moroni
	MOR	SSLI	Na nampveze, nampveze
			Rrring rring
	SSLI	MOR	La tour de S3 on ne voit pas du tout là, on ne voit pas du tout
	MOR	SSLI	J'ai dit : tomber en mer, en mer ; il est tombé en mer, en large, au large, au large (oh) vers la piste 20 au large quand il voulait tourner là
	SSLI	MOR	On est en route là
			rring rrring
225554	MOR	SSLI	R8 R9 débrouillez-vous vite rapidement, rapidement, l'avion est (eeeeeh) apparemment est tombé en mer là
	SSLI	MOR	On est en route là
	SSLI	MOR	Reçu
225620	MOR	IYE	IYE626 MORONI
225652	SSLI	MOR	La tour de S3, on ne le voit pas du tout là, on ne le voit pas du tout là exactement là
	MOR	SSLI	Il est tombé en mer, en mer ; il est tombé en mer, en mer, en large, au large, au large, siera, la piste 20 au large quand il voulait tourner là
	SSLI	MOR	On est au seuil 20 là



225720			Rrring rrring rrring rrring
			Rrring rrring rrikng
	TAN	MOR	Allo chhhhhh
	MOR	TANA	Allo, Allo Tana pour Moroni ; c'est pour information, il y a mon avion IYE quand il tournait en base il est tombé en mer
	TANA	MOR	A bon
	MOR	TANA	Oui Oui s'il vous plait si vous pouvez procéder déclenchement de phase, phase de détresse là, il est tombé en mer, il est tombé en mer en base. Donc je vous laisse pour que je m'en occupe d'autres personnes
	TANA MOR	MOR TANA	Donnez moi eh la position Il était en base pour prendre la vent arrière, bon pour prendre plutôt la, il était en vent arrière il tournait en base
			Silence
	TANA	MOR	Allo Moroni estimé à 50 euh donc Moroni vers .....
	MOR	TANA	Oui Oui
	SSLI	MOR	On ne le voit pas du tout, on ne le voit pas du tout, il est dans la mer
	MOR	SSLI	C'est ça ; j'ai dit, tonton, j'ai dit ça, donc débrouilles-toi pour informer les gens quoi
	SSLI	MOR	Bien sûr
	TANA	MOR	OK d'accord
MOR	TANA	Donc c'est bon	
225759	SSLI	MOR	Effectivement là on voit que c'est descendu à la mer
225904	SSLI	MOR	La tour de S3, on ne le voit pas du tout, on ne le voit pas du tout, il est descendu dans la mer
	MOR	SSLI	C'est ça j'ai dit, j'ai dit ça ; aussi toi aussi donc débrouilles-toi pour informer les gens quoi
	SSLI	MOR	Bien sûr
225938			rring rrring
225945			rring rrring
	Hadji	MOR	Allo
	MOR	Hadji	Allo chef Hadji, ngapvo problème, yé avio yiwu en final oh en base yé nga ngodjoshinda wu informé yé mazefu parceque wendé mdru nashinda nahuparisa
	Hadji	MOR	Yé avio yirendedjé
	MOR	Hadji	Yiwu, yiwu, yé avio yiwu yiwu
	Hadji	MOR	Ndayi
	MOR	Hadji	Ndé ndé IYE yakahandza yi kentsi hapvaha yinu
	Hadji	MOR	Yé mashefu ndo ?
MOR	Hadji	Hama shefu Ousseine Djoubeir ye kamdjoshinda (chhhhhh) yi tombé en mer ; ye kamdjoshinda mtsahé meli, nambiyé ze bateaux, mshindé mwendé mwahindrini ngwu welewa	

	Hadji	MOR	Aha hayi
	MOR	Hadji	Namweyeseyé, esayé wudjuwé, ntsudjuwa comment on va faire
	Hadji	MOR	Yapvo Ousseine ngudjoka hufanyia ?
	MOR	Hadji	Ahhh oh ntsudjuwa, ntsudjuwa, ngamwandzo, nam tso angaliya ze meli yizo mdjo hushinda mwendé mwa, nwa sopvé wandru Ahh bon je te laisse
			rrring rring

Le Chef SENA

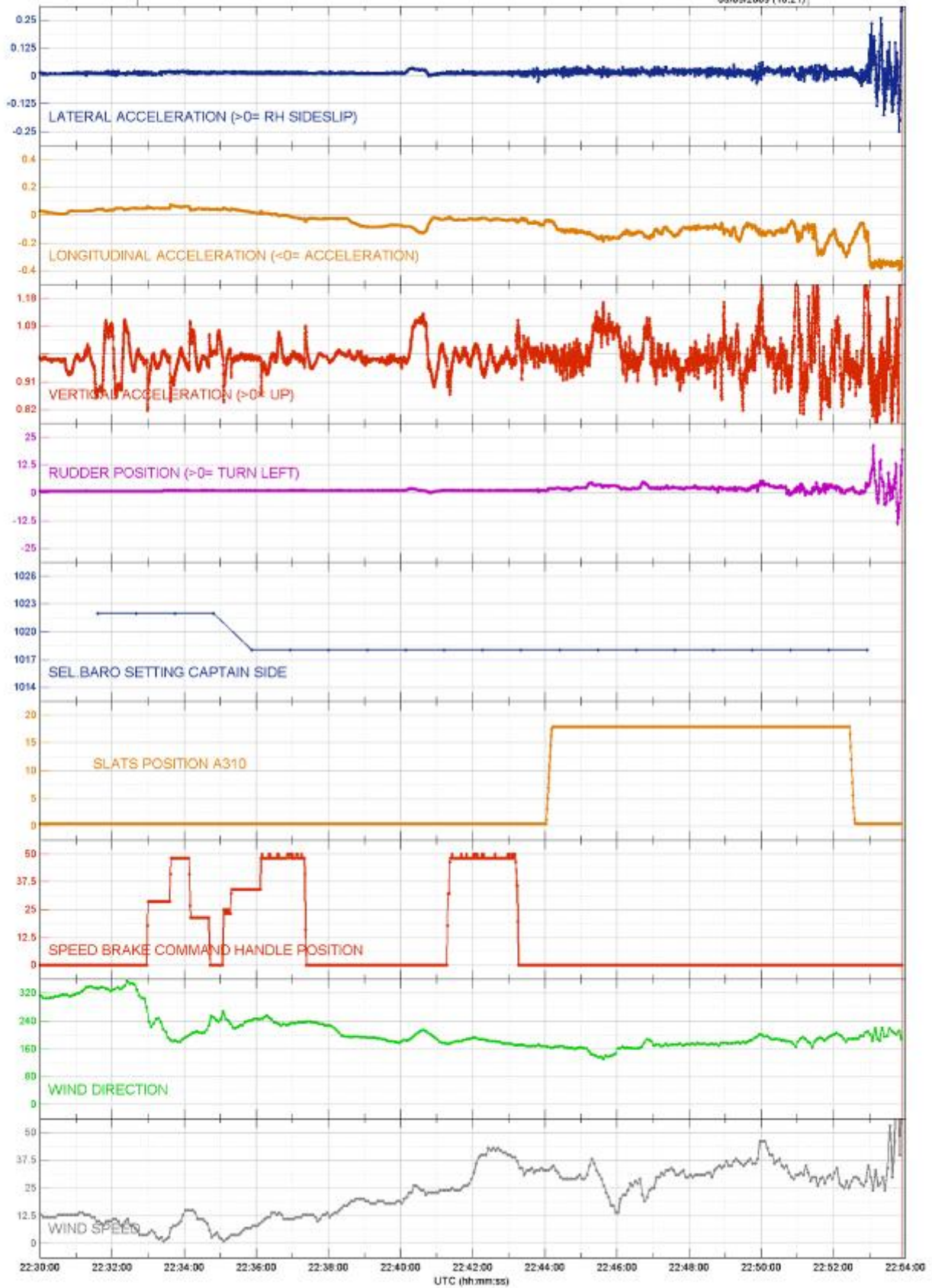


Kamnadji TOPAN KAM

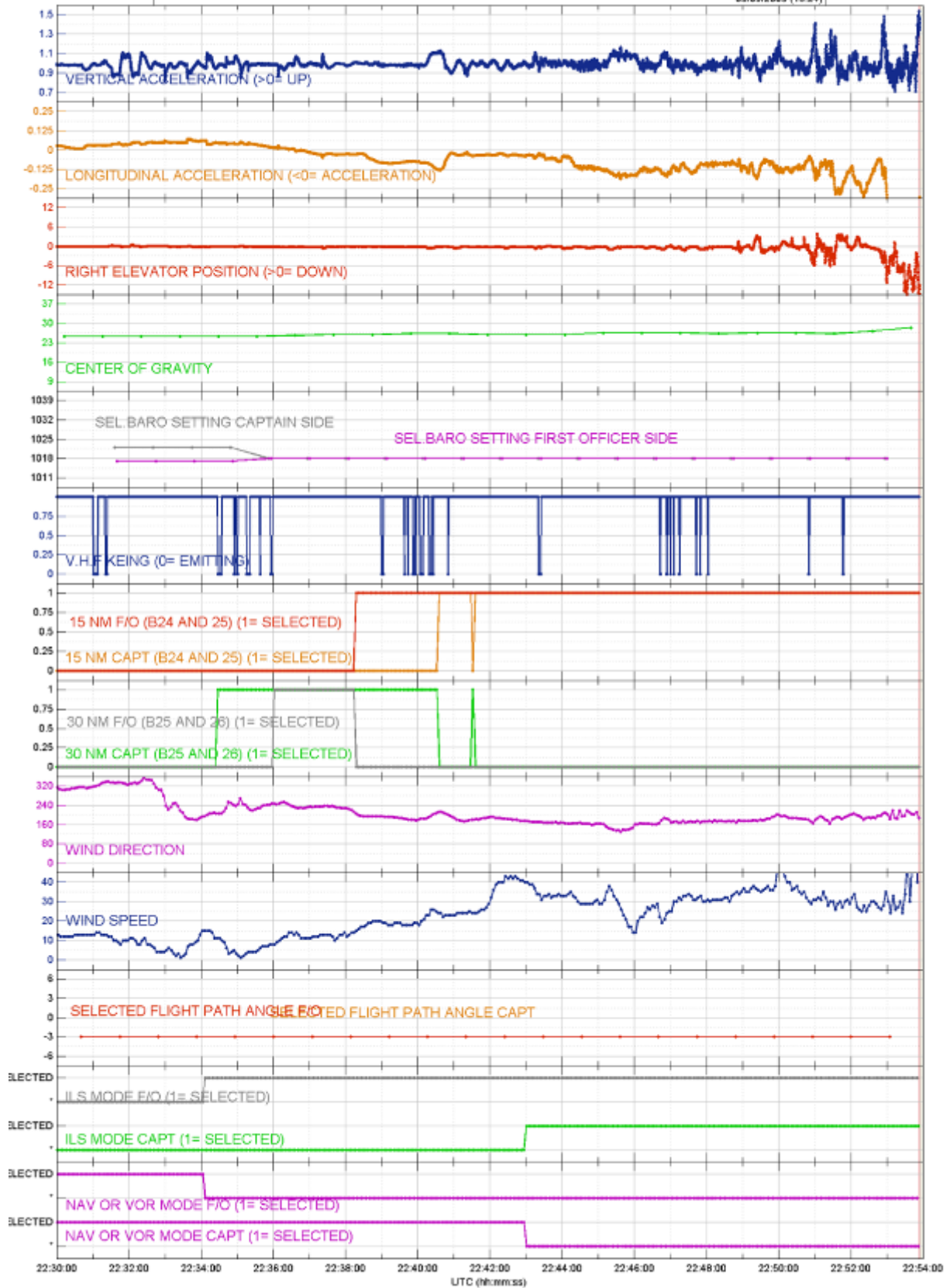
# ANNEXE 5

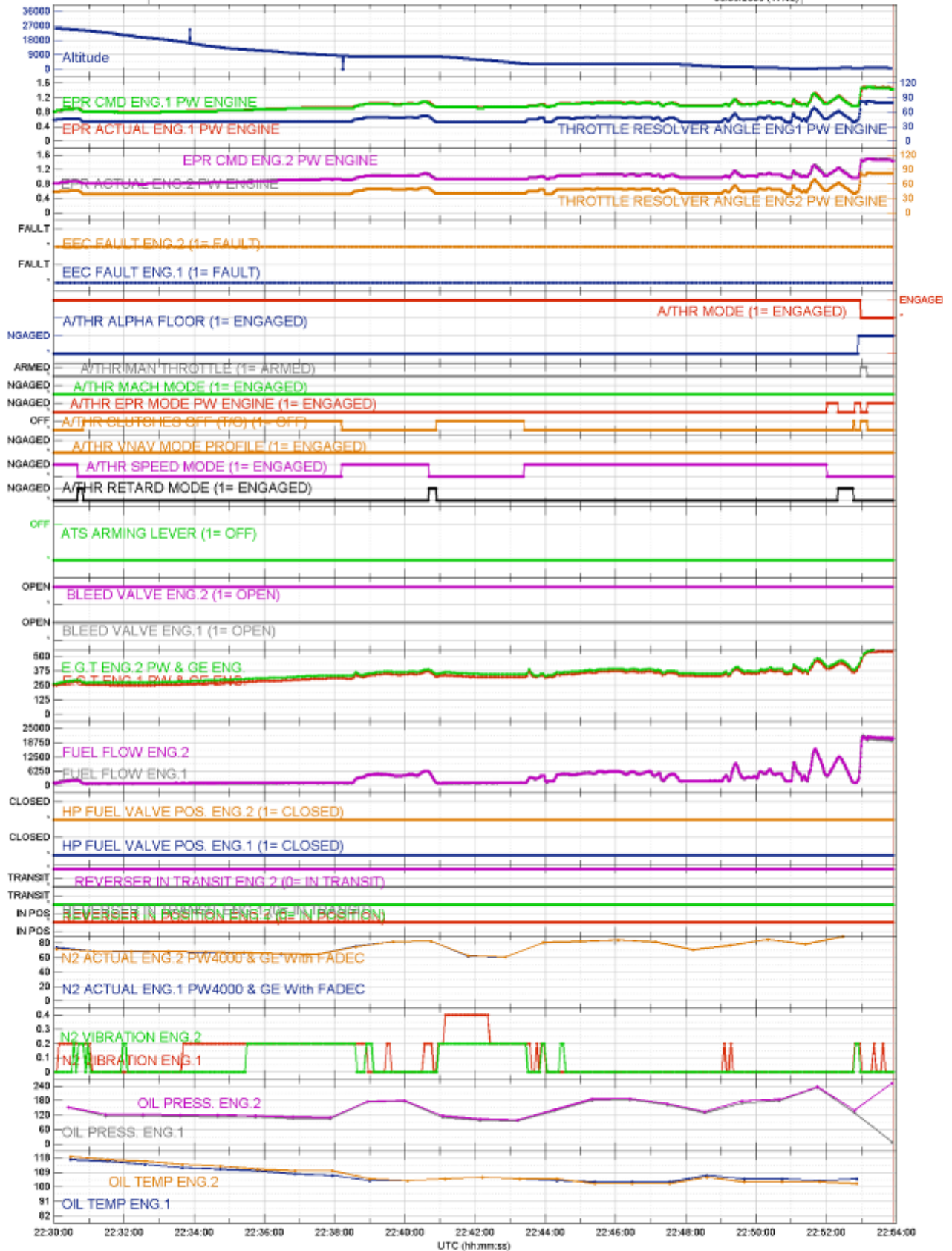
## Courbes FDR



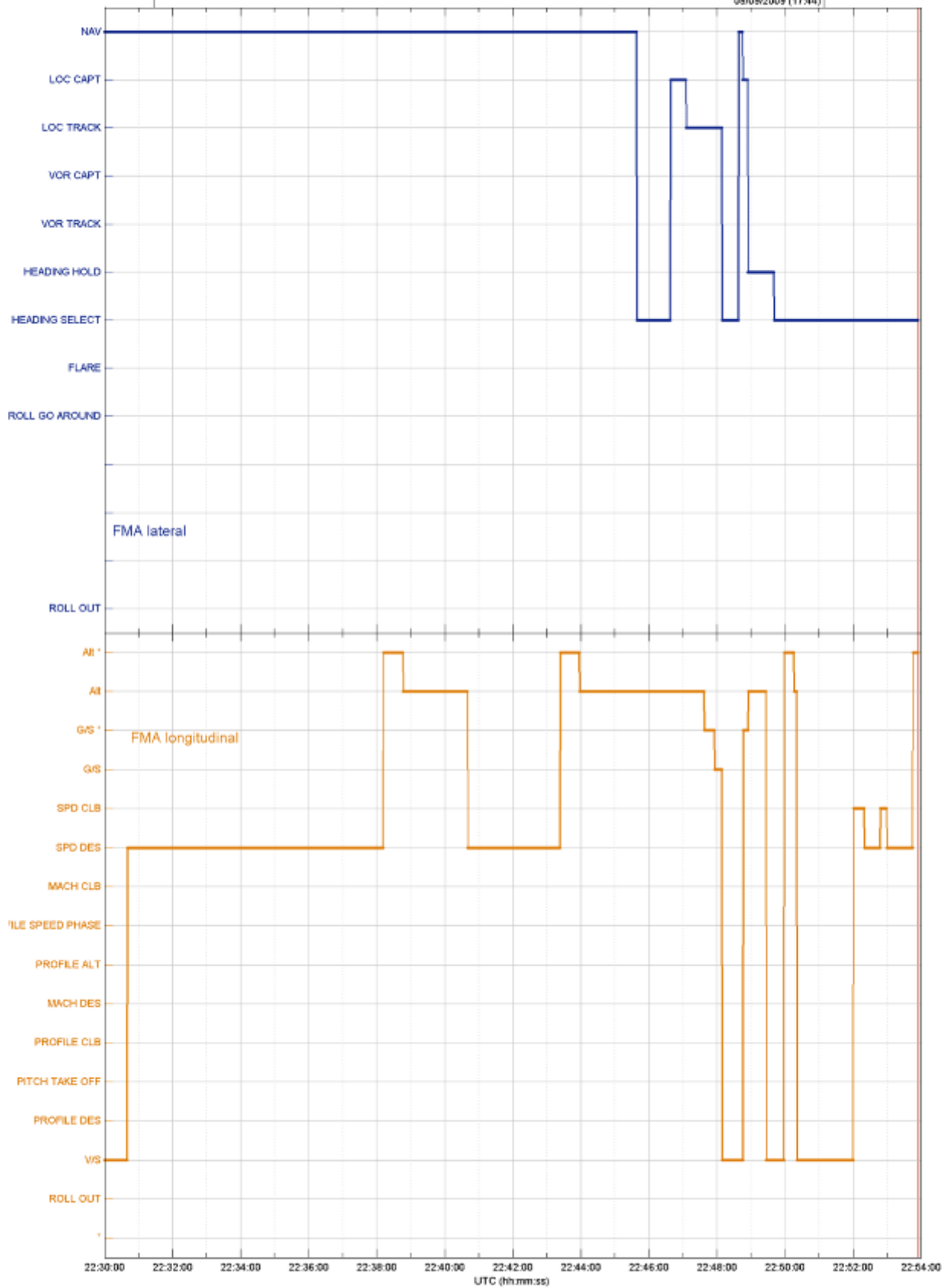


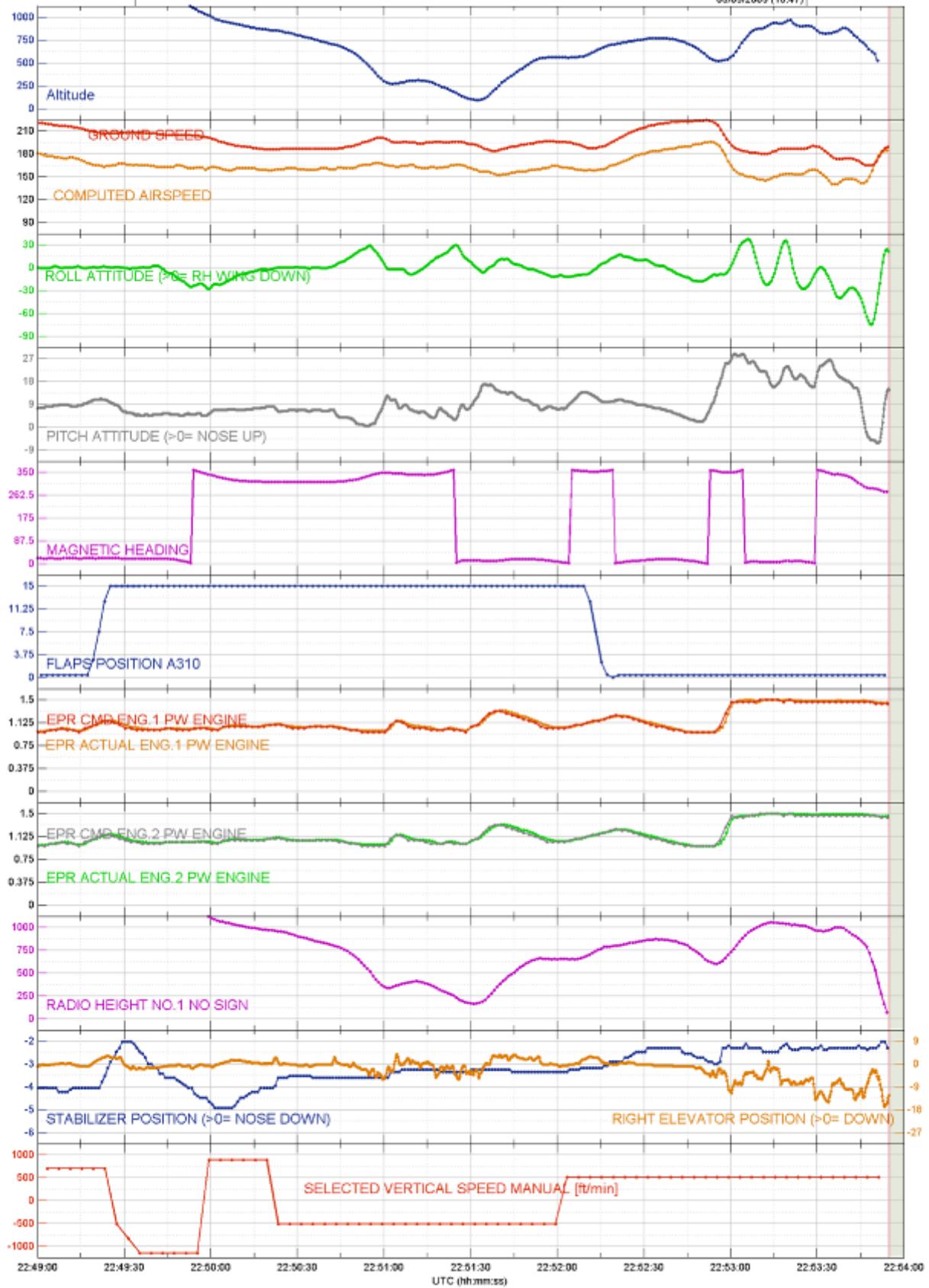


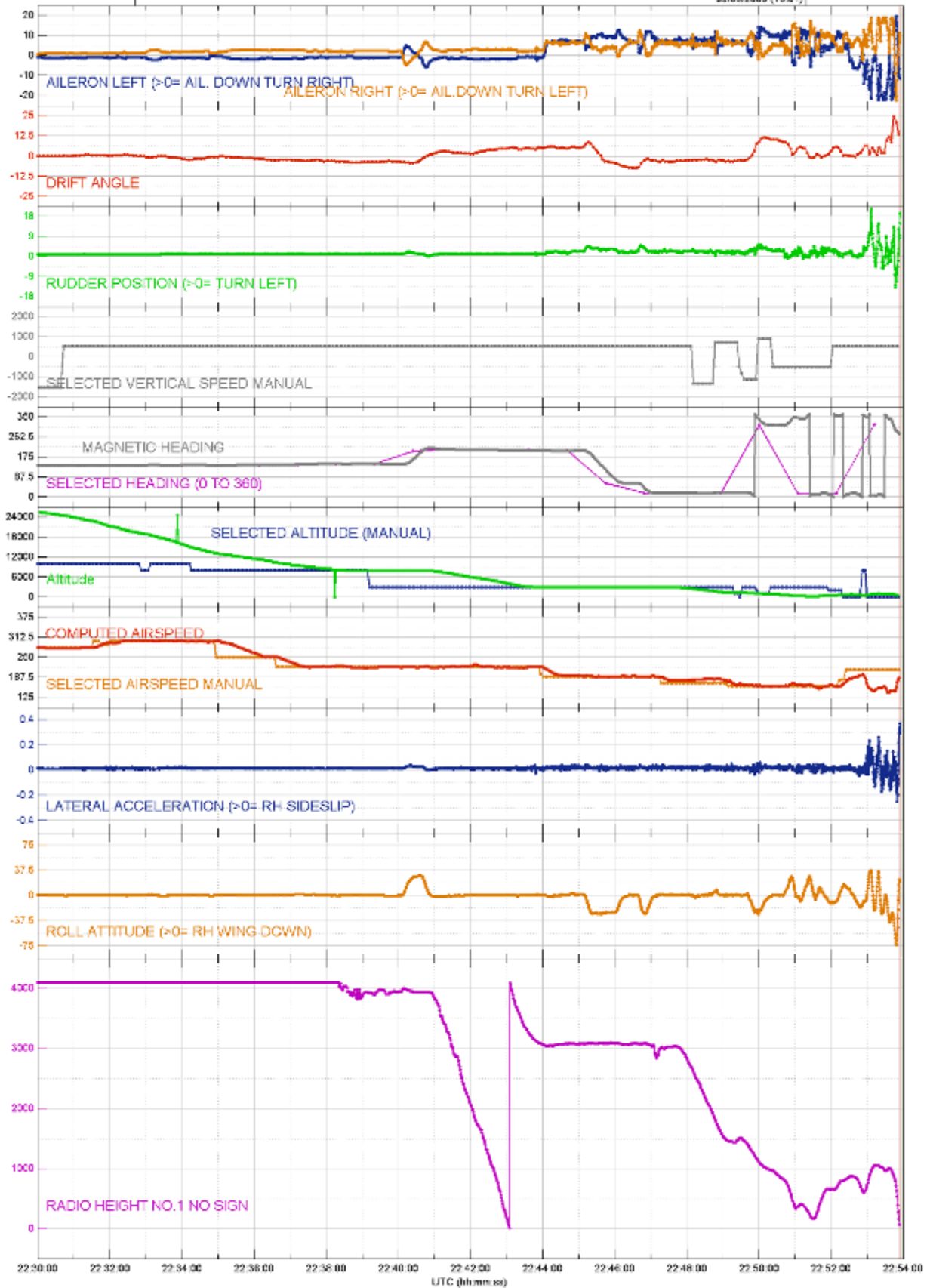


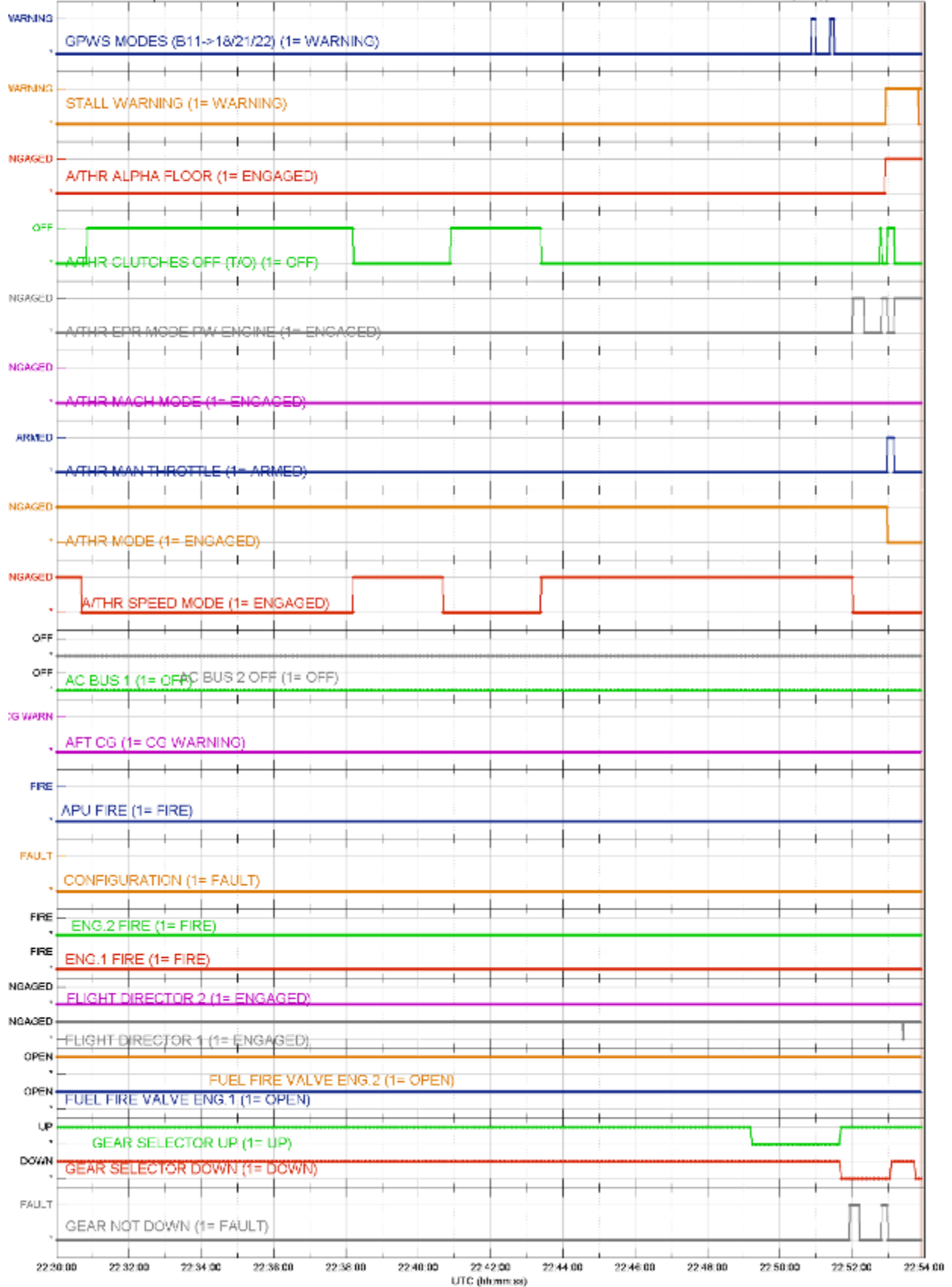


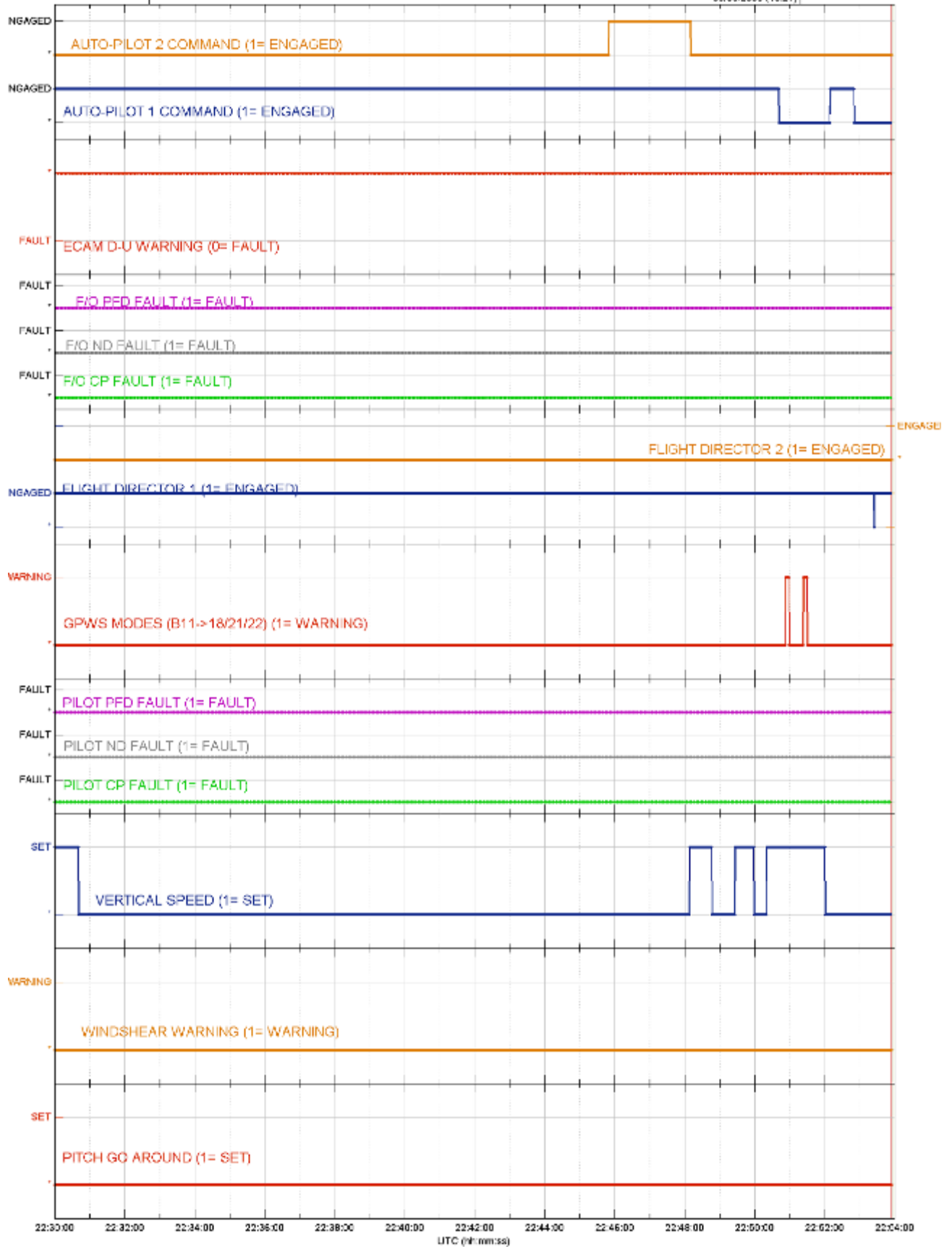












## ANNEXE 6

### Transcription du CVR

#### AVERTISSEMENT

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

Note :

La mauvaise qualité du signal enregistré sur la voie CAM a nécessité des opérations de filtrage destinées à améliorer l'intelligibilité des conversations perçues par le microphone d'ambiance ; le signal original était de très faible niveau et couvert par des interférences générées par l'alimentation électrique de bord. Ces travaux ont permis d'améliorer la transcription des quelques mots prononcés par les pilotes durant la dernière minute de l'enregistrement du CAM. Les données d'une des mémoires sont manquantes créant ainsi un trou régulier d'enregistrement sur la voie du CAM (ces absences de données sont matérialisées par des lignes grisées dans la transcription).

#### GLOSSAIRE

UTC	Temps UTC synchronisé avec le FDR
VS	Voix synthétique de l'avion
	Données du CAM manquantes
→	Communications avec le centre de contrôle
( )	Les mots ou groupes de mots placés entre parenthèses n'ont pu être établis avec certitude
(*)	Mots ou groupes de mots en langue arabe
(*)	Mots ou groupes de mots non compris



UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
21 h 54 min 14 s				<b>Début de la transcription</b>
21 h 54 min 20 s		→ Moroni Yemenia six two six		
21 h 54 min 54 s (*)				
21 h 55 min 44 s		→ Moroni Yemenia six two six		
21 h 56 min 23 s				
21 h 56 min 34 s				
21 h 57 min 50 s				
21 h 58 min 01 s				
21 h 58 min 55 s		(*)		
21 h 59 min 09 s (*)		(*)		
21 h 59 min 46 s (*)				
21 h 59 min 47 s		(*)		
21 h 59 min 56 s		→ Moroni Yemenia six two six		
22 h 00 min 04 s			(*)	
22 h 00 min 11 s		→ Moroni Yemenia six two six		
22 h 00 min 19 s				
22 h 00 min 22 s				
22 h 00 min 57 s				Calling Moroni
22 h 01 min 01 s	Sanaa  Overhead	→ Moroni Yemenia six two six good morning six two six Sanaa to Moroni level three five zero err Echo Tango Alpha at on ground two two five two overhead at two two four one		
22 h 01 min 38 s				Yemenia Six two six
22 h 01 min 49 s				say again mess say again message say again message please
22 h 01 min 49 s		→ Six two Six Sanaa to Moroni level three five zero check position KINAN estimating overhead at two two four one echo check position KINAN estimating KINAN two two two niner Echo Tango Alpha at		
	(*)			

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
		two two five two		
22 h 02 min 25 s		(*)		
22 h 02 min 30 s				Yemenia six two six copied copied your message (*)weather wind one nine zero degrees for (fifteen) knots, visibility (ten) kilometers, few two thousand feet, temperature two four, dew point one seven, QNH one zero one eight, report for descent
22 h 02 min 56 s	(*)	(*)		
22 h 03 min 01 s		→ Copied Yemenia six two six		
22 h 03 min 41 s		→ Daria Yemenia six two six, HABIB KISEL level three five zero		
22 h 03 min 50 s				Six two six report HABIB KOBEL
22 h 03 min 52 s		→ call HABIB KOBEL Yemenia six two six		
22 h 03 min 59 s		→ Tana Yemenia		
22 h 04 min 00 s		six two six good		
22 h 04 min 10 s		morning		
22 h 05 min 11 s	(*)	(*)		
22 h 05 min 20 s	(*)	(*)		
22 h 05 min 26 s				
22 h 05 min 37 s				
22 h 05 min 44 s	(*)	(*)		
22 h 05 min 57 s	(*)	(*)		
22 h 06 min 10 s	(*)	(*)		
22 h 06 min 40 s	(*)			
22 h 07 min 47 s				
22 h 07 min 58 s				
22 h 08 min 01 s				
22 h 08 min 52 s	(*)	(*)		
22 h 09 min 14 s				
22 h 09 min 25 s				
22 h 11 min 35 s				
22 h 11 min 46 s				

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 13 min 02 s				
22 h 13 min 13 s				
22 h 13 min 25 s				Bruit similaire à un mouvement de porte (ouverture ou fermeture)
22 h 14 min 12 s	(*)	(*)		
22 h 14 min 21 s				Bruit similaire à un mouvement de porte (ouverture ou fermeture)
22 h 14 min 32 s	(*)			
22 h 15 min 04 s	(*)			
22 h 16 min 02 s	(*)	(*)		
22 h 15 min 23 s				
22 h 15 min 34 s				
22 h 16 min 03 s		→ Daria Yemenia six two six HABIB KOBEL level three five zero to way with Moroni		
22 h 16 min 11 s			Yemenia Six two six contact Tananarive for descent frequency one two eight decimal niner	
22 h 16 min 45 s	(*)			
22 h 16 min 23 s		→ We've tried to call Tana Yemenia six two six		
22 h 16 min 31 s		→ What is the HF frequency for Tana		
			Frequency for Tana one two eight decimal niner	
22 h 16 min 42 s		→ HF frequency please HF		
22 h 16 min 43 s			HF eight eight seven niner	
22 h 16 min 44 s		→ Eight eight seven niner Air Yemenia six two six thank you		
22 h 16 min 50 s				
22 h 17 min 01 s				
22 h 17 min 05 s				Single chime
22 h 17 min 08 s		→ Tana Yemenia six two six		
22 h 17 min 28 s		→ Tana Tana Yemenia six two six		

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 17 min 50 s		(*)		
22 h 17 min 51 s		→ Tana Tana Yemenia six two six		
22 h 18 min 13 s		→ Moroni Yemenia six two six		
22 h 18 min 27 s	(*)	(*)		
22 h 18 min 38 s		→ Moroni Yemenia six two six		
22 h 18 min 40 s			Six two six go ahead	
22 h 18 min 42 s		→ Six two six we tried to call Tana negative contact our top of descent will be two two two four KINAN at two niner		
22 h 19 min 04 s				Yemenia six two six copied copied, then report for descent and
22 h 19 min 11 s				I'll try to contact Tana
22 h 19 min 13 s		→ Thank you very much Yemenia six two six I'll call you for descent		
22 h 19 min 22 s				
22 h 19 min 22 s	(*)			
22 h 19 min 37 s	(*)			
22 h 19 min 47 s				Yemenia six to six for maintaining (*) level three five zero report for descent
22 h 19 min 54 s		→ Thank you I'll call you for descent Yemenia six two six		
22 h 19 min 56 s	(*)	(*)		
22 h 20 min 32 s				
22 h 20 min 38 s				
22 h 20 min 49 s				
22 h 20 min 50 s	(*)	(*)		
22 h 22 min 34 s				
22 h 23 min 00 s				
22 h 23 min 11 s				
22 h 23 min 29 s	(*)	(*)		
22 h 23 min 57 s				
22 h 24 min 01 s		→ Daria Yemenia six two six		
22 h 24 min 10 s		→ Daria Yemenia six two six		

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 24 min 12 s			Yemenia Six two six DAR control go ahead	
22 h 24 min 15 s		→ (Roger) sir requesting descent clearance to Moroni Moroni coordinate for our descent to hit Tana negative contact with Tana		
22 h 24 min 22 s			(*) on my side for the descent (*) ready to more for descent (and*) landing)	
22 h 24 min 26 s		→ Thank you sir bye		
22 h 24 min 31 s		bye	bye	
22 h 24 min 37 s				
22 h 24 min 34 s		→ Moroni Yemenia six to six I request descent clearance no objection from DAR		
22 h 24 min 43 s			Yemenia six two six well copied then descent to flight level one zero zero for approach V O R D M E I L S runway zero two KINAN one Victor arrival report at two five nautical miles for lower	
22 h 25 min 02 s	→ Descent flight level one zero zero for I L S runway zero two KINAN one Victor call two five miles Yemenia six two six			
22 h 25 min 24 s				Public address
22 h 25 min 35 s				Bruit similaire à un mouvement de porte (ouverture ou fermeture)
22 h 26 min 33 s	(*)	(*)		
22 h 27 min 53 s				
22 h 26 min 47 s				
22 h 26 min 58 s				
22 h 28 min 42 s	(*)	(*)		
22 h 30 min 48 s				
22 h 28 min 14 s				
22 h 28 min 25 s				
22 h 30 min 35 s				
22 h 30 min 46 s				

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 30 min 53 s	(*)	(*)		
22 h 30 min 58 s		→ Moroni Yemenia six two six out of two four descending one zero zero		
22 h 31 min 12 s			Well continue descent to one zero zero report two five nautical mile	
22 h 31 min 20 s		→ Descending flight level one zero zero call you two five miles Yemenia six two six		
22 h 32 min 02 s				
22 h 32 min 13 s				
22 h 32 min 27 s	(*)	(*)		
22 h 32 min 46 s	(*)	(*)		
22 h 33 min 41 s				Sound similar to cockpit door movement
22 h 34 min 23 s				
22 h 34 min 26 s		→ Moroni Yemenia six two six approaching two five miles descending one zero zero Yemenia six two six		
22 h 34 min 34 s				
22 h 34 min 53 s		→ Moroni Yemenia six two six		
22 h 34 min 56 s			Six two six go ahead	
22 h 34 min 57 s		→ Six two six two five miles		
22 h 35 min 02 s			Six two six well copied continue descent to errh eight thousand feet Q N H report overhead errh outbound	
22 h 35 min 14 s		→ Can I (clear) for ILS confirm call you overhead outbound Yemenia six two six		
22 h 35 min 22 s				Appel Public address
22 h 35 min 32 s			And errh Yemenia six two six	
22 h 35 min 36 s	→ Go ahead			
22 h 35 min 46 s			(*) You copy wind force the wind... is blowing from eight knots gusting to two five knots two five knots	



UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
			maximum	
22 h 35 min 50 s				Communication au public address
22 h 35 min 50 s				
22 h 35 min 55 s		→ We'll call you overhead runway insight (*)		
22 h 36 min 01 s				
22 h 36 min 52 s	(*)	(*)		
22 h 37 min 07 s	(*)	(*)		
22 h 38 min 07 s	(*)	(*)		
22 h 38 min 11 s				
22 h 38 min 22 s				
22 h 39 min 00 s		→ Six two six eight thousand approaching overhead		
22 h 39 min 05 s				Okay Six two six copied then continue descent to (two or three) thousand feet Q N H report inbound establish on localizer and ( *) (circle) from runway two zero runway two zero in use with two one zero degrees three zero knots three zero knots of wind
22 h 39 min 25 s	(*)	(*)		
22 h 39 min 36 s	→ What's the wind direction wind direction?			
22 h 39 min 39 s				Wind direction two zero zero degrees two zero zero degrees
22 h 39 min 42 s	→ And the speed now?			
22 h 39 min 44 s				The speed from one seven knots to three zero knots
22 h 39 min 50 s				
22 h 39 min 51 s	→ Thank you confirm the light over the flashing light is on for runway two zero?			
22 h 39 min 58 s				Flash light runway two zero I'm afraid not
22 h 40 min 03 s	→ No No I mean I'm looking for the light the flashing light in runway two zero (beacon)			

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 40 min 10 s				Yes I understand I understand but I'm afraid it does not (operative)
22 h 40 min 18 s	→ Can you (give me) a maximum runway light on runway light?			
22 h 40 min 24 s				Ok I'll do it
22 h 40 min 25 s	→ Thank you			
22 h 40 min 26 s	(*)	(*)		
22 h 40 min 36 s				Papi Papi is on runway two zero
22 h 40 min 43 s		→ Say again?		
22 h 40 min 44 s				With PAPI PAPI's runway two zero
22 h 40 min 50 s		→ Roger Yemenia six two six		
22 h 40 min 51 s	(*)	(*)		
22 h 41 min 59 s				
22 h 42 min 10 s				
22 h 43 min 15 s				Yemenia six two six (persons) on board?
22 h 43 min 20 s		→ We have one four two passengers plus eleven crew		
22 h 43 min 26 s				
22 h 43 min 28 s				Copied copied
22 h 43 min 37 s				
22 h 45 min 47 s				
22 h 45 min 58 s				
22 h 46 min 41 s		→ Established on localizer Yemenia six two six		
22 h 46 min 46 s				Yemenia six two six copied report right downwind for runway two zero
22 h 46 min 52 s	→ Can you increase your voice please?			
22 h 46 min 55 s				Okay report right (downwind) runway two zero
22 h 46 min 58 s	→ How is the wind now?			
22 h 47 min 03 s				Say again?

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 47 min 04 s		→ Wind check!		
22 h 47 min 06 s			Okay wind is two zero zero degrees... errh two zero knots to three zero knots	
22 h 47 min 14 s		→ Roger Yemenia		
22 h 47 min 18 s		six two six		
22 h 47 min 25 s			But on runway two zero on runway two zero the wind is... less... less strong	
22 h 47 min 26 s			it's vary between one two knots to two five knots	
22 h 47 min 38 s	One two to two five	(*)		
22 h 47 min 41 s	→ What is the wind direction runway two zero?			
22 h 47 min 45 s			The wind direction is two zero zero degrees two zero zero degrees	
22 h 47 min 49 s	→ For runway two zero?			
22 h 47 min 50 s			Affirm (*) both runways errh two zero zero degrees but on runway two zero the wind is less strong	
22 h 48 min 02 s	→ Thank you sir			
22 h 48 min 04 s	(*)	(*)		
22 h 48 min 11 s				Triple click
22 h 48 min 28 s				C chord / Altitude alert (10 secondes)
22 h 48 min 35 s				Bruits similaire à un mouvement de siège
22 h 48 min 39 s				C chord / Altitude alert (2,7 secondes)
22 h 48 min 50 s				Bruits similaire à un mouvement de siège
22 h 48 min 51 s	(*)	(*)		
22 h 48 min 58 s				Triple click
22 h 49 min 02 s				Bruits similaire à un mouvement de siège
22 h 49 min 04 s				Bruits similaire à un mouvement de siège
22 h 49 min 10 s				Bruits similaire à un mouvement de siège
22 h 49 min 35 s				

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 49 min 46 s				
22 h 50 min 03 s	(*)	(*)		
22 h 50 min 42 s				Alarme Cavalry Charge
22 h 50 min 49 s		→ Right down wind Yemenia six two six		
22 h 50 min 53 s			Six two six report final	
22 h 50 min 53 s				VS : Sink rate
22 h 50 min 54 s				VS : Sink rate
22 h 50 min 55 s				VS : Pull up
22 h 50 min 57 s				VS : Pull up
22 h 51 min 02 s				
22 h 51 min 08 s				VS : four hundred
22 h 51 min 10 s				VS : hundred
22 h 51 min 13 s				
22 h 51 min 16 s	(*)	(*)		
22 h 51 min 19 s				VS : three hundred
22 h 51 min 24 s				VS : Too low terrain
22 h 51 min 26 s	(*)	(*)		VS : Too low terrain
22 h 51 min 28 s	(*)	(*)		VS : Too low terrain
22 h 51 min 33 s				Bruits similaires à l'extension du train d'atterrissage
22 h 51 min 37 s	(*)			
22 h 51 min 40 s				
22 h 51 min 43 s	(*)			
22 h 51 min 46 s		→ We'll call you long final Yemenia six two six		
22 h 51 min 49 s			Six two six roger	
22 h 51 min 51 s				Bruits similaires à la rentrée du train d'atterrissage
22 h 51 min 54 s	(*)			
22 h 51 min 56 s				Continuous repetitive chime (5,8 secondes)
22 h 52 min 02 s				End of Continuous repetitive chime
22 h 52 min 03 s	(*)	(*)		
22 h 52 min 24 s				
22 h 52 min 25 s				Bruit non identifié
22 h 52 min 27 s				
22 h 52 min 32 s	(*)	(*)		Bruit non identifié
22 h 52 min 38 s				
22 h 52 min 47 s				Bruit non identifié

UTC	Pilote	Copilote	Contrôle	Bruits, remarques, traduction
22 h 52 min 49 s				Continuous repetitive (1,3 secondes)
22 h 52 min 51 s				Alarme Cavalry Charge (46 secondes)
22 h 52 min 55 s	<i>(phonetic: Taa' achmal, taa' achmal, taa' achmal, taléa' kwl haja tola'ét, taléa' kwl shi, taa' achmal, atla' fwq tlaa)</i>	(*)		<i>English: The left one, the left one, the left one, raise everything that's out, raise everything up, the left one, go up, go up</i> <i>Français: Celui de gauche, celui de gauche, celui de gauche, fais monter tout ce qui est sorti, fais tout monter, celui de gauche, monte vers le haut, monte.</i>
22 h 52 min 57 s		(*)		Bruits similaires à l'activation du vibreur de manche par intermittence jusqu'à la fin
22 h 53 min 14s	<i>(phonetic: Taa' achmal, achmal)</i>	<i>Taa'</i> (*)		<i>English: The left one, the left one</i> <i>Français: Celui de gauche, celui de gauche</i>
22 h 53 min 23 s		(*)		
22 h 53 min 34 s		(*)		
22 h 53 min 37 s				Fin de l'alarme Cavalry Charge
22 h 53 min 39 s				Alarme Cricket jusqu'à la fin de l'enregistrement
22 h 53 min 41 s		(*)		
22 h 53 min 43 s	(*)	(*)		
22 h 53 min 54 s				<b>Fin de l'enregistrement</b>

## Annexe 7

### Localisation des balises de détection sous-marine et bathymétrie

#### *Essais effectués par le BEA avec un hydrophone directionnel*

Les opérations de localisation du signal sous-marin se sont déroulées du 4 au 7 juillet 2009. Un détecteur de signal acoustique de type PRS275-DPR275 a été utilisé. C'est un hydrophone directionnel avec amplificateur réglable en fréquence qui permet d'écouter le signal émis par la balise. La direction de la balise correspond à celle où le signal entendu est le plus fort. Il est utilisable par un opérateur sur un bateau ou sous l'eau par un plongeur.

Des différentes mesures d'azimut de la balise ont été faites en des points de coordonnées mesurées à l'aide d'un récepteur GPS puis reportées sur une carte. Les balises ont pu être localisées à la jonction des demi-droites ayant pour origine les points de mesure et pour direction les azimuts relevés.

Dix huit mesures de surface ont permis de déterminer comme zone probable de présence de la balise l'intérieur d'un cercle de 300 mètres de rayon centré sur le point S 11°22'07,420 E 43°13'30,420. Dans un premier temps un cercle d'incertitude de 400 mètres avait été déterminé qui ensuite avait été ramené à 300 mètres avec de nouvelles mesures. Cette détermination a été faite en prenant en compte les incertitudes liées aux différentes mesures. En effet, la mer est un milieu hétérogène, non stationnaire et bruyant, et la propagation des ondes acoustiques y est soumise à de nombreux trajets réfléchis. Cela entraîne des mesures bruitées qui affectent la précision de la localisation.

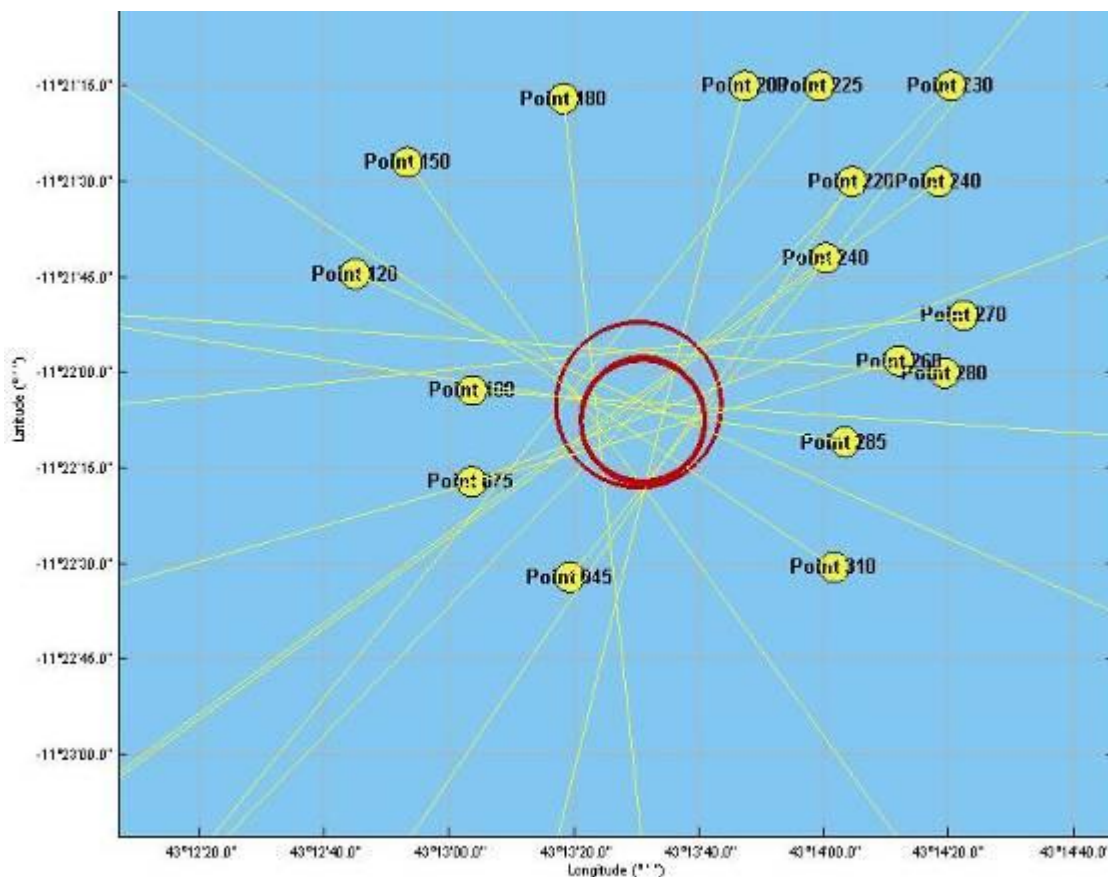


figure 1 : position probable et cercle d'incertitude de présence des balises



## Essais effectués par le BEA avec le matériel Scout USBL

Le système Scout USBL, mis à la disposition du BEA par l'IFREMER, est un équipement initialement conçu pour détecter et positionner des transpondeurs par rapport au bateau sur lequel il est installé. Il a été mis en œuvre sur le navire Beautemps Beauprès et adapté de façon à pouvoir détecter les signaux émis par les balises de détection sous marine. Pour fonctionner correctement, ce système nécessite la connaissance approximative de la profondeur que les mesures bathymétriques ont permis d'estimer à 1 200 m.

Le Beautemps Beauprès a effectué des passages dans la zone où le signal avait été identifié préalablement avec d'autres moyens d'écoute. Le signal est détecté lors de passages à la verticale de la position estimée des balises. Plusieurs passages sont ainsi effectués afin d'affiner la position. Un cercle d'incertitude de rayon 75 m centré sur le point S 11°22'04,140 et E 43°13'30,480 a ainsi été déterminé.

## Bathymétrie

Le Beautemps Beauprès, navire du SHOM, a effectué des mesures de bathymétrie et de courantométrie entre le 17 juillet 2009 et le 23 juillet 2009, en préparation des opérations de relevage, à l'intérieur d'une zone de deux milles mètres de côté centrée sur le point déterminé ci-dessus. Dans cette zone la profondeur mesurée varie entre 1 150m et 1 250m.

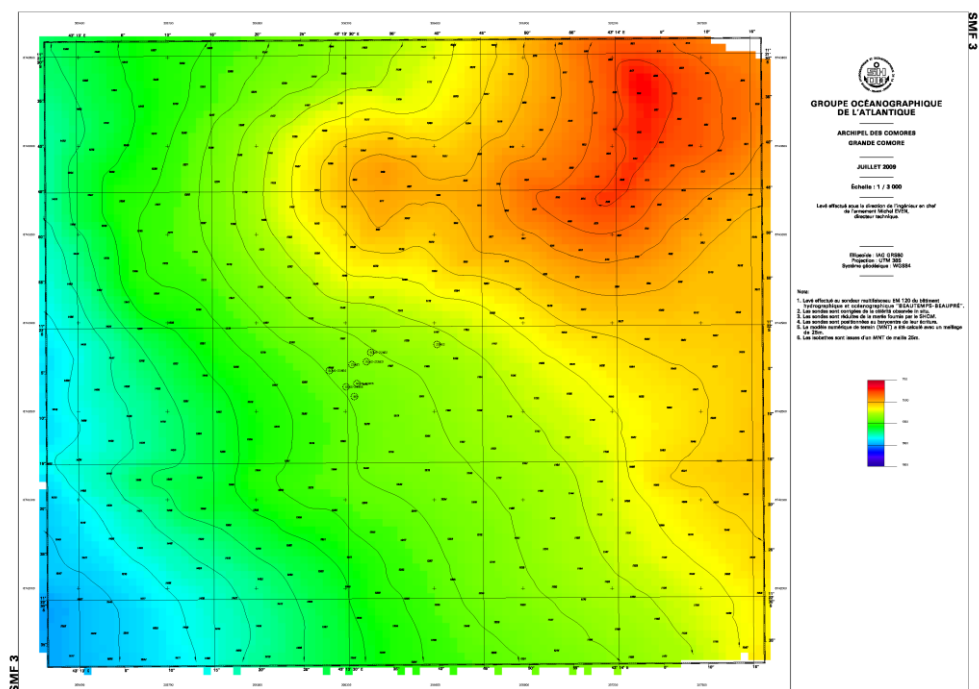


figure 2 : bathymétrie de la zone présumée de présence de l'épave

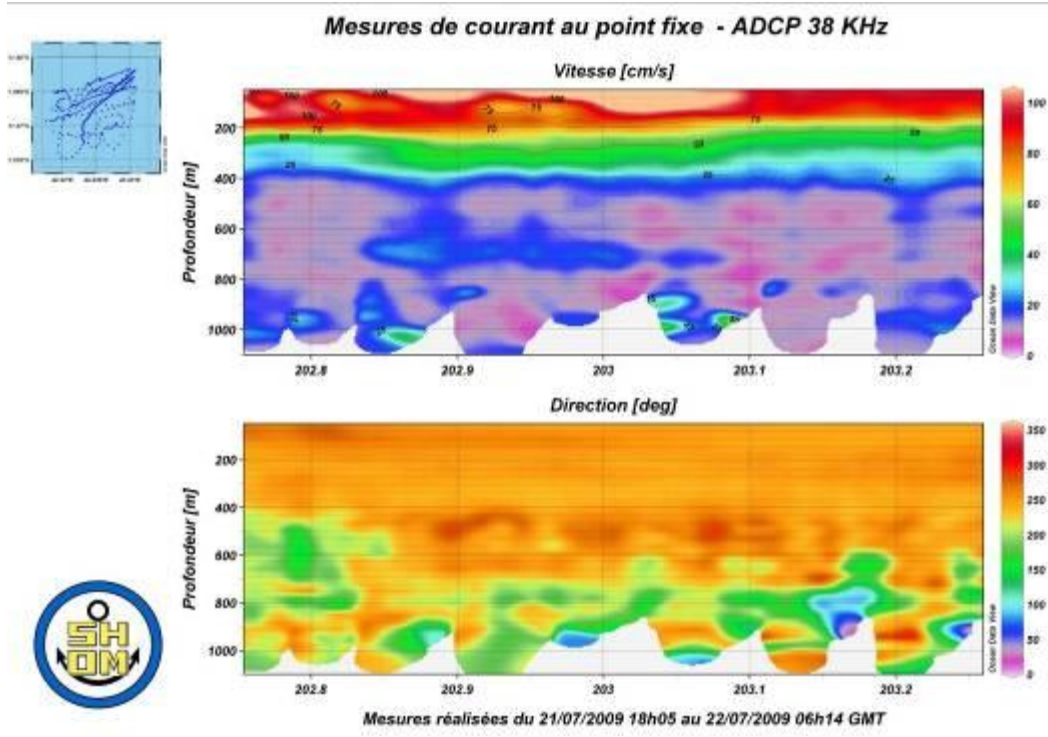


figure 3 : mesures de courants