



*Incident grave
survenu à Nantes (44)
le 21 mars 2004
au MD-83 immatriculé SU-BMF
exploité par la compagnie Luxor Air*

RAPPORT
su-f040321

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

Ce rapport exprime les conclusions auxquelles est parvenu le Bureau d'Enquêtes et d'Analyse pour la Sécurité de l'Aviation Civile sur les circonstances et les causes de cet incident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et au Code de l'Aviation civile (Livre VII), l'enquête n'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 de futurs accidents pourrait conduire à des interprétations erronées.

Table des matières

AVERTISSEMENT	2
GLOSSAIRE	5
SYNOPSIS	6
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE.....	7
1.1 Déroulement du vol.....	7
1.2 Tués et blessés.....	8
1.3 Dommages à l'aéronef	8
1.4 Autres dommages	8
1.5 Renseignements sur le personnel	8
1.5.1 Personnel navigant technique.....	8
1.5.2 Contrôleur de la navigation aérienne	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	10
1.7 Conditions météorologiques.....	12
1.7.1 Conditions météorologiques observées	12
1.7.2 Observations météorologiques diffusées	13
1.7.3 Dossier de vol remis à l'équipage par l'exploitant	14
1.7.4 Informations reçues en vol par l'équipage	14
1.8 Aides à la navigation.....	15
1.9 Télécommunications.....	17
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	20
1.10.1 Aérodrome de Nantes Atlantique	20
1.10.2 Procédures d'approche.....	20
1.10.3 Organisme de la circulation aérienne à Nantes	22
1.11 Enregistreurs de bord.....	24
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	25
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques.....	25
1.14 Incendie.....	25
1.15 Questions relatives à la survie des occupants.....	25

1.16 Essais et recherches	25
1.16.1 Capture d'un radial par le pilote automatique	25
1.16.2 Reconstitution des évolutions de l'avion	26
1.16.3 Système sol d'alerte d'altitude	29
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	30
1.17.1 Luxor Air	30
1.17.2 Autorité de tutelle	32
1.17.3 Règlement de la Circulation Aérienne.....	32
1.17.4 Cheminement de la notification au BEA.....	34
1.18 Renseignements supplémentaires	35
1.18.1 Synthèse des témoignages.....	35
1.18.2 Planning de l'équipage.....	38
1.18.3 Mise en évidence du phénomène d'hypovigilance.....	39
1.18.4 Mesures prises par l'organisme du contrôle après l'incident.....	40
2 - ANALYSE	41
2.1 Scénario de l'incident	41
2.2 Méthodes de travail	43
2.3 Analyse des aspects systémiques	44
2.2.1 Exploitation	44
2.2.2 Contrôle d'approche.....	45
2.2.3 Synergie équipage-contrôleur.....	46
2.2.4 Documentation à l'usage des pilotes	46
3 - CONCLUSIONS	48
3.1 Faits établis par l'enquête	48
3.2 Causes de l'incident	49
4 - RECOMMANDATIONS	50
4.0 Recommandations préliminaires	50
4.1 Exploitation	50
4.2 Contrôle aérien	51
4.3 Divers	52
LISTE DES ANNEXES	53

Glossaire

ATIS	Service automatique d'information de région terminale
CRM	Gestion des ressources de l'équipage
CRNA	Centre Régional de la Navigation Aérienne
CVR	Enregistreur phonique
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DME	Dispositif de mesure de distance
DNA	Direction de la Navigation Aérienne
EFIS	Electronic Flight Instrument System
FDR	Enregistreur de paramètres
FMA	Annonciateur de mode
Ft	Pied(s)
FNE	Fiche de notification d'événement
GPS	Système de positionnement par satellite - Global Positioning System
GPWS	Avertisseur de proximité du sol
Hpa	Hectopascal
IAC	Carte d'approche aux instruments
IAF	Repère d'approche initiale
IFR	Règles de vol aux instruments
IMC	Conditions météorologiques de vol aux instruments
Kt	Nœuds
MAPt	Point d'approche interrompue
MDA	Altitude minimale de descente
METAR	Message régulier d'observation météorologique pour l'aéronautique
MSAW	Système d'alerte d'altitude minimale de sécurité
ND	Navigation Display
NM	Mille marin
NTSB	National Transportation Safety Board (USA)
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PA	Pilote automatique
PF	Pilote en fonction
PNF	Pilote non en fonction
QAR	Enregistreur de maintenance
QFE	Pression atmosphérique à l'altitude de l'aérodrome
QFU	Orientation magnétique de la piste (en dizaines de degrés)
QNH	Calage altimétrique requis pour lire l'altitude de l'aérodrome
RCA	Règlement de la Circulation Aérienne
SIA	Service de l'Information Aéronautique
TAF	Prévision d'atterrissage
TEMSI	Carte de prévision du temps significatif
TMA	Zone de contrôle terminale
UTC	Temps universel coordonné
VOR	Radiophare omnidirectionnel – VHF Omnidirectionnal Radio Range

SYNOPSIS

Date de l'incident

Le 21 mars 2004 à 1 h 20 min⁽¹⁾

Aéronef

MD-83 immatriculé SU-BMF

Lieu de l'incident

En approche finale piste 21
à Nantes Atlantique (44)

Propriétaire

Aircraft Finance Trust

Nature du vol

Transport public
Vol international non régulier LXO615

Exploitant

Luxor Air (Egypte)

Personnes à bord

2 PNT, 6 PNC et 104 passagers

Résumé :

De nuit en conditions IMC, l'équipage a effectué une approche non stabilisée sur la piste 21, aérodrome de Nantes Atlantique, est sorti volontairement de l'enveloppe de protection de la procédure publiée puis a remis les gaz alors qu'il survolait l'agglomération à une hauteur d'environ quatre cents pieds.

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	-	-	-
Graves	-	-	-
Légères/Aucune	8	104	-

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

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroutement du vol

Le samedi 20 mars 2004, le MD-83 immatriculé SU-BMF doit effectuer la liaison non régulière LXO615 entre Louxor (Egypte) et Nantes (44), l'arrivée à Nantes étant initialement programmée le lendemain dimanche à 9 h 30. L'avion arrive à Louxor depuis Bruxelles (Belgique) à 18 h 40 min, soit avec un retard d'environ seize heures⁽²⁾. Il décolle pour Nantes à 19 h 45 min. Le vol se déroule sans problème.

Conformément aux indications de l'ATIS Roméo, l'équipage prépare une approche VOR DME pour la piste 21. Le copilote est le pilote en fonction.

Le 21 mars à 1 h 07 min 21 s, le contrôleur du CRNA Ouest, après s'être coordonné avec le contrôleur de l'approche de Nantes, dirige l'équipage directement sur ABLAN. L'équipage collationnant une route vers l'IAF LAROK, le contrôleur corrige et leur confirme une route directe sur ABLAN.

A 1 h 14 min 17 s, le contrôleur de l'approche de Nantes confirme la route directe vers ABLAN et demande à l'équipage de descendre au niveau 70.

A 1 h 17 min 19 s, l'équipage est autorisé à descendre vers trois mille pieds puis, à 1 h 23 min 08 s, est autorisé à l'approche.

L'avion précédent s'est posé à 23 h 17 min. Il s'est écoulé une heure et quarante minutes sans mouvement.

L'avion est alors au cap 330°, sous pilote automatique en mode NAV (navigation au GPS). Le copilote sélectionne le mode VOR/LOC pour intercepter le radial 043° en rapprochement du VOR NTS. L'avion est mis en configuration atterrissage et le commandant de bord annonce au contrôle à 1 h 23 min 12 s qu'il prévoit de libérer trois mille pieds vers cinq cents pieds puis, à 1 h 24 min 23 s, que l'avion est établi sur l'axe.

L'équipage constate alors sur les instruments de navigation un écart d'environ 0,8 NM entre la route de l'avion et l'axe radioélectrique. L'indicateur VOR CAP est affiché sur le FMA. Le copilote change le mode du pilote automatique en HDG SEL pour intercepter l'axe avec un cap sélectionné d'environ 250°.

A 8 NM DME, peu avant que l'avion, déjà en descente, ne coupe l'axe, le commandant de bord demande au copilote de poursuivre à ce cap afin de contourner une zone orageuse qu'il croit identifier sur le radar météo. L'avion coupe l'axe à 1 h 25 min 43 s.

L'avion effectue sa descente avec un taux moyen un peu inférieur à 1 000 ft/min. L'équipage rapporte avoir subi d'importantes turbulences durant cette phase.

⁽²⁾ L'avion avait été retardé à Bruxelles pour des problèmes d'avitaillement.

A 1 h 27 min 10 s, le contrôleur intervient pour indiquer que l'avion lui paraît trop bas. Le commandant de bord demande au copilote d'enclencher ALT HOLD (maintien d'altitude) et répond au contrôleur qu'il maintient cinq cents pieds.

Le copilote décide par ailleurs de revenir vers l'axe par un virage à gauche de 80° via le HDG SELECT.

En sortie de virage, l'avion perce probablement la couche nuageuse et un témoin l'aperçoit alors qu'il débute une remise de gaz. A 1 h 27 min 33 s, le commandant de bord annonce la remise de gaz au contrôleur.

L'avion remonte vers trois mille pieds. Alors qu'il repasse l'axe au cap 170°, le contrôleur informe l'équipage qu'il peut reprendre la descente. Le commandant de bord répond qu'il préfère refaire une approche. Le contrôleur le guide au radar et lui donne des butées d'altitude lors de la descente.

L'atterrissage et le débarquement des passagers se déroulent normalement. Après une escale de vingt-huit minutes, l'avion repart à vide à destination de Toulouse, comme prévu.

1.2 Tués et blessés

Sans objet.

1.3 Dommages à l'aéronef

Il n'y a eu aucun dommage à l'avion.

1.4 Autres dommages

Il n'y a eu aucun dommage aux tiers.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Personnel navigant technique

1.5.1.1 Commandant de bord

Homme, 45 ans.

- Brevets et licences : licence de pilote de ligne délivrée par le Venezuela en 1984, validée par l'Egypte, valide jusqu'en août 2004.
- Qualifications : instructeur, commandant de bord sur MD-83, Airbus A300-B4, Airbus A320.

- Carrière aéronautique :
 - de septembre 1977 à février 1990, copilote, puis commandant de bord et instructeur au sein de la compagnie vénézuélienne Aeropostal ;
 - de mai 1990 à février 1997, mécanicien navigant au sein de la compagnie vénézuélienne Viasa ;
 - de mars 1997 à octobre 2000, copilote puis commandant de bord au sein de la compagnie irlandaise Transaer ;
 - de novembre 2000 à février 2002, commandant de bord et instructeur au sein de la compagnie vénézuélienne Laser ;
 - de janvier 2003 à septembre 2003, commandant de bord au sein de la compagnie égyptienne AMC ;
 - depuis le 11 février 2004, commandant de bord au sein de Luxor Air.
- Expérience : 13 359 heures de vol, dont 5 657 sur MD-83, 33 heures dans les sept derniers jours et 65 heures dans le mois.

1.5.1.2 Copilote

Homme, 31 ans.

- Brevets et licences : Licence de pilote professionnel délivrée par l’Egypte en 2000, valide jusqu’au 13 juin 2004.
- Qualifications : MD-83, MD-90.
- Expérience : 3 111 heures de vol, dont 1 900 sur MD-83, 26 dans les sept derniers jours et 77 dans le dernier mois.

1.5.2 Contrôleur de la navigation aérienne

Homme, 49 ans.

- Qualification de Premier Contrôleur d’Approche en avril 1994.
- Affecté à Nantes en septembre 1990.
- Chef de Quart depuis janvier 2000.
- Chef de Tour depuis septembre 2003.
- Aptitude médicale valide jusqu’au 27 juin 2004.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Cellule

- Constructeur : McDonnell-Douglas
- Type : McDonnell-Douglas DC 9-83 (MD-83)
- N° de série : 53199
- Immatriculation : SU-BMF

Certificat de navigabilité délivré le 4 août 2002, valide jusqu'au 3 août 2004.

Moteurs

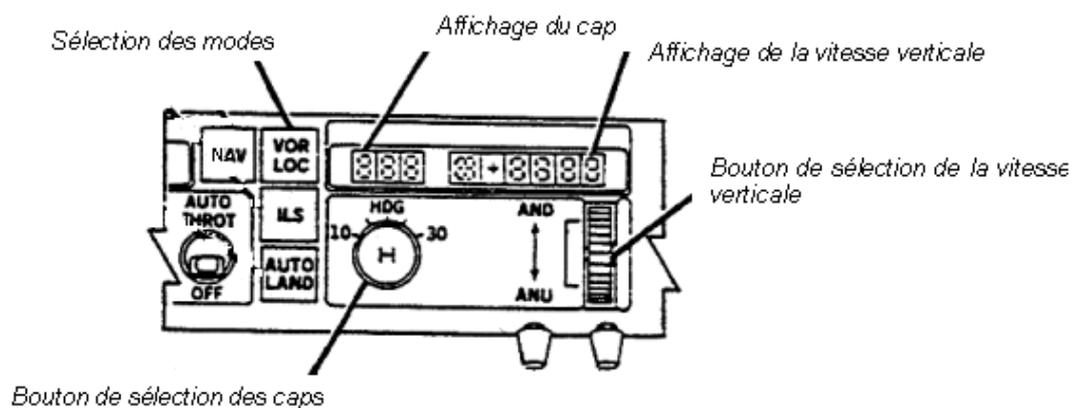
- Constructeur : Pratt & Whitney
- Type : JT8D-219

Equipement de bord

L'avion est équipé d'un GPWS Sunstrand Mark II.

Deux pilotes automatiques trois axes, dont un seul est sélectionné à la fois, et une auto-manette permettent un pilotage et un guidage entièrement automatiques.

L'affichage des paramètres (vitesse, altitude et vitesse verticale) et la sélection des modes du pilote automatique se font par l'intermédiaire d'une interface appelée Flight Guidance Control Panel.



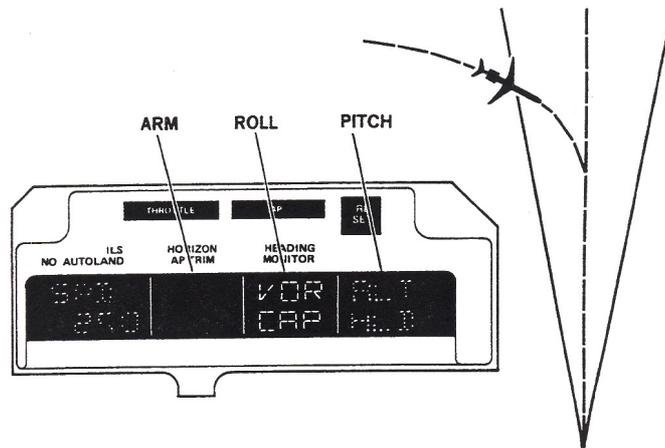
Flight Guidance Control Panel

La source des données utilisées par le pilote automatique pour la navigation dépend de l'affichage sélectionné sur le ND. De plus, à chaque source correspond un ou plusieurs modes d'activation du PA. Ainsi :

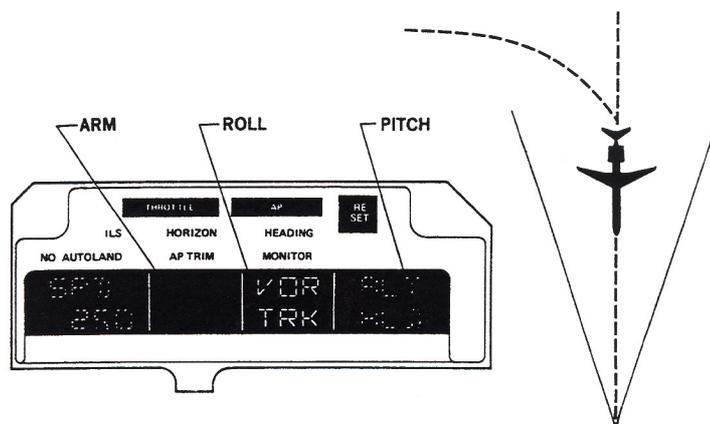
- en affichage MAP⁽³⁾, la source de navigation est le GPS et le mode du PA est le NAV ;
- en affichage ARC⁽⁴⁾ ou ROSE, la source de navigation est l'axe du moyen radio affiché et le mode VOR/LOC est un des modes d'activation.

En mode VOR/LOC, il est possible d'intercepter un axe pré-affiché. Cette interception se fait en trois phases :

- ARM : l'avion est prêt à l'interception et l'affichage VOR apparaît dans la fenêtre ARM du panneau annonceur de mode ;
- VOR CAP : lorsque l'avion atteint le point où il doit débuter sa manœuvre, l'affichage passe en VOR CAP dans la fenêtre HEADING MONITORING du panneau annonceur de mode ;



- VOR TRK : lorsque l'avion est établi sur l'axe, VOR TRK s'affiche dans le fenêtre HEADING MONITORING du panneau annonceur de mode.



⁽³⁾ Ce mode d'affichage permet de visualiser l'avion dans son environnement ainsi que la route suivie.

⁽⁴⁾ Ce mode d'affichage donne une indication sur les distances et les caps.

L'instrumentation comprend également un radar météorologique à affichage couleur. Les couleurs (rouge, jaune et vert) indiquent les zones de précipitation ou des obstacles au sol. Le rouge signale une zone de forte précipitation ou un élément au sol à haut niveau de réflectivité⁽⁵⁾. La direction de l'antenne peut être réglée dans une plage angulaire de $\pm 15^\circ$ en site. Il est à noter qu'à faible hauteur, la zone comprise dans un rayon de quelques milles marins autour du point matérialisant l'avion est essentiellement constituée par les échos provenant du sol. Ceci reste vrai même lorsque l'antenne est relevée au maximum à cause de la réflexion par le sol des lobes secondaires de l'émetteur radar.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Conditions météorologiques observées

Situation générale sur la France entre 0 h 00 et 2 h 00

Le 21 mars 2004, la France était traversée par un flux de sud-ouest à ouest. A 0 h 00, un front froid axé de Quimper à Paris se déplaçait lentement vers le sud-est. A 1 h 30, ce front était sur une ligne Lorient-Alençon. Les précipitations associées étaient faibles.

A l'avant, dans le secteur chaud, une zone de nuages morcelée et faiblement pluvieuse recouvrait la région nantaise. Les précipitations étaient de la bruine issue de strato-cumulus (base 500 ft, sommet 10 000 ft).

Observations à Nantes entre 0 h 00 et 2 h 00

Au sol, le vent était d'ouest 15 kt, avec des rafales à 25 kt, fraîchissant 30 puis 40 kt vers 4 500 ft. La visibilité mesurée par deux transmissiomètres sur l'aérodrome de Nantes Atlantique est restée supérieure à 1 500 m entre 1 h 00 et 2 h 00. L'observation humaine faite à 0 h 00 donnait 3 500 m de visibilité sous de la bruine faible. Les échos du radar pluie de Nantes ne dépassaient pas 2 mm/h.

La turbulence dans les basses couches devait être faible à modérée, comme souvent par vent de sud-ouest. Cela est confirmé par l'extrême variabilité de la mesure de la base des nuages au-dessus de l'aérodrome.

A 0 h 00, la température était de 12 °C et le point de rosée était à 11 °C, soit un taux d'humidité de 94 %. Le QNH, en baisse, était de 1017,5 hPa.

⁽⁵⁾ Le radar météo, fonctionnant sur la bande de fréquence SHF, est adapté pour une réflexion des ondes par la pluie. Il n'est pas sensible aux perturbations dues à des émissions radio.

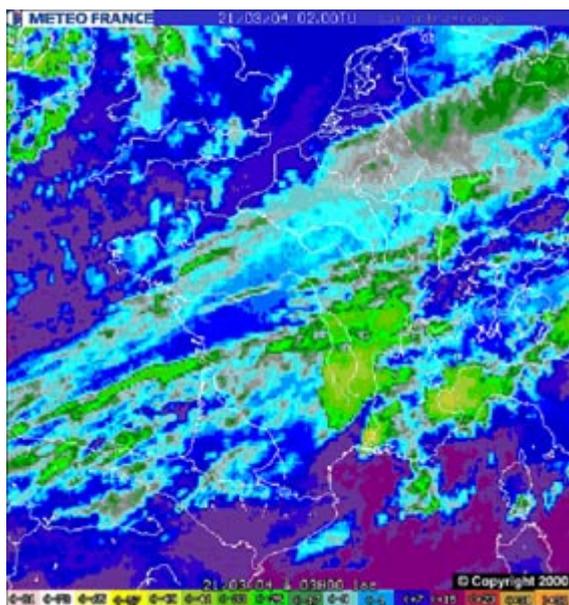


Image satellite donnant la position du front froid le 21 mars 2004 à 1 h 30

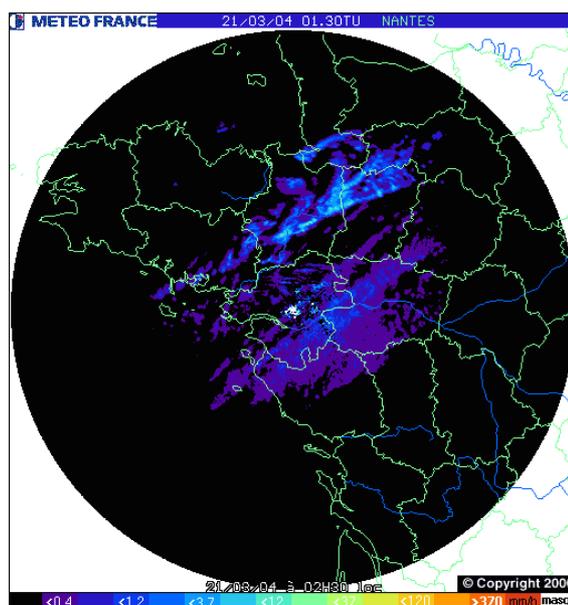


Image du radar pluie pour la région nantaise le 21 mars 2004 à 2 h 00

Les données éoliennes, enregistrées toutes les minutes, donnaient, entre 1 h 00 et 2 h 00, un vent moyen compris entre 14,7 et 22,5 kt et, entre 1 h 25 min et 1 h 35 min, un vent moyen compris entre 14,3 et 18 kt avec des rafales de 22,3 à 24,6 kt.

1.7.2 Observations météorologiques diffusées

Pour l'aérodrome de destination

Le METAR de Nantes Atlantique diffusé le 21 mars 2004 à 0 h 00 faisait état d'un vent du 240° pour 16 kt, d'une visibilité de 3 500 m, de faibles bruines et d'un plafond à 500 ft. La température annoncée était de 12 °C, le point de rosée à 11 °C et le QNH de 1017 hPa. Aucun changement n'était prévu dans les deux heures suivant la diffusion.

Pour l'aérodrome de dégagement

Le METAR de Paris Charles de Gaulle, diffusé le 21 mars 2004 à 1 h 00, faisait état d'un vent du 230° pour 19 kt, d'une visibilité de 8 km, de pluie, de nuages épars à 600 ft et d'un plafond à 1 000 ft, ainsi que d'une température de 11 °C, un point de rosée à 10 °C et un QNH de 1010 hPa. Aucun changement significatif n'était prévu.

1.7.3 Dossier de vol remis à l'équipage par l'exploitant

Le dossier météorologique remis à l'équipage au départ de Louxor comprenait les cartes significatives ainsi que les prévisions le long du parcours. Les prévisions sur Nantes indiquaient, entre 18 h 00 le 20 mars et 12 h 00 le 21 mars, un vent du 240° pour 15 kt avec des rafales à 25 kt, une visibilité de 7 000 m et un plafond à 1 000 ft ; temporairement, entre 21 h 00 et 3 h 00, il était prévu une visibilité de 3 000 m, avec de la pluie, de la bruine et un plafond à 300 ft, évoluant entre 6 h 00 et 8 h 00 vers une visibilité supérieure à 10 km et des nuages épars à 1 200 ft. Enfin, entre 10 h 00 et 12 h 00, il était prévu temporairement un vent du 260° pour 20 kt avec des rafales à 35 kt, une visibilité de 5 000 m, des averses, un plafond de 300 ft et des orages.

1.7.4 Informations reçues en vol par l'équipage

L'ATIS Roméo⁽⁶⁾ de Nantes donnait les informations suivantes : un vent du 240° pour 20 kt avec des rafales à 26 kt, une visibilité de 4 km, une pluie faible, un plafond à 800 ft, une température de 12 °C, un point de rosée à 11 °C, un QNH de 1019 hPa et un QFE de 1016 hPa.

Le contrôleur de Nantes a fourni les informations suivantes :

- à 1 h 14 min 38 s, une visibilité de l'ordre de 4 000 m et une couverture nuageuse morcelée entre 500 et 900 ft ;
- à 1 h 24 min 27 s, une piste mouillée, un vent en surface du 260° à 18 kt avec des rafales à 25 kt ;
- à 1 h 32 min 47 s, alors qu'il guidait l'équipage vers le début de sa deuxième approche, une visibilité de l'ordre de 6 000 m et un plafond vers 700 ft ;
- à 1 h 39 min 02 s, peu avant l'atterrissage, un vent du 260° à 20 kt avec des rafales à 26 kt.

Il a également fourni à plusieurs reprises la valeur du QNH de 1017 hPa.

Remarque : la tour de contrôle ne dispose pas de moyen permettant de localiser une activité orageuse. Le contrôleur n'est en mesure d'indiquer que les orages qu'il peut apercevoir dans les environs immédiats de l'aérodrome.

⁽⁶⁾ L'ATIS Roméo a été enregistré à 21 h 05. Au moment où l'avion arrivait à Nantes, c'est l'ATIS Sierra enregistré à 23 h 30 qui était diffusé. Il indiquait notamment un QNH de 1018 hPa et un plafond de 700 ft.

1.8 Aides à la navigation

Moyens de radionavigation de la procédure

L'approche à Nantes pour la piste 21 utilise le VOR DME NTS sur la fréquence 115,5 MHz.

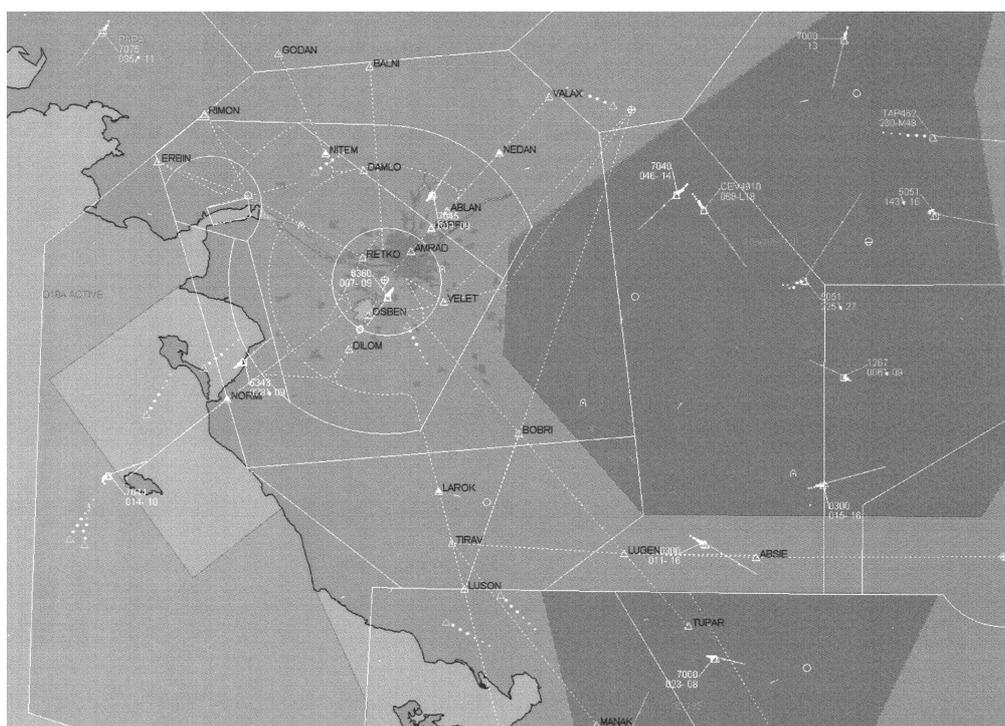
Le dernier contrôle de la station datait du 27 janvier 2004. Tous les paramètres moniteurs du VOR et du DME étaient corrects (ensemble 2 du VOR laissé en service et transpondeur 1 en service). Depuis cette date, aucune alarme du VOR ou du DME n'avait été signalée ; il n'y avait eu aucun appel de la part des contrôleurs ou de message sur l'imprimante du panneau d'état Cat. III (tout changement d'état des systèmes provoque la transmission d'un message).

Après l'incident, un contrôle de l'état du VOR et du DME a eu lieu le 24 mars 2004. Il n'a mis en évidence aucune anomalie. Le listing du panneau d'état Cat. III ne mentionnait aucun changement d'état.

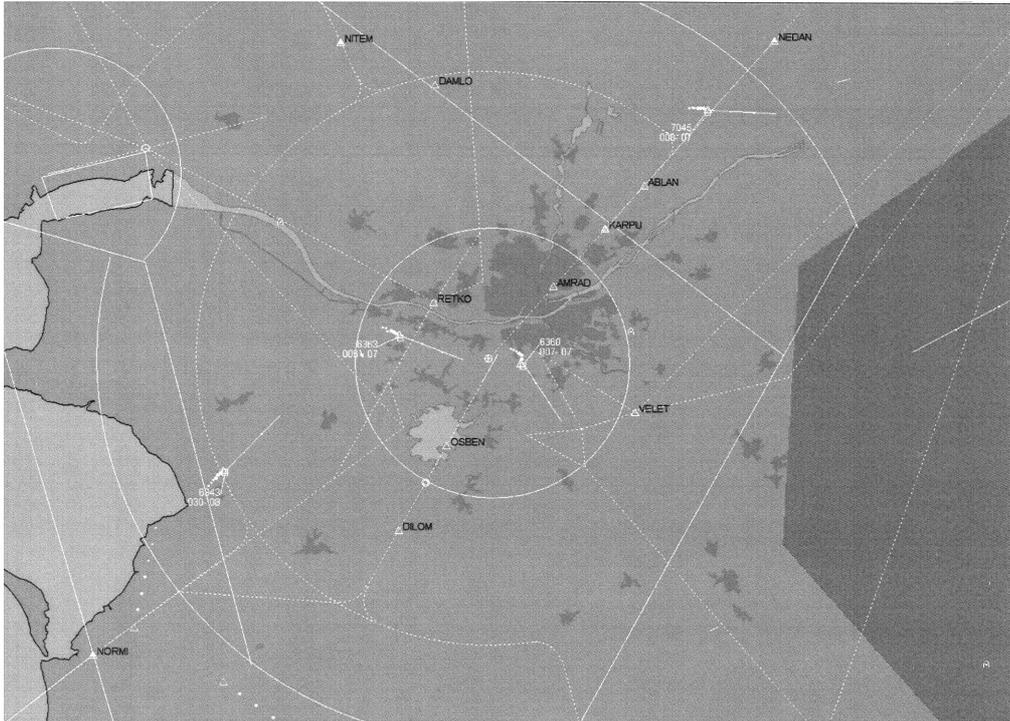
Radar et visualisation

L'organisme du contrôle de Nantes dispose d'une image radar de type IRMA 2000, en service depuis une semaine au moment de l'incident. Cet outil permet de rendre les services de surveillance, d'assistance et de guidage radar (voir § 1.17.3) avec les restrictions correspondant à la précision du système.

Les images ci-dessous donnent une représentation en noir et blanc de l'image IRMA 2000.



Echelle 100 NM



Echelle 40 NM

Cette visualisation peut être alimentée à partir de deux sources :

- un départ du radar monopulse de la Roche-sur-Yon d'une précision de l'ordre⁽⁷⁾ de deux cents mètres ;
- les données STR provenant du traitement de données multiradar du CRNA Ouest, localisé à Brest et associé à une poursuite. C'est un outil développé pour le contrôle en route qui assure, à chaque rafraîchissement, une précision de l'ordre de cent dix à cent vingt mètres pour une évolution en ligne droite et de l'ordre de deux cent cinquante mètres pour une trajectoire en virage.

Deux boutons permettent de sélectionner la source. Il n'existe aucune consigne particulière relative au choix de celle-ci. D'une manière générale, les contrôleurs utilisent l'image STR, qui a l'avantage de fournir à la fois les données du CAUTRA (indicatif de vol), les données de poursuite et la possibilité d'une rémanence plus précise. Le départ du radar de la Roche-sur-Yon offre une meilleure précision dans les basses couches, lorsque l'avion n'est plus en vue de plusieurs radars⁽⁸⁾.

L'altitude affichée dans l'étiquette associée au plot radar est donnée par rapport à la référence 1013,25 hPa. Pour obtenir l'altitude vraie de l'aéronef, le contrôleur doit, soit corriger mentalement la valeur lue de la différence correspondant à l'écart de pression entre cette référence et le QNH, soit maintenir enfoncé un bouton permettant d'afficher directement l'altitude.

⁽⁷⁾ La précision de l'image radar dépend de l'obsolescence de l'information estimée à environ trois secondes, ainsi que d'une précision intrinsèque de la mesure. Par exemple, pour un avion évoluant à la vitesse de 140 kt, on obtient une précision de deux cent vingt mètres.

⁽⁸⁾ Le plot est assorti d'un habillage CAUTRA, mais sans données de vitesse.

La mise en service d'IRMA 2000 a impliqué les différents acteurs ayant participé à son développement (DAC, STNA, CENA). Une formation des utilisateurs a été mise en place. Cependant, il est apparu à l'occasion de l'enquête que ceux-ci avaient une relative méconnaissance des caractéristiques et des capacités du système, et qu'ils n'appréhendaient pas de la même façon les tâches qu'il permet de réaliser.

1.9 Télécommunications

Les radiocommunications des organismes de contrôle de Nantes et de Brest sont enregistrées. Les échanges entre chacun de ces organismes et le vol LXO615 figurent ci-après, ainsi que les échanges téléphoniques entre les deux organismes lors de la phase de coordination.

Communications téléphoniques entre les organismes de contrôle de Brest et de Nantes

Station émettrice	Station réceptrice	Heure UTC	Communications
NANTES	BREST	1:05:17	Oui ?
BREST	NANTES	1:05:17	Tu (t') les poses en 03, je suppose, non ?
NANTES	BREST	1:05:19	Euh, non, 21.
BREST	NANTES	1:05:21	Ah, t'es en 21 ?
NANTES	BREST	1:05:22	Ouais.
BREST	NANTES	1:05:22	C'est ABLAN, alors ?
NANTES	BREST	1:05:23	Ouais, ABLAN, ouais.
BREST	NANTES	1:05:24	D'accord.
NANTES	BREST	1:05:25	Merci.

Radiocommunications avec Brest

Station émettrice	Station réceptrice	Heure UTC	Communications
LXO615	IN	1:07:00	Brest, Luxor 615, bonjour.
IN	LXO615	1:07:05	Luxor 615 Bonjour, descend flight level 240 direct ABLAN.
LXO615	IN	1:07:13	Euh... Would you say again the direct to where and flight level 240, direct ti euh... LAROK?
IN	LXO615	1:07:21	Luxor 615. Euh... Correction descend flight level 120 and direct to ABLAN, <u>A B L A N</u> .
LXO 0615	IN	1:07:29	ABLAN and 120.
IN	LXO 0615	1:07:41	Luxor 615 for information runway 21 in use in Nantes
LXO 0615	IN	1:07:46	Sure, we had information Roméo, merci.

Radiocommunications avec Nantes (129,875 MHz)

Station émettrice	Station réceptrice	Heure UTC	Communications
LXO615	APP	1:14:15	Nantes, LXO615, bonjour.
APP	LXO615	1:14:17	Bonjour, LXO615. Identified, proceed ABLAN direct, descent level 70 initially and expect VOR / DME runway 21.
LXO615	APP	1:14:30	Roger, direct to ABLAN and descent to 70 initially, expect VOR runway 21, information Romeo.
APP	LXO615	1:14:38	Roger, for information, last visibility is about 4000 meters and broken between 500 and 900 feet.
LXO615	APP	1:14:47	OK, thank you.
LXO615	APP	1:17:15	Nantes, LXO615, request further descent.
APP	LXO615	1:17:19	LXO615, descent 3000 feet QNH 1017.
LXO615	APP	1:17:25	3000 feet 1017, LXO615.
APP	LXO615	1:23:08	LXO615, cleared final, report established on 223 radial to Nantes.
LXO615	APP	1:23:12	Roger, cleared final, and cleared procedure. I call you established in the radial 223 to Nantes, leaving 3000 to 500.
LXO615	APP	1:24:23	LXO615, established in the radial 223.
APP	LXO615	1:24:27	Roger, LXO615, you're cleared to land runway 21, runway's wet, and surface wind 260 degrees 18 knots, gusting 25.
LXO615	APP	1:24:39	Roger, cleared to land and ... copied the weather.
APP	LXO615	1:27:10	615, you seem to be a bit low on the.. on the slope.
LXO615	APP	1:27:15	OK we're maintaining 500 feet now.

LXO615	APP	1:27:33	Security, go around now, 615.
APP	LXO615	1:27:42	Yes, too low, you are too low, so go around, please, I call you back.
APP	LXO615	1:28:00	You are on the slope now. If you want to descent, you may descent, you're passing 4 miles on final.
LXO615	APP	1:28:21	Oh yeah, ah... We're passing 4 miles on final, we will make another try.
APP	LXO615	1:28:28	Roger, so climb 3000 feet QNH 1017, and expect radar vectors for VOR / DME 21, call you back to turn.
LXO615	APP	1:28:39	Roger, cleared... climb to 3000 feet and expect.
APP	LXO615	1:28:55	LXO615, turn left heading 050.
LXO615	APP	1:29:01	Left heading 050.
APP	LXO615	1:30:40	LXO615, turn left heading 030.
LXO615	APP	1:30:42	Left heading 030, LXO615.
APP	LXO615	1:31:45	615, turn left heading North.
LXO615	APP	1:31:49	Left heading North, LXO615.
APP	LXO615	1:32:47	615, for information, last visibility about 6 kilometers and ceiling about 700 feet.
LXO615	APP	1:32:52	Roger, LXO615.
APP	LXO615	1:33:00	LXO615, turn left heading 270, intercept 223 radial to Nantes, cleared approach.
LXO615	APP	1:33:07	Roger, to approach, re... left heading 270.
APP	LXO615	1:35:19	LXO615, when passing KARPU, you may leave 3000 feet and down 1500 feet initially, I call you back for lower.
LXO615	APP	1:35:28	Roger, 1500 feet initially when passing KARPU, and then you call us back for lower.
LXO615	APP	1:37:40	Approaching to position AM... AMRAD, requesting go to 500.
APP	LXO615	1:37:47	Maintain 1500 till further advice.
LXO615	APP	1:37:50	Roger.
LXO615	APP	1:38:57	Nantes, LXO615, passing position AMRAD.
APP	LXO615	1:39:02	Roger, LXO615, you may descent, you are cleared to land runway 21, surface wind 260 degrees 20 knots gusting 26.
LXO615	APP	1:39:11	Roger, cleared to land.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Aérodrome de Nantes Atlantique

Nantes Atlantique est un aérodrome civil contrôlé, ouvert à la circulation aérienne publique. Son altitude de référence est de quatre-vingt-dix pieds.

Il dispose d'une piste 03/21 d'une longueur de 2 900 m et d'une largeur de 45 m, équipée de balisages axial, latéral et d'extrémités de piste de haute intensité.

La piste 03 est équipée d'un ILS permettant des approches de catégorie IIIb et d'une rampe lumineuse d'approche. La piste 21 n'est pas équipée de rampe lumineuse d'approche et un seuil décalé réduit la longueur disponible à l'atterrissage à 2 695 m. L'altitude du seuil décalé est de 87 ft. Un indicateur lumineux de pente d'approche (PAPI) est installé à la hauteur de la zone de toucher des roues de cette piste.

Le manuel d'exploitation de la tour de contrôle précise, parmi les consignes opérationnelles de nuit (soit entre 23 h 00 et 6 h 00 locales) les conditions à prendre en compte pour déterminer la piste en service : *« à l'arrivée, le QFU 03 est obligatoire pour tout aéronef jusqu'à un vent arrière inférieur ou égal à 8 kt (6 kt pour un monomoteur) et par faible trafic (pas plus de deux avions en arrivées simultanées à Nantes) »*.

L'utilisation de la piste 21 à l'arrivée du vol LXO615 était conforme à ces consignes.

1.10.2 Procédures d'approche

1.10.2.1 Généralités

Le texte réglementaire régissant la conception des procédures d'approche aux instruments est l'instruction 20754 DNA du 12 octobre 1982. Cette instruction est régulièrement amendée par un groupe d'experts afin de respecter au mieux les spécifications internationales (OACI - DOC 8168).

La conception et les modifications d'une procédure sont étudiées par la Direction de l'Aviation Civile compétente (la DAC-Ouest, pour les procédures d'approche de l'aérodrome de Nantes). Leur publication est assurée par le Service de l'Information Aéronautique sous la forme de bulletins réguliers de mise à jour de l'AIP (Aeronautical Information Publication).

Une procédure d'approche publiée (carte IAC) garantit qu'un aéronef évoluant dans les protections associées à la procédure et respectant le pente de descente survole les obstacles à une hauteur compatible avec le respect des marges de franchissement réglementaires.

1.10.2.2 Procédure VOR DME 21

La procédure d'approche aux instruments VOR DME piste 21⁽⁹⁾ à Nantes (voir annexe 2) prévoit la rejoincte de l'axe d'approche depuis le repère d'approche initial (IAF), en suivant un arc DME à 15 NM de NTS.

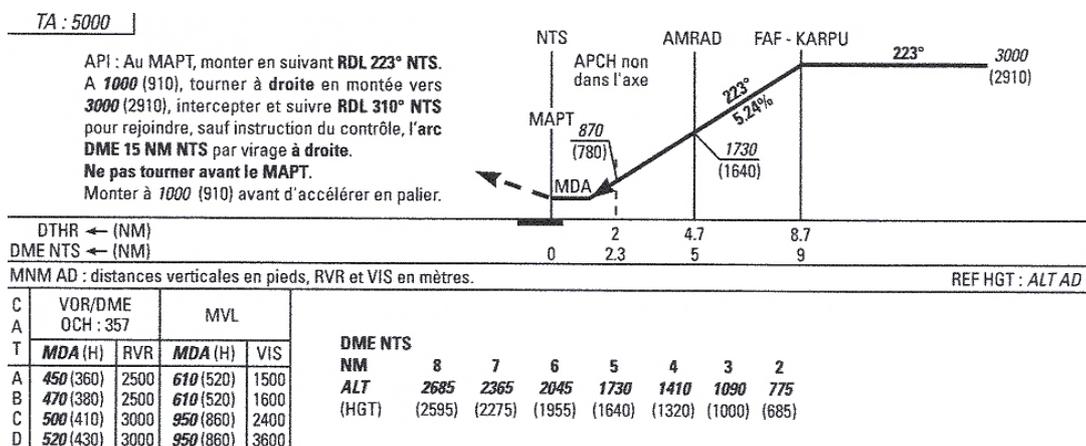
Elle se décompose en quatre segments :

- le segment d'approche initiale : il commence à l'IAF (LAROK dans le cas de l'arrivée du vol LXO615) et se termine à ABLAN. Il permet à l'aéronef de rejoindre l'axe d'approche finale ;
- le segment d'approche intermédiaire : il débute à ABLAN et s'achève à KARPU. Selon l'instruction 20754 DNA du 12 octobre 1982, paragraphe 1.5.1, « il s'agit du segment qui permet de faire la liaison entre le segment d'approche initiale et le segment d'approche finale. Sur ce segment, la configuration de l'aéronef, sa vitesse et les corrections d'alignement préparent l'établissement de l'aéronef sur le segment d'approche finale ». Le paragraphe 1.5.3 ajoute : « La longueur minimale doit correspondre à un temps de vol de 30 secondes à la vitesse d'approche initiale. » ;
- le segment d'approche finale : il débute à KARPU à 3 000 ft et se termine à NTS ;
- le segment d'approche interrompue : il débute à NTS et s'achève lorsque l'aéronef a atteint l'altitude minimale pour exécuter la trajectoire suivante (nouvelle approche ou déroutement vers un autre aéroport, par exemple).

Après le passage de KARPU, deux repères sont publiés assortis d'une altitude minimale de survol :

- AMRAD, situé à 5 NM de NTS, qui doit être survolé à une altitude minimale de 1 730 ft ;
- le point situé à 2,3 NM de NTS, qui doit être survolé à une altitude minimale de 870 ft.

Afin d'aider le pilote à contrôler régulièrement sa descente, la carte d'approche comporte une série de couples (distance à NTS, altitude correspondante) qui lui permettent d'évaluer son écart par rapport à la pente publiée et de le corriger. De la même manière, le pilote peut déterminer la vitesse de descente qu'il doit adopter en fonction de sa vitesse sol.



⁽⁹⁾ L'approche ne s'effectue pas selon l'axe de la piste ; il existe une divergence de 13°.

A l'issue de son approche finale, le pilote ne doit pas descendre en dessous de l'altitude minimale de descente (MDA) tant qu'il n'a pas acquis les repères visuels extérieurs nécessaires à l'atterrissage. Il détermine la MDA à l'aide de la carte d'approche en fonction de la catégorie de son avion. Pour un avion de la catégorie du MD-83, le MDA est de cinq cents pieds.

Si ces repères ne sont pas acquis, au plus tard au MAPt (point d'approche interrompue), matérialisé par le VOR/DME NTS, le pilote doit entamer la procédure de remise de gaz.

Remarque : la représentation de la procédure sur la carte Jeppesen du 4 juillet 2003 (voir annexe 2), utilisée par l'équipage, diffère légèrement de la procédure publiée. Elle présente un risque de confusion entre le point de passage à D2.3 et le début de palier avant le MAPt, et donc entre l'altitude de passage à D2.3 et la MDA. Par ailleurs, la zone grisée représentant la zone urbaine sur la carte IAC n'est pas reprise.

1.10.2.3 Les protections

L'aire de protection de la procédure est construite de part et d'autre de l'axe d'approche, matérialisé par le radial 043° de NTS. Cette aire est évasée, c'est-à-dire qu'elle est d'autant plus large que l'on s'éloigne de NTS. L'angle de cet évasement vaut 7,8°. Seuls les obstacles situés sous cette aire sont pris en compte pour la fixation des hauteurs de survol. Un dessin des aires de protection à Nantes figure en annexe 1.

La pente de descente publiée (5,24 %) doit être suivie au plus près par le pilote⁽¹⁰⁾. L'OACI recommande en effet que toutes les approches, y compris les approches classiques, soient construites sur le principe des approches stabilisées. Si par le passé certaines approches pouvaient comprendre une succession de descentes et de paliers servant à neutraliser les obstacles, la France a adopté depuis une politique de conception basée sur un taux de descente constant. Le respect de la pente et des altitudes de passage aux repères tels que AMRAD et D2.3 NTS remplace les paliers des anciennes procédures ; il permet de garantir le survol de l'obstacle le plus pénalisant (dans ce cas, la Tour de Bretagne située à AMRAD, qui culmine à une altitude de 458 ft) avec les marges réglementaires.

L'approche interrompue fait également l'objet d'une étude de franchissement des obstacles, similaire à celle menée pour l'approche finale.

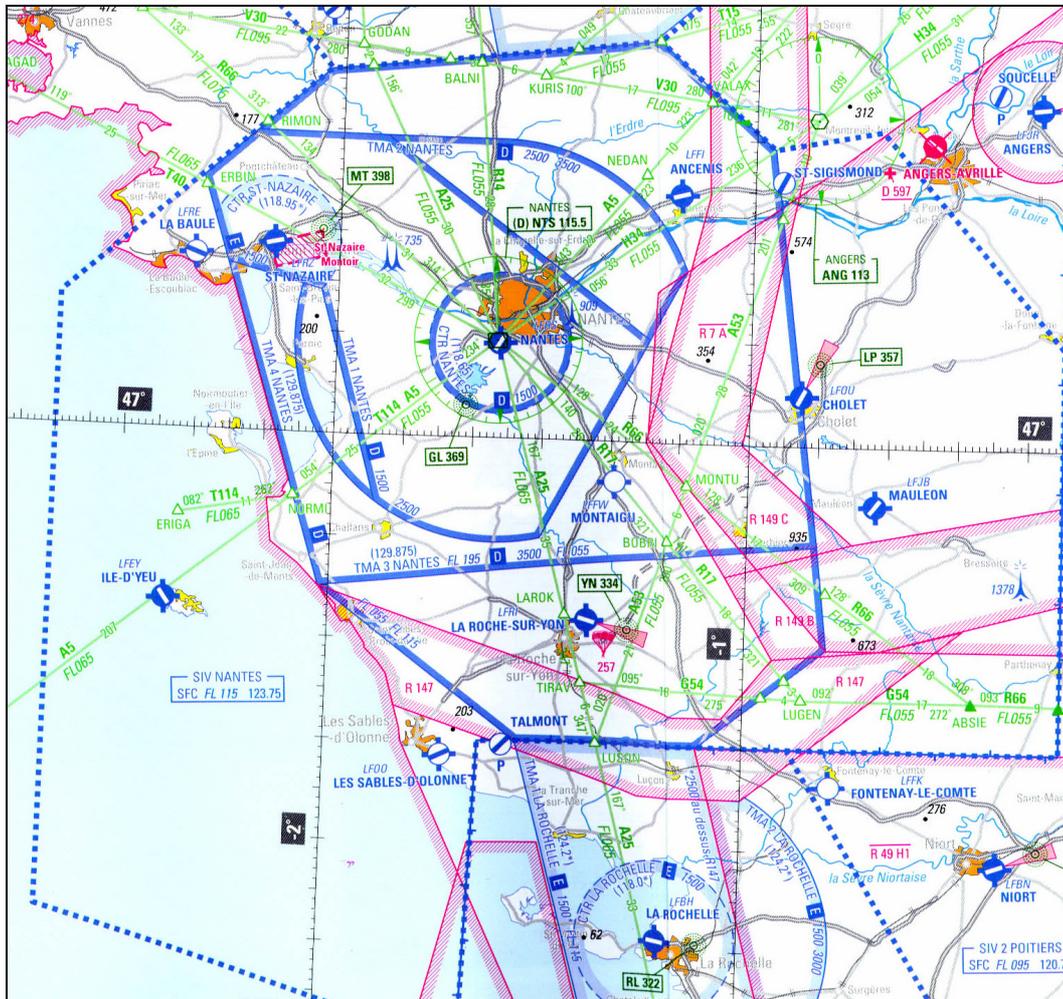
1.10.3 Organisme de la circulation aérienne à Nantes

Généralités

L'organisme de la circulation aérienne de Nantes Atlantique rend les services du contrôle, d'information de vol et d'alerte.

⁽¹⁰⁾ Le taux calculé sans vent pour respecter le profil de descente à une vitesse de 140 kt est voisin de 700 ft/min.

Les espaces aériens qu'il gère se composent d'une CTR de classe D centrée sur l'aérodrome, d'une TMA de classe D et d'un SIV (Secteur d'Information de Vol). Une lettre d'accord décrit les échanges entre le CRNA Ouest et l'approche de Nantes. Elle précise que les portions de voies aériennes de classe E situées dans les limites du SIV Nantais sont également gérées par Nantes, entre leur plancher et le niveau de vol 115.



La lettre d'accord confie à Nantes la gestion des aéronefs au départ et à l'arrivée des aérodromes situés dans le volume du SIV : Saint-Nazaire, La Baule, l'île d'Yeu, Les Sables d'Olonne, La Roche-sur-Yon, Mauléon, Montaigu, Cholet, Ancenis. Elle ajoute que des procédures particulières existent entre les deux organismes pour des vols au départ ou à l'arrivée des aérodromes proches du SIV : Rennes, La Rochelle, Niort et Poitiers. Pour la coordination à l'arrivée, cette même lettre indique que « *sauf cas particulier, Brest livre les arrivées vers Nantes [...] à un niveau de vol supérieur ou égal à 120, en route vers l'IAF associé à la trajectoire standard d'arrivée* ».

Une portion de la CTR est déléguée au contrôle d'aérodrome.

Le manuel d'exploitation de l'aérodrome prévoit que le transfert de la fréquence Approche à la fréquence Tour s'effectue au plus tard une minute avant le passage du FAF ou du FAP. Le changement de fréquence doit s'effectuer même lorsque les positions sont regroupées.

Le manuel d'exploitation fixe le minimum d'espacement radar à 8 NM, ce qui correspond à la norme nationale. Cette norme de séparation est décrite comme la somme d'une séparation de 5 NM, conformément au RCA 3, et d'une imprécision de 3 NM. Cette notion d'imprécision décrite dans le manuel est héritée des performances des traitements multiradar d'ancienne génération et est obsolète. Toutefois, étant donné les évolutions des avions en zone terminale, on conserve en approche une séparation de 8 NM comme standard national, en l'absence de radar d'approche.

Remarque : cette valeur de 8 NM peut apparaître comme étant due à une imprécision du radar. En fait, elle a été établie pour tenir compte de l'incertitude sur la position relative des avions entre deux rafraîchissements de l'image (huit secondes) ainsi que d'une marge de sécurité.

Organisation du travail

La tour de contrôle dispose de quatre postes de travail (SOL, LOC, APP et SIV) qui peuvent être regroupés sur la position LOC lorsque la charge de travail le permet.

Le tour de service prévoit la présence de deux contrôleurs, dont un Chef de Tour, entre 0 h 00 et 6 h 30 min (heure locale). Les deux contrôleurs s'accordent sur l'organisation de leurs temps de pause. En pratique, du fait de ces pauses, il est courant qu'un seul contrôleur assure le service du contrôle durant cette période, le second se trouvant dans la salle de repos, toujours disponible en cas de besoin.

1.11 Enregistreurs de bord

L'avion était équipé des deux enregistreurs réglementaires de bord :

- un enregistreur phonique ou CVR, enregistrant en boucle les trente dernières minutes de vol ;
- un enregistreur de paramètres ou FDR, enregistrant en boucle les vingt-cinq dernières heures de vol.

Il n'était pas équipé d'un QAR, celui-ci n'est pas obligatoire en Egypte.

L'avion ayant effectué environ trente-cinq heures de vol entre l'incident et le moment où les enregistreurs ont été déposés, les informations relatives à l'incident avaient été effacées.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Sans objet.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Capture d'un radial par le pilote automatique

L'équipage a signalé une défaillance dans la capture par le pilote automatique du radial 043° de NTS, alors que le copilote avait armé le mode VOR LOC lorsque l'avion arrivait sur ABLAN. Ce mode armé, le pilote automatique est en effet passé en mode VOR CAP et l'avion a viré afin d'intercepter l'axe de percée, mais sans s'aligner sur cet axe. Le mode VOR TRK ne s'est pas activé. La reconstitution de la trajectoire montre que l'avion a bien suivi une route orientée au 223°, mais 0,8 NM à gauche du radial. Après avoir annoncé au contrôleur qu'il était aligné, le commandant de bord a vérifié sa position et a noté cet écart par rapport à l'axe. Lors des entretiens, les pilotes ont donné le nom « d'early capture » à ce phénomène qu'ils avaient déjà rencontré.

Le NTSB américain a été interrogé à propos de ce phénomène et a effectué les recherches correspondantes. Il en ressort que le pilote automatique a été conçu afin d'intercepter un radial selon un angle inférieur ou égal à 90°. Au-delà de cette limite, les performances du système sont indéterminées. Le phénomène observé n'est donc pas en contradiction avec les spécifications du pilote automatique, puisque l'angle d'interception était proche de 110°.

En revanche, cette limitation n'est pas précisée dans le manuel de vol de l'avion. Les pilotes ne semblent en prendre connaissance que selon une tradition orale.

1.16.2 Reconstitution des évolutions de l'avion

Enregistrements radar

En l'absence de données FDR, les données du radar secondaire mono-impulsion de la Roche-sur-Yon ont été utilisées pour reconstituer la trajectoire de l'avion. Ces données ont été extraites de l'enregistrement SNER⁽¹¹⁾ à partir des spécifications de format d'enregistrement définies par le Service Technique de la Navigation Aérienne. Il convient par conséquent de rappeler quelques éléments sur leur nature ainsi que sur la précision de la reconstitution de la trajectoire. Il est à noter qu'il n'y avait pas d'autre trafic en approche sur l'aérodrome pendant l'incident.

Nature des données exploitées

La vitesse de rotation de l'antenne du radar de la Roche-sur-Yon est de 7,5 tours par minute, soit un tour toutes les huit secondes. Par conséquent, les données sont échantillonnées avec une période de huit secondes.

Les coordonnées géographiques ont été recalculées à partir des positions relatives données par le radar de la Roche-sur-Yon. Les informations de niveaux de vol ont été transmises au radar par le transpondeur de l'avion, leur référence d'altitude est l'isobare 1013,25 hPa. Une correction de QNH a été effectuée pour obtenir une altitude par rapport au niveau de la mer. Le QNH enregistré par la station radar au moment de l'événement était de 1017 hPa, ce qui induit une correction⁽¹²⁾ de + 105 ft.

Estimation des erreurs sur la position

Dans le plan horizontal, d'après une évaluation effectuée en décembre 2002, la distance radiale donnée par le radar de La Roche-sur-Yon présente un biais non corrigé de + 93 m. De plus, les précisions de mesure à 95 % de probabilité de ce radar sont de 0,02 NM pour la distance radiale et de 0,04° pour l'azimut. Ceci conduit, lors de la remise des gaz, à une précision de soixante mètres d'une part selon la direction de l'est, d'autre part selon la direction du nord.

Selon l'axe vertical, la résolution du paramètre « niveau de vol » est de cent pieds, les calculateurs embarqués arrondissant la valeur de la mesure à la centaine de pieds la plus proche. Cette erreur d'arrondi est donc inférieure à cinquante pieds. Il faut lui rajouter l'erreur dans la mesure de la pression statique, généralement inférieure à un hectopascal. Le cumul de ces deux erreurs donne une incertitude de quatre-vingts pieds sur l'altitude enregistrée.

⁽¹¹⁾ Système Numérique d'Enregistrement et de Relecture, système d'enregistrement des données radar développé par le STNA et installé dans les principaux centres de contrôle français.

⁽¹²⁾ Dans les basses couches un écart de pression de 1 hPa correspond à une différence d'altitude de 28 ft. Ainsi la correction de QNH est de $(1017-1013,25)*28 = 105$ ft.

Détermination de la trajectoire

Les données radar ont permis de reconstituer la trajectoire en trois dimensions de l'avion (voir annexes 5 et 6).

Après correction du QNH, l'altitude minimum enregistrée par le radar durant l'événement est de 505 ft. Trois points consécutifs ont été enregistrés avec cette altitude. A la verticale de ces points, l'altitude topographique de zone culmine à 31 m, soit environ 102 ft. La hauteur minimale de l'avion par rapport au sol a donc été de 400 ± 80 ft.

Détermination de la vitesse verticale

L'échantillonnage des données radar permet de dire que l'avion s'est mis en descente entre les instants 1 h 24 min 47 s et 1 h 24 min 55 s.

Exploitation des données de la trajectoire verticale

Etant donné l'incertitude de 80 ft des valeurs d'altitude, celle sur la différence d'altitude entre deux points est de 160 ft. Elle ne permet pas un calcul fiable de la vitesse verticale entre deux points successifs (séparés de huit secondes), car elle induit pour celle-ci une incertitude de $160/8 \times 60 = 1\ 200$ ft/min. Seule une vitesse moyenne calculée sur une période de temps relativement longue possède une incertitude suffisamment petite pour que le résultat soit significatif.

La vitesse verticale moyenne calculée entre le point à 1 h 24 min 55 s (premier point enregistré de la descente) et le point à 1 h 27 min 10 s (dernier point enregistré de la descente) est de l'ordre de 970 ft/min. Compte tenu de l'erreur sur l'altitude, l'incertitude sur cette valeur de vitesse verticale est estimée à 70 ft/min.

La courbe de profil vertical semble indiquer une variation dans le taux de descente entre les instants 1 h 25 min 35 s et 1 h 25 min 43 s. De plus, l'équipage a indiqué avoir subi d'importantes turbulences et un taux de chute important peu avant de couper l'axe, soit autour de ces instants.

Le calcul fait apparaître que :

- la vitesse verticale moyenne entre le point de la descente à 1 h 24 min 55 s et le point enregistré à 1 h 25 min 35 s est d'environ 730 ft/min, avec une incertitude importante estimée à 240 ft/min ;
- la vitesse verticale moyenne entre le point enregistré à 1 h 25 min 43 s et le point bas de la trajectoire à 1 h 27 min 10 s est d'environ 1 030 ft/min, avec une incertitude estimée à 110 ft/min.

Tenue de vitesse verticale par le pilote automatique

Le NTSB a été contacté afin de rechercher un éventuel lien entre les performances du pilote automatique et la courbe de profil vertical obtenue à partir des données radar. Il en ressort que le mode Vs est conçu pour stabiliser la vitesse verticale à une valeur de la plage définie par la valeur sélectionnée ± 100 ft/min, que le calculateur maintient ensuite cette valeur stabilisée avec une précision de 50 ft/min, et que lors de la transition vers une autre valeur de vitesse verticale, le calculateur n'autorise pas un dépassement de la valeur cible supérieur à 100 ft/min. Ces performances sont valides dans la plupart des conditions turbulentes.

Conclusions

L'équipage a indiqué avoir sélectionné une consigne de 700 ft/min lors de la mise en descente peu avant KARPU. Etant donné les spécifications de la tenue de vitesse verticale par le pilote automatique, cette valeur est compatible avec les calculs entre les instants 1 h 24 min 55 s et 1 h 25 min 35 s. En revanche, elle ne l'est pas avec les valeurs de vitesse verticale calculées à partir des données enregistrées par le radar après l'instant 1 h 25 min 35 s.

Deux hypothèses se présentent donc : soit l'équipage a sélectionné une vitesse verticale supérieure à 700 ft/min dès le début de la descente, soit il a modifié sa vitesse verticale durant la descente vers une valeur proche de 1 000 ft/min.

Détermination de la vitesse sol

L'information de vitesse fournie est calculée à partir des positions successives de l'avion à l'aide, d'une part, d'un modèle dynamique (évolutions dans le plan vertical et dans le plan horizontal) et, d'autre part, de méthodes de filtrage numérique. En outre, lorsqu'un avion à basse altitude n'est plus visible que par un seul radar, les informations peuvent être moins fiables et moins précises. C'est pourquoi, l'enregistrement des vitesses sol ne permet de dégager qu'une tendance d'évolution.

Entre les instants 1 h 24 min 31 s et 1 h 25 min 42 s les vitesses sol enregistrées varient de 123 kt à 141 kt, avec une moyenne proche de 131 kt.

Entre les instants 1 h 25 min 50 s et 1 h 27 min 25 s les vitesses sol enregistrées varient de 110 kt à 118 kt, avec une moyenne d'environ 113 kt.

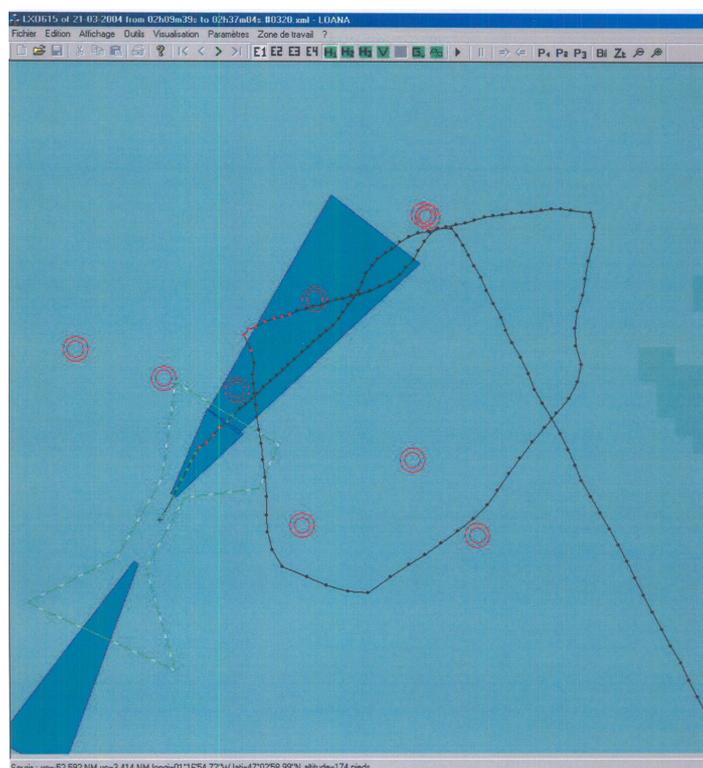
Cette tendance indique une importante diminution de la vitesse sol, liée à l'augmentation du vent de face (voir § 1.7 et § 1.18.1).

1.16.3 Système sol d'alerte d'altitude

Description du système

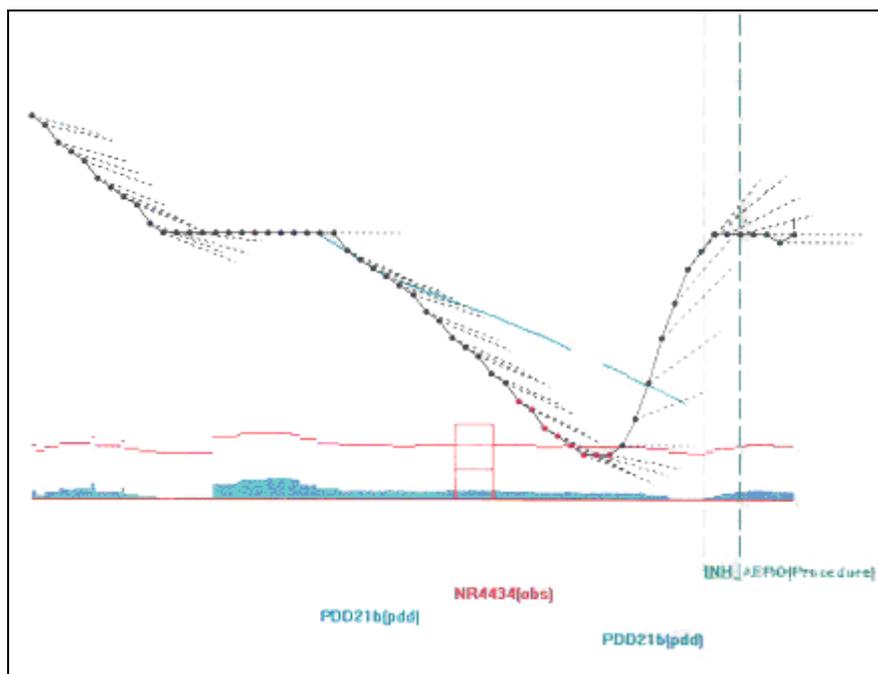
Le MSAW est un système qui, sur la base des données radar STR et d'une enveloppe définie autour de la trajectoire d'approche, alerte le contrôleur en cas de rapprochement jugé dangereux de l'avion par rapport au sol. Un paramétrage spécifique tenant compte de l'environnement⁽¹³⁾ et des procédures est nécessaire pour donner des alertes fiables.

Le système était en phase d'évaluation à Nantes depuis le 18 mars. Comme il n'était pas encore opérationnel, les alarmes n'étaient pas présentées au contrôleur. Une simulation a été effectuée en utilisant les données enregistrées du radar. Sur la représentation graphique de cette simulation, les points rouges indiquent les plots radar qui auraient généré une alarme.



Représentation radar

⁽¹³⁾ Le logiciel utilise une carte IGN numérique qui inclut les obstacles fins ainsi qu'une extrapolation du vecteur vitesse.



Coupe verticale

Utilisation opérationnelle

Après une alerte MSAW, plusieurs paramètres sont à prendre en compte dans le calcul du temps nécessaire pour que l'avion remette les gaz. Il faut tenir compte :

- du temps de détection de l'alerte par le contrôleur ;
- du temps nécessaire à l'identification de l'avion et à la transmission du message à l'équipage concerné, ce temps pouvant être significativement allongé si la fréquence est occupée ;
- du temps de réaction de l'équipage et du temps nécessaire pour l'obtention d'une trajectoire ascendante de l'avion après la remise de gaz.

Le temps moyen estimé qui correspond à la somme de ces délais est de quarante secondes (données CENA).

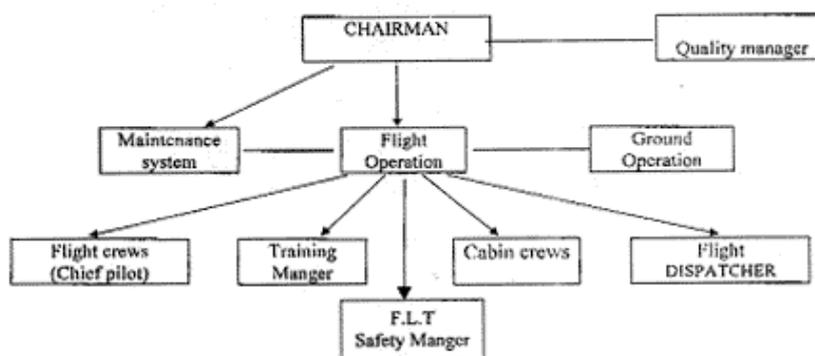
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Luxor Air

Généralités

La compagnie Luxor Air effectue du transport international non régulier, essentiellement entre l'Europe et l'Égypte. Fondée en 2000, elle a débuté son exploitation avec des Boeing 707. Depuis 2002, elle utilise deux MD-83 en location.

Organisation à la date du 20 avril 2004 :



Exploitation

L'exploitant emploie vingt et un pilotes. Onze sont commandants de bord et, parmi eux, trois sont instructeurs.

La partie « généralités » de son manuel d'exploitation est datée du 15 juillet 2002 et décrit les procédures d'exploitation, dont la répartition des tâches. Un directeur de la sécurité a été nommé le 1^{er} juin 2002 et un manuel de sécurité des vols a été mis en place en juin 2003. Ce manuel prévoit des dispositions pour l'analyse d'incidents et de comptes-rendus anonymes, ainsi que la mise en oeuvre d'audits internes de sécurité ; aucun document participant au retour d'expérience n'a toutefois été rédigé à ce jour par le service de sécurité des vols.

Répartition des tâches

Le manuel d'exploitation précise que l'équipage « doit surveiller attentivement la trajectoire d'approche et la séparation avec les obstacles ». L'exploitant impose également à ses équipages de stabiliser l'approche au plus tard à mille pieds en conditions IMC.

La répartition des tâches en procédures normales sous pilote automatique est décrite dans le manuel d'exploitation comme suit :

<i>Pilote en fonction</i>	<ul style="list-style-type: none"> • assure le suivi de la trajectoire • sélectionne la vitesse, l'altitude et les caps • ordonne la configuration de l'avion • assure la navigation
<i>Pilote non en fonction</i>	<ul style="list-style-type: none"> • lit les check-lists normales • exécute les actions demandées par le PF • effectue les actions sur le panneau supérieur • assure les communications • surveille et effectue un contrôle croisé de la trajectoire à tout instant • surveille les changements de conditions de vol en dessous de 10 000 ft.

Il est à noter qu'une partie de la documentation de bord se trouve dans un compartiment à bagage de la cabine passager.

Formation

L'entraînement des pilotes de Luxor Air se compose d'une séance de simulateur par an suivie d'un contrôle. Le programme inclut des approches classiques. Les pilotes font également l'objet d'un contrôle en ligne annuel. Il n'est pas prévu de formation à la gestion des ressources de l'équipage⁽¹⁴⁾.

Un pilote nouvellement engagé doit, pour exercer en tant que commandant de bord et s'il était commandant de bord sur le même type d'avion dans une autre compagnie, subir un test sur simulateur puis effectuer au moins trente heures de vol avec l'un des instructeurs.

1.17.2 Autorité de tutelle

La Direction générale de l'aviation civile égyptienne (Egyptian Civil Aviation Authorities) a mis en place un programme d'inspection et de contrôle des compagnies aériennes conforme aux normes et pratiques internationales. Ce programme se décompose de la manière suivante :

- une inspection hebdomadaire des procédures de maintenance ;
- un contrôle mensuel des avions (équipements, etc.), des temps de vol et du respect des limitations de temps de travail des navigants ;
- une inspection trimestrielle plus approfondie de l'exploitation ;
- des inspections inopinées au pied de l'avion.

En ce qui concerne l'entraînement, les simulateurs doivent être approuvés et les contrôles annuels être effectués par des instructeurs agréés.

1.17.3 Règlement de la Circulation Aérienne

Extraits du Règlement de la Circulation Aérienne relatifs à la délivrance de la clairance d'approche, aux renseignements à fournir en approche finale et à l'utilisation du radar :

Clairance d'approche

La section 4.4.1.1 du RCA3 définit les clairances d'approche que peut délivrer un contrôleur. Ainsi, un aéronef peut recevoir une clairance d'arrivée complémentaire, assortie d'une clairance d'approche, pour rejoindre directement un segment défini

⁽¹⁴⁾Le chapitre 9, paragraphe 3 « *programme d'instruction des équipages de conduite* » de l'Annexe 6 (OACI) stipule que le programme d'instruction portera notamment « *sur la coordination des tâches des membres de l'équipage de conduite [...]* »

de la procédure d'approche aux instruments sans passer à l'IAF et débiter une approche à partir de ce segment. Cette clairance d'arrivée complémentaire tient compte de l'altitude minimale de sécurité. L'altitude autorisée et l'orientation du dernier tronçon de la trajectoire d'arrivée doivent être compatibles avec le segment de la procédure que l'aéronef est autorisé à rejoindre.

Il n'est pas précisé plus avant le sens du mot « compatible », laissé à l'appréciation du contrôleur.

D'autre part, il est précisé dans cette section que « *Si un aéronef signale qu'il ne connaît pas une procédure d'approche aux instruments ou si le fait devient évident pour l'organisme chargé des services de la circulation aérienne, celui-ci devra apporter toute aide nécessaire en temps voulu. Si la procédure est décrite, la procédure d'approche interrompue est explicitée si cela est jugé nécessaire.* »

Renseignements transmis par le contrôleur au cours de l'approche finale

La partie 4.3.7.3 du RCA3 précise les renseignements transmis aux aéronefs lors de l'approche finale, dont :

- apparition de danger ;
- direction et vitesse du vent, variations significatives.

En particulier, le contrôleur doit avertir les aéronefs du développement d'une activité orageuse s'il en a connaissance.

Utilisation du radar

Dans son chapitre X, le RCA3 définit l'emploi du radar par le contrôleur. Il y est ainsi précisé que la « surveillance radar consiste à utiliser le radar pour mieux connaître la position des aéronefs ». Elle permet notamment :

- d'assurer le service du contrôle, en constatant l'espacement à l'aide du radar entre deux aéronefs contrôlés bénéficiant de l'espacement ;
- de fournir à l'organisme du contrôle de la circulation aérienne des renseignements sur tout écart significatif de la part des aéronefs aux clairances qui leur ont été délivrées, et notamment aux routes qu'ils ont été autorisés à suivre. Le service d'assistance radar consiste notamment à prévenir les aéronefs de ces écarts.

Il n'y a aucun caractère impératif à une surveillance radar continue de la part du contrôleur d'approche.

Le chapitre IV du RCA3 stipule que le commandant de bord est responsable de la prévention des collisions avec le relief sauf s'il évolue sous guidage radar.

Le RCA indique que lorsque l'organisme de contrôle dispose d'un radar d'aérodrome, ce dernier pourra être utilisé par un contrôleur d'aérodrome pour confirmer l'observation visuelle de la position des aéronefs dans le circuit d'aérodrome. Il n'y a pas de radar d'aérodrome à Nantes. Toutefois, le paragraphe 2.1.4.2 du RCA3 précise que :

- lorsqu'une partie de l'espace aérien au voisinage d'un aérodrome est déléguée du contrôle d'approche vers le contrôle d'aérodrome, l'organisme chargé du contrôle d'aérodrome assure le service du contrôle d'approche ;
- lorsqu'il n'y a pas délégalion, un avion est transféré de l'approche vers l'aérodrome lorsqu'il a atterri.

Il s'ensuit que, dans tous les cas, un vol IFR est sous contrôle d'approche jusqu'au moment où il a atterri. A Nantes, il y a délégalion et le vol LXO615 bénéficiait donc des services du contrôle d'approche, en particulier de l'assistance radar.

Description des tâches à effectuer par le contrôleur

En plus de la surveillance radar, le contrôleur doit effectuer les actions suivantes avant l'atterrissage d'un avion :

- transmission et vérification des paramètres météorologiques. A cette fin il dispose d'un écran situé à gauche de l'image radar, présentant le dernier METAR (il n'y a pas de mise à jour entre 0 h 00 et 3 h 00), le vent, les pressions, la hauteur de la base des nuages et la RVR. Il doit également effectuer un tour d'horizon pour évaluer la visibilité ;
- allumage et réglage du balisage à l'aide d'une dalle tactile, placée à proximité de son poste de travail ;
- vérification visuelle de la piste et de la plate-forme.

1.17.4 Cheminement de la notification au BEA

Le manuel d'exploitation de l'aérodrome de Nantes Atlantique indique la procédure suivante en cas d'incident d'aviation et notamment à la suite d'un « risque de collision avec le sol ou avec un autre aéronef » :

- le chef de quart de la tour doit informer le bureau de piste (ouvert H24) ;
- le bureau de piste doit prévenir l'ingénieur de permanence opérationnelle et la brigade de gendarmerie des transports aériens.

Le manuel d'exploitation propose en outre un message de type « avis d'incident » dont le BEA est l'un des destinataires. Il n'est pas précisé qui est l'expéditeur de ce message, mais, dans la pratique, c'est le bureau de piste qui s'en charge.

Les définitions d'accidents et d'incidents servant de base aux procédures de notification sont contenues dans un document publié le 3 juin 1957. Elles ne correspondent pas à celles en vigueur conformément au Livre VII du Code de l'Aviation Civile et à l'arrêté du 18 avril 2003 indiquant les incidents devant être portés à la connaissance du BEA.

Le contrôleur en poste à la tour a rempli immédiatement après l'incident une fiche de notification d'évènement pour une remise de gaz et un non-respect de la procédure, dans laquelle il a précisé que l'avion était passé au-dessus de la ville à six cents pieds, soit mille pieds trop bas. Il n'a pas informé le bureau de piste de l'évènement.

Le dimanche matin, la chambre de commerce et l'aérodrome ont reçu des appels de personnes se plaignant de nuisances sonores durant la nuit. Le chef de tour a donc prévenu vers 13 h 00 l'ingénieur de permanence opérationnelle qu'il devrait s'attendre à des plaintes de riverains pour des problèmes d'environnement.

C'est l'unité d'analyse de la qualité du service (QS) qui est chargée d'examiner les éventuelles FNE. Cette unité fait partie de la subdivision Etudes et Qualité de Service. L'assistant de la QS était en arrêt de maladie à cette date, seul le chef de subdivision restait disponible pour s'occuper du traitement des fiches. Il n'a pas eu le temps de traiter immédiatement la fiche de l'évènement du LXO615 car d'autres incidents survenus le même week-end paraissaient prioritaires

C'est le mardi en fin de matinée, qu'un témoin a appelé l'ingénieur de permanence et lui a décrit l'évènement du LXO615. Ce dernier a alors demandé en priorité le traitement de cet évènement. Constatant que l'altitude minimum de survol était inférieure à celle inscrite sur la FNE et qu'il y avait également un important écart latéral par rapport à la trajectoire d'approche publiée, l'ingénieur de permanence a averti sa hiérarchie, alors en réunion à Brest. Ce n'est finalement que vers 18 h 00 locales qu'il lui a été demandé de notifier l'évènement au BEA.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Synthèse des témoignages

Remarque : les personnes intéressées ont été rencontrées peu de temps après l'incident.

Le commandant de bord

L'ATIS Roméo prise, le briefing a été effectué par le copilote pour une approche VOR DME pour la piste 21. L'aérodrome de décollage était Paris Charles de Gaulle. Il y avait suffisamment de carburant et l'aérodrome était accessible.

Une fois dirigé vers ABLAN, l'équipage s'est organisé pour arriver vers trois mille pieds en configuration d'atterrissage.

Les ND ont été réglés en mode MAP à gauche et ARC à droite. Le copilote a armé le mode VOR LOC du pilote automatique et l'avion a débuté un virage vers la gauche. En sortie de virage, le commandant de bord a annoncé au contrôle qu'ils étaient établis sur l'axe, puis il l'a vérifié sur les instruments. Il a fait remarquer au copilote un écart par rapport à l'axe alors que le mode affiché au FMA était VOR CAP.

Le copilote a sélectionné HDG SELECT pour intercepter l'axe. A huit milles marins, le commandant de bord a vérifié les paramètres et noté une vitesse de 140 kt et une vitesse verticale de 700 ft/min. Alors que l'avion passait l'axe, il a constaté des échos rouges et magenta sur le radar météo. En même temps il a perçu de fortes turbulences, des fluctuations importantes de la vitesse verticale et relevé des rafales de vent de 45 kt sur le FMS. Il a demandé au copilote de poursuivre au cap d'interception pour contourner cette zone.

Perturbé par le déroulement de l'approche, il a envisagé une remise de gaz mais a préféré attendre d'être sorti de la zone de turbulence.

Aux alentours de cinq cents pieds, constatant que l'avion était descendu rapidement, il a demandé au copilote de sélectionner le mode de maintien d'altitude ALT HOLD. Peu après, il a estimé l'avion stabilisé et a ordonné la remise des gaz.

Le commandant de bord a indiqué n'avoir jamais vu le sol au cours de cette approche. Il a ajouté les éléments suivants :

- il s'était déjà posé à Nantes, mais toujours avec une approche sur l'ILS de la piste 03 ;
- il a une grande confiance envers les contrôleurs français, notamment en ce qui concerne les indications météo ;
- il n'a pas effectué les vérifications d'altitude et de position car il était trop préoccupé par les mouvements de l'avion ;
- à sa connaissance, l'altitude indiquée sur la carte d'approche au passage d'AMRAD n'est pas une contrainte ;
- il n'a pas entendu d'alarme GPWS.

Le copilote

Ils ont été dirigés vers ABLAN, rejoint en mode NAV c'est-à-dire au GPS, et ont été autorisés pour l'approche VOR DME. Il a sélectionné le mode VOR/LOC et constaté une capture prématurée de l'axe, c'est-à-dire que l'avion se trouvait parallèle à celui-ci avec un point de déviation à l'affichage. Les conditions météorologiques étaient très défavorables (forte pluie, turbulences, indications sur le radar et rafales à 45 kt annoncées par le commandant de bord). Il est passé en HDG SELECT pour rejoindre l'axe mais ne se souvient pas du cap qu'il a sélectionné.

La descente s'est effectuée à 700 ft/min. L'axe du VOR a été dépassé pour éviter la zone correspondant aux échos du radar. Alors que la déviation de l'aiguille du récepteur VOR était de moins d'une unité, il a pris la décision de revenir vers l'axe. Durant le virage, le commandant de bord a demandé ALT HOLD et, en sortie de virage, a donné l'ordre de remise de gaz.

Le copilote a ajouté les points suivants :

- il n'a jamais vu le sol ni entendu d'alarme GPWS ;
- le calage de l'antenne du radar météo était d'environ 3° ;

- il a constaté sur le radar météo des échos qui pouvaient correspondre à des phénomènes météorologiques ou à des obstacles ;
- il n'était jamais venu à Nantes ;
- il attribue la non-détection des écarts par rapport à la trajectoire à une baisse de concentration causée par les perturbations météorologiques.

Une personne au sol

Un habitant de Nantes qui se trouvait dans son jardin a été alerté par un bruit de moteur d'avion dont le régime accélérât. Au même instant il a aperçu un avion, hors des nuages, se dirigeant vers lui à basse hauteur avec le train sorti. L'avion l'a survolé et s'est dirigé vers un immeuble d'une dizaine d'étages situé au sud de sa propriété. Il l'a vu virer à droite et commencer à remonter alors que le phare d'atterrissage éclairait l'immeuble.

Le contrôleur tour

Le contrôleur tour s'était reposé entre 22 h 30 et 0 h 30 (heure locale) puis avait repris son poste. Il était seul en poste au moment de l'incident, son collègue étant à son tour en salle de repos.

Le vol LXO615 est arrivé environ une heure et demie après le vol précédent, également en provenance de Louxor. Il était en retard. Comme il s'agissait d'un pilote étranger et d'une compagnie fréquentant peu l'aérodrome, le contrôleur a porté une attention particulière au premier contact radio. Il a été mis en confiance par la phraséologie et la qualité de l'anglais du pilote.

Le vol a reçu une trajectoire directe vers ABLAN, ce qui correspond aux pratiques habituelles de nuit. Il ne lui a pas proposé de guidage radar, supposant que l'équipage disposait des moyens nécessaires pour rejoindre l'axe d'approche. Il l'a autorisé à descendre vers le niveau de vol 70 puis vers trois mille pieds. Il l'a autorisé ensuite à effectuer son approche finale.

Peu avant que l'avion intercepte le radial 223° de NTS, il a observé une réduction de vitesse puis que le virage se terminait avant l'axe. Lorsque le pilote s'est signalé « établi » sur le radial, le contrôleur a constaté que l'avion était à gauche de l'axe et qu'il virait à droite, c'est-à-dire vers l'axe.

A ce moment, il a quitté l'écran IRMA des yeux et s'est occupé de la préparation de la piste et de la vérification des paramètres météorologiques, notamment la hauteur de la base des nuages qui était alors fluctuante. Il s'est également levé pour faire un tour d'horizon de la plate-forme.

Au moment où il a porté à nouveau son regard sur l'écran, après avoir changé d'échelle, il a été surpris par l'altitude de l'avion, bien plus que par sa position par rapport à l'axe d'approche. Il ne se souvient pas de la valeur exacte. Il a ressenti un stress soudain qui n'a fait qu'augmenter par la suite, ne comprenant pas pourquoi le pilote avait « plongé » de cette manière.

Il a ordonné au pilote de remettre les gaz ; il ne se souvient pas que celui-ci l'ait annoncé. A compter de ce moment, il s'est senti investi de la responsabilité de guider l'équipage et de gérer le vol. Perturbé et se demandant que faire, il a signalé de manière instinctive au pilote qu'il était à nouveau sur la pente et qu'il pouvait poursuivre son atterrissage. A ce moment, l'avion revenait sur l'axe, à quatre milles marins de NTS.

Lorsque l'équipage lui a signalé qu'il refaisait une approche, il a considéré que l'urgence était la reprise de hauteur, malgré le cap qui ne correspondait pas à la trajectoire prévue de remise des gaz.

Par la suite, il a ramené l'avion en guidage radar au début de l'approche finale. Peu avant le début de descente, il a demandé au pilote de ne pas descendre en dessous de 1 500 ft en précisant qu'il le rappellerait pour poursuivre sa descente.

Il a ajouté les points suivants :

- la source STR était sélectionnée pour la visualisation radar ;
- les instructions de butées en altitude qu'il a données au pilote lors de la seconde approche sont inhabituelles, car le pilote est responsable de sa trajectoire en approche finale ; elles visaient à prévenir un autre « plongeon » ;
- l'image radar perd de sa précision à basse altitude ;
- les informations d'altitude sont des niveaux de vol (mode C du transpondeur) et il n'est pas possible d'évaluer mentalement et systématiquement l'altitude en fonction du QNH ;
- il ne ressentait pas de fatigue particulière ;
- il est d'usage à Nantes d'effectuer les vérifications météorologiques et de balisage lors de la première moitié de la finale.

1.18.2 Planning de l'équipage

L'équipage qui a effectué le vol est bien celui qui était prévu avant que l'avion n'arrive en retard à Louxor. Les tableaux suivants indiquent le planning des deux pilotes entre le 13 et le 20 mars 2004.

Commandant de bord

Date	Heure de début	Heure de fin	Temps de vol	Nombre d'étapes
13 mars 2004	17 h 10	4 h 55	10 h 35 min	2
15 mars 2004	8 h 20	21 h 40	7 h 40 min	3
18 mars 2004	1 h 55	14 h 35	7 h 23 min	3
20 mars 2004	18 h 00	8 h 00	7 h 55 min	4

Copilote

Date	Heure de début	Heure de fin	Temps de vol	Nombre d'étapes
13 mars 2004	13 h 25	0 h 45	6 h 33 min	3
15 mars 2004	5 h 25	18 h 15	7 h 26 min	3
16 mars 2004	17 h 20	18 h 15	0 h 55 min	1
18 mars 2004	15 h 35	16 h 30	0 h 55 min	1
20 mars 2004	18 h 00	8 h 00	7 h 55 min	4

1.18.3 Mise en évidence du phénomène d'hypovigilance

Les temps de réaction du contrôleur (par exemple avant son instruction de remise de gaz) ont conduit à s'interroger sur un possible état d'hypovigilance.

L'hypovigilance dégrade les performances de l'individu, en particulier en augmentant sensiblement ses temps de réponse et en favorisant les omissions de signaux critiques. Cet état peut ne pas être perçu par le sujet lui-même.

Des études montrent que l'hypovigilance est favorisée par plusieurs facteurs dont

- l'heure avancée de la nuit (en particulier entre 2 h 00 et 6 h 00) en raison du rythme biologique : il était 2 h 20 (locales) lors de l'événement ;
- le temps écoulé depuis le dernier sommeil principal : il s'est écoulé environ dix-neuf heures entre la fin du dernier sommeil principal du contrôleur (la nuit précédente) et l'événement ;
- la monotonie (faible fréquence des périodes d'activité) : la monotonie est liée à l'environnement et au type de tâches à effectuer. En ce qui concerne l'environnement, on peut citer une faible luminosité, un isolement de longue durée et l'automatisation. La monotonie des tâches, quant à elle, se manifeste par exemple lors d'une activité de surveillance avec un champ visuel réduit et un faible nombre de stimuli par unité de temps.

L'ensemble des conditions de travail dans la tour de contrôle la nuit de l'événement correspondaient à cette description.

De plus, le contrôleur avait effectué une pause entre 22 h 30 et 0 h 30 (locales), au cours de laquelle il s'était endormi pendant une durée non déterminée. Il s'était réveillé à l'aide d'une alarme pré réglée, peu avant sa prise de fonction. Il n'avait rien bu ni mangé avant de reprendre sa position de contrôle. Le sommeil durant cette période de la nuit se compose surtout de sommeil profond ou sommeil à ondes lentes (stades 3 et 4). Le réveil non spontané par une source extérieure durant cette phase de sommeil provoque chez le sujet un état de « torpeur », ou inertie du sommeil, qui dégrade le niveau des performances et le niveau d'éveil. Ce phénomène est perçu au moment du réveil, puis l'impression associée se dissipe, bien que le niveau de performance reste dégradé jusqu'à deux heures après le réveil.

1.18.4 Mesures prises par l'organisme du contrôle après l'incident

A l'issue d'une réunion de la commission locale de sécurité (CLS) le 2 avril 2004, il a été décidé d'une consigne d'exploitation temporaire valable jusqu'au 31 décembre 2004 selon laquelle le contrôleur doit « imposer un report à AMRAD à 1 730 ft QNH ou au-dessus, en approche finale piste 21 ».

Dans l'attente de mesures complémentaires, la CLS a rappelé que « *dans le cadre de l'assistance à la navigation, toute déviation sensible de la route prévue constatée au radar doit être signalée au vol concerné* ».

La lettre d'accord entre Nantes et le CRNA Ouest a également été modifiée, de sorte que dans tous les cas les avions soient dirigés vers l'IAF (la mention « sauf cas particulier » a été supprimée).

2 - ANALYSE

2.1 Scénario de l'incident

Approche initiale

L'équipage avait pris connaissance de l'ATIS Roméo plus d'une heure avant son arrivée. Il s'était préparé à l'approche VOR DME en piste 21 avant son contact avec Brest. Les conditions météorologiques transmises confirmaient que l'aérodrome était accessible.

Durant la coordination entre le centre de contrôle en route et l'approche, le contrôleur en route a suggéré, conformément aux habitudes, de diriger l'avion directement sur ABLAN, point proche du point de mise en descente. Le contrôleur d'approche a acquiescé. En effet, le vol était en retard et il était seul dans la séquence, le dernier avion s'étant posé une heure et demie auparavant.

Lors de son premier contact avec le pilote, le contrôleur d'approche s'est positionné dans un schéma de relative confiance, étant donné la qualité de la phraséologie et de l'anglais employés. Comme il ne doutait pas de la capacité de l'avion à intercepter l'axe et que, en anticipant certaines de ses clairances, il pensait aider le pilote, le contrôleur a confirmé ABLAN, autorisé l'avion à descendre puis à effectuer l'approche finale.

De son côté, le commandant de bord, conformément à sa représentation des relations avec le contrôle aérien, s'attendait à une implication directe du contrôleur dans le bon déroulement de l'approche. Habitué à fréquenter des aérodromes à fort trafic en France, son expérience ne l'a pas amené à remettre en cause ce schéma. De plus, il n'avait pas connaissance des limitations du pilote automatique concernant l'angle maximum d'interception garantie. Il a donc accepté l'interception proposée par le contrôleur.

Interception de l'axe

A l'activation du mode VOR/LOC, l'avion a effectué un virage d'alignement et, pour les raisons exposées au paragraphe 1.9.1, s'est positionné parallèlement au radial de la finale, décalé vers la gauche. En l'espace de vingt secondes, l'équipage s'est annoncé aligné, a réalisé qu'il était en fait à gauche de l'axe, est passé en HDG SELECT pour revenir sur l'axe, a reçu la clairance d'atterrissage et a débuté une descente prématurée. De son côté, le contrôleur, après avoir délivré la clairance d'atterrissage, a procédé aux vérifications en vue de l'atterrissage, dont celle des paramètres météorologiques, en prévoyant de revenir à la surveillance de l'avion pour la seconde moitié de la finale.

L'annonce d'alignement a provoqué chez le contrôleur l'autorisation d'atterrissage, qui à son tour paraît avoir déclenché la mise en descente par l'équipage, bien que l'avion était encore à un demi mille marin de KARPU, point d'approche finale. Ces réactions en chaîne ont conduit à l'augmentation brusque de la charge de travail de l'équipage, déjà élevée du fait du raccourcissement de la trajectoire.

Décision de quitter l'axe

Lorsque l'avion rejoignait l'axe, le commandant de bord a demandé au pilote de poursuivre au même cap afin de contourner une zone d'échos qui apparaissait sur le radar météo, à proximité de l'axe. Cette décision de quitter l'axe en finale ne correspond à aucune procédure.

Etant donné la situation, les enregistrements météorologiques et les spécifications du radar embarqué, les échos observés correspondaient à des obstacles au sol ; plusieurs immeubles de grande hauteur se trouvent dans la zone survolée, dont la tour de Bretagne (voir § 1.10.3). Toutefois, le commandant de bord les a interprétés comme de l'activité orageuse. Les conditions météorologiques observées par l'équipage durant cette phase de vol semblaient confirmer cette interprétation. L'avion, dans la couche, traversait une zone de turbulences accompagnées de pluie et de rafales de vent. Il est à noter que l'équipage effectuait l'approche en piste 21 pour la première fois et qu'il n'avait pas conscience de la nature de la zone qu'il survolait (ville de taille importante, taille des immeubles), d'autant plus que la zone urbaine n'est pas représentée sur la carte Jeppesen.

Sortie des aires de protection

Le copilote a exécuté la manœuvre commandée par le commandant de bord, mais cette manœuvre l'a perturbé. En effet, il a indiqué lors de ses entretiens avec les enquêteurs qu'il n'était pas certain que les échos représentaient des phénomènes météorologiques et il est clair qu'il n'était pas d'accord avec la décision de s'écarter de l'axe ; dans son souvenir il ne s'en est pas écarté de plus d'une graduation, alors qu'en fait, il ressort de la reconstitution de la trajectoire que l'aiguille de l'indicateur VOR a nécessairement atteint sa butée et c'est lui qui a pris finalement l'initiative du retour vers l'axe. Dès lors, la conduite du vol n'était plus guidée par un projet d'action commun. Le copilote doutait de la manœuvre qu'il effectuait sans toutefois avoir formulé d'objection ou proposé une autre manœuvre.

Il n'est pas possible d'établir avec précision comment était répartie l'attention des pilotes durant cette phase, mais il ressort de leurs témoignages qu'ils ont concentré une grande partie de leur attention sur le radar météorologique et les conditions extérieures. De plus, en décidant de s'éloigner des procédures standards, le commandant de bord s'est privé de la possibilité de contrôler les écarts par rapport à la trajectoire nominale, comme le requiert la répartition des tâches. Le contrôle croisé n'était plus applicable dans ces conditions. Ces mêmes facteurs ont contribué à un contrôle insuffisant de la trajectoire verticale.

Pendant que l'équipage s'écartait de l'axe de la percée, il poursuivait sa descente à un taux élevé comme le montrent les calculs effectués en 1.16.2. En outre, le cap sélectionné avait placé l'avion face au vent qui était en train de forcer, et la vitesse sol diminuait alors de façon importante. La combinaison de ces facteurs a conduit l'avion très en dessous du profil vertical de l'approche. A 6 NM de NTS, juste avant son virage, l'avion se trouvait à environ 500 ft QNH, alors que la carte d'approche indique pour cette distance une altitude de passage de 2 000 ft.

Le contrôleur est intervenu pour indiquer à l'équipage qu'il était trop bas. La réponse « OK we're maintaining 500 ft now » confirme que l'équipage était dans une logique de descente vers l'altitude de décision, sans percevoir que la MDA n'assure une protection qu'à condition d'avoir respecté le profil de descente. Le contrôleur n'envisageait pas initialement de surveiller la trajectoire de l'avion dans cette phase. Le temps qui s'est écoulé avant qu'il interprète des informations apparemment incohérentes (altitude, position et vitesse de l'avion, réponse du commandant de bord) et réagisse en demandant une remise de gaz est assez long, plus d'une vingtaine de secondes, sans doute à cause d'un phénomène d'hypovigilance, d'une part (voir § 1.18.3), du ton rassurant du commandant de bord, d'autre part.

Compte tenu de la hauteur connue des nuages et du témoignage de la personne au sol, il est probable que c'est en sortie du virage qui le ramenait vers l'axe que l'avion est sorti de la couche nuageuse et que le commandant de bord a pris conscience de l'anormalité de la situation. C'est alors qu'il a déclenché la remise de gaz, qu'il envisageait déjà depuis quelques instants mais sans concertation avec le copilote.

Lorsque l'avion a retraversé l'axe après la remise de gaz, le contrôleur lui a proposé de poursuivre l'approche « you are on the slope... you may descent ». Cette proposition traduit la confusion qui régnait dans son esprit. C'est après le refus du commandant de bord qu'il a repris le contrôle de la situation.

2.2 Méthodes de travail

Analyse de la conduite du vol

Il est difficile de déterminer de façon certaine pourquoi le copilote a sélectionné un taux de descente élevé. On ne peut pas exclure une volonté de rejoindre l'altitude de décision avant d'effectuer un palier, comme dans le cas de certaines procédures classiques (voir § 1.10.2), afin de sortir de la couche rapidement et d'acquiescer la vue du sol. Le principe de stabilisation des approches est maintenant un standard de conception en France, mais au plan international les deux types d'approche subsistent, ce qui peut induire en erreur.

On constate que l'équipage est descendu sans tenir compte initialement du profil vertical, puis que, durant toute la descente, il n'a pas surveillé sa trajectoire verticale et notamment les altitudes minimales spécifiées aux points AMRAD et D 2,3 NTS. De même, ce faisant, il n'a pas tenu compte du plancher de stabilisation

de mille pieds défini par l'exploitant. L'équipage a manifesté au cours des entretiens un souci manifeste des conditions météorologiques. Le commandant de bord a insisté sur l'inconfort que représentait pour lui cette arrivée de nuit dans des conditions turbulentes. L'équipage n'a pas mentionné être fatigué, mais le planning des vols, l'emploi du temps des pilotes dont le vol a été reporté de seize heures et l'arrivée effectuée à une heure avancée de la nuit sont des indices qui laissent penser que la fatigue est un des facteurs contributifs au manque de vigilance qui se manifeste dans le suivi de la trajectoire. Par ailleurs, il ressort de l'enquête que le commandant de bord n'avait pas pleinement conscience des limites des protections apportées par le dessin de l'approche. En particulier, il a interprété de façon erronée les informations d'altitude associées aux points significatifs de la percée.

Gestion des tâches par le contrôleur

Le contrôleur avait confiance dans la stratégie qu'il avait adoptée pour faire intercepter l'axe à l'avion : d'une part, cette stratégie avait fonctionné pour le vol précédent ; d'autre part, il avait pu observer l'avion ralentir, anticiper le virage et s'établir parallèlement à l'axe sans le dépasser.

Installé dans ce schéma de relative confiance, il n'avait pas envisagé un suivi continu de la trajectoire. En outre, l'organisation de son travail découlait du fait qu'il était seul pour armer simultanément les différents postes et qu'il devait basculer d'une tâche à l'autre en prenant en compte un environnement différent à chaque étape. Il a ainsi quitté l'écran des yeux de manière prolongée et s'est levé durant la première partie de la finale. Il a par ailleurs dû changer d'échelle sur son écran radar lorsqu'il est revenu à l'observation de la finale de l'avion, après avoir effectué les actions liées à la vérification de la piste en vue de l'atterrissage. Durant environ une minute, l'avion s'est écarté de l'axe sans surveillance.

Le contrôleur ne ressentait pas de fatigue et ne s'est pas rendu compte de son état vraisemblable d'hypovigilance (voir § 1.18.3) qui ralentissait la réalisation de chacune de ses tâches.

2.3 Analyse des aspects systémiques

2.2.1 Exploitation

Formation aux approches VOR DME

L'enquête a fait apparaître des approximations de pilotage et un manque de connaissances en ce qui concerne les limites de protection apportées par une procédure d'approche. D'autre part, l'entraînement suivi par les pilotes pour des approches classiques (ce qui inclut les procédures VOR DME) se limite à deux approches en simulateur par an, pouvant être complétées à l'occasion du contrôle en ligne annuel, en fonction du type d'approche réalisé sur l'étape. Or l'entraînement réalisé au simulateur ne reproduit pas complètement les conditions

opérationnelles qui peuvent être rencontrées (par exemple météorologie, relief) et la fréquence d'entraînement aux approches classiques ne semble pas en adéquation avec leur difficulté de réalisation.

Gestion des ressources de l'équipage

Le manque de vérifications croisées, l'absence d'annonces, l'hésitation du copilote à exprimer ses doutes, et plus généralement le déficit de communication ont conduit à une détérioration de l'efficacité du travail en équipage.

La décision de s'écarter de l'axe, génératrice de stress, a ralenti le processus de prise de décision et a réduit la communication au sein de l'équipage. Le copilote, surpris par la décision du commandant de bord, a subi la situation pendant toute la phase d'éloignement. Il n'a ni adhéré aux ordres du commandant, ni ne les a remis en question.

Or les pilotes n'avaient pas de formation à la gestion des ressources de l'équipage, celle-ci n'étant pas obligatoire en Egypte.

Structure de retour d'expérience

Bien que l'exploitant ait mis en place une structure de retour d'expérience, l'enquête a montré que cette structure n'avait pas encore produit d'information formalisée à l'attention des navigants. Son existence n'avait pas non plus permis d'identifier les faiblesses de connaissances ou de procédure mises en évidence par l'incident, par exemple en ce qui concerne le plancher de stabilisation à mille pieds, le travail en équipage ou l'interprétation des informations du radar météo, alors que c'est précisément le but d'une telle structure.

Le fait que l'équipage, après l'incident, n'ait pas perçu l'importance pour la sécurité d'en informer les responsables de la sécurité des vols confirme l'écart qui existait entre la structure mise en place et la réalité de l'exploitation.

2.2.2 Contrôle d'approche

Interception de l'axe

Alors qu'il est prévu que les arrivées sur Nantes sont dirigées vers l'IAF de la procédure en service ou guidées au radar, il s'est instauré une habitude consistant à diriger les avions directement sur un point intermédiaire. La procédure publiée comprend un arc DME de long rayon et allonge significativement le temps de l'approche, ce qui explique le recours à des raccourcis lorsque le trafic est faible. Hors du champ des procédures établies, cette pratique laisse une large part à l'appréciation individuelle des contrôleurs et des pilotes et ne garantit pas la prise en compte de l'ensemble des paramètres prévalant à la conception d'une approche.

Gestion des ressources

Le contrôleur, seul pour tenir toutes les positions, n'a pas été en mesure d'assurer simultanément l'ensemble des tâches liées au contrôle d'approche. Il a dû les hiérarchiser, ce qui implique un degré élevé d'appréciation personnelle à rapprocher de son état probable d'hypovigilance.

Surveillance radar

L'assistance radar permet notamment d'alerter les aéronefs sur des écarts par rapport aux trajectoires nominales. Pour qu'elle soit efficace :

- elle doit être fondée sur des informations radar précises. A Nantes, à chaque rafraîchissement de l'image IRMA 2000, le plot donne la position de l'avion avec les précisions décrites au paragraphe 1.8. Si le temps de rafraîchissement de huit secondes ne permet pas d'appliquer des normes de séparation entre aéronefs inférieures à 8 NM, l'information fournie reste exploitable pour détecter des écarts par rapport à une trajectoire. Il faut néanmoins que l'échelle sélectionnée soit cohérente avec la phase de vol à surveiller ;
- la surveillance doit permettre en permanence une représentation précise de la position des aéronefs. Ceci n'a pas été le cas à l'occasion de l'incident.

Remarque : en ce qui concerne le système MSAW, son efficacité dépend, entre autres, du temps de traitement de l'alarme par le contrôleur. Si le contrôleur avait disposé du MSAW lors de l'approche du LXO615, la prise de conscience et la localisation du plot sur un écran qu'il ne regardait pas auraient probablement ajouté un temps de réaction supplémentaire aux quarante secondes de réaction estimées (voir § 1.16.4).

2.2.3 Synergie équipage-contrôleur

La coopération entre l'équipage et le contrôleur a souffert du manque de compréhension des attentes et des capacités de chacun ainsi que d'un déficit de communication. La confiance mutuelle et les suppositions erronées de part et d'autre montrent la nécessité d'éclaircir pour chacun des acteurs les limitations opérationnelles de l'autre et l'impact de ses actions sur le travail de celui-ci. Le commandant de bord aurait pu par exemple faire part au contrôleur de ses inquiétudes au sujet des conditions météorologiques et de sa décision de s'écarter de l'axe. De son côté, le contrôleur ignorait les conséquences opérationnelles qu'impliquent un raccordement direct sur l'approche intermédiaire et la délivrance de clairances rapprochées.

2.2.4 Documentation à l'usage des pilotes

Manuel de vol

Le manuel de vol du MD-83 ne contient pas d'indications sur la limitation de 90° pour l'angle d'interception d'un axe radioélectrique par le pilote automatique. La

connaissance de cette limitation repose sur l'expérience personnelle de chaque pilote et éventuellement sur les savoir-faire transmis au cours de l'instruction ; il n'y a donc pas de garantie qu'elle soit systématique et suffisamment précise.

Carte d'approche

La représentation actuelle des obstacles et des informations d'altitude minimale sur la carte d'approche n'a pas permis d'éviter l'erreur d'interprétation des pilotes. Une modification de cette représentation dans la documentation officielle française est prévue à la suite de travaux de l'OACI sur ce point.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- L'équipage détenait les licences et qualifications requises.
- L'avion détenait un certificat de navigabilité en état de validité.
- Le contrôleur d'approche détenait les qualifications requises.
- Les différentes positions de contrôle à la tour de Nantes étaient regroupées et l'armement était conforme au tour de service.
- L'équipage a reçu l'instruction de se diriger vers ABLAN, pour rejoindre directement le segment d'approche intermédiaire, ce qui a conduit à une interception de l'axe d'approche avec un angle proche de 110°.
- Le pilote automatique n'a pas été en mesure de capturer l'axe d'approche ; le pilote en fonction a sélectionné un cap d'interception et a débuté la descente à un taux élevé ne permettant pas le respect du profil d'approche.
- Alors que l'avion rejoignait l'axe d'approche, le commandant de bord a décidé de contourner ce qu'il avait identifié par erreur sur le radar météo comme étant de l'activité orageuse.
- L'équipage n'a pas effectué de vérifications relatives à l'altitude de l'avion.
- L'écart maximum par rapport à la trajectoire a été de 1,3 NM en latéral et 1 000 ft en vertical.
- Le contrôleur s'est aperçu tardivement de l'écart de l'avion par rapport à la trajectoire.
- Le copilote a pris l'initiative de revenir vers l'axe d'approche. Au même moment, le commandant de bord a décidé la remise de gaz.
- L'avion a alors été aperçu par un témoin.
- La hauteur la plus basse atteinte par l'avion a été de 400 ± 80 ft.
- Après un moment de confusion, le contrôleur a guidé l'avion pour une seconde approche.
- La gravité de l'incident n'a été perçue que progressivement, ce qui a conduit à une notification tardive au BEA et à la non-préservation des enregistrements de bord.

3.2 Causes de l'incident

L'incident est directement dû à la combinaison de différents facteurs conduisant à l'abandon par l'équipage des procédures d'exploitation standard :

- une interprétation erronée des informations du radar météo ;
- une méconnaissance des aires de protection et, plus généralement, un manque de maîtrise des procédures VOR DME ;
- l'improvisation d'une action (écart par rapport à la procédure) sans projet d'action défini ni partagé.

Plusieurs facteurs ont contribué à l'événement :

- l'absence de formation au travail en équipage chez l'exploitant ;
- la faiblesse de la structure de retour d'expérience chez l'exploitant ;
- l'inconfort et le stress dus aux conditions météorologiques ;
- la perception des conditions météorologiques par l'équipage, ayant d'une part favorisé l'interprétation erronée des données du radar météo, et d'autre part n'ayant pas conduit à la prise en compte des effets du vent sur le profil de descente ;
- la difficulté des vérifications et des contrôles croisés à partir du moment où l'équipage s'était écarté de la trajectoire d'approche finale ;
- un décalage, au sein de l'organisme de contrôle, entre les procédures établies et la pratique, conduisant à des trajectoires d'approche initiale non publiées ;
- le manque de synergie équipage/contrôleur ;
- un probable phénomène d'hypovigilance de la part du contrôleur, seul en poste à ce moment.

4 - RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément à l'article 10 de la Directive 94/56/CE sur les enquêtes accidents, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident ou un incident.

4.0 Recommandations préliminaires

Après l'incident et sur la base de ses premières constatations, le BEA avait émis les recommandations suivantes à l'intention des autorités de l'aviation civile égyptienne :

- ***s'assurer en urgence que les équipages de la compagnie Luxor Air sont efficacement formés à la conduite des approches classiques et que cette formation est intégrée aux programmes de maintien de compétence ;***
- ***s'assurer en urgence que la documentation opérationnelle de la compagnie Luxor Air contient des consignes claires quant aux planchers de stabilisation et aux écarts verticaux et latéraux devant conduire à l'interruption de l'approche ;***
- ***s'assurer en urgence que l'instrumentation de radionavigation de bord de l'avion SU-BMF est dans un état satisfaisant.***

4.1 Exploitation

L'enquête a montré des écarts importants dans l'application de la procédure d'approche VOR DME par l'équipage, ainsi que son manque de connaissances relatif aux protections. Ces approches présentent des difficultés particulières de réalisation et, dans le même temps, l'entraînement des équipages reste généralement relativement réduit. En outre, les simulateurs ne permettent pas de reproduire l'ensemble des conditions opérationnelles qui peuvent perturber les pilotes.

En conséquence, le BEA recommande que

- **les autorités de l'aviation civile égyptienne, à la lumière des enseignements apportés par cet incident, renforcent la formation et l'entraînement des équipages aux approches classiques.**

L'enquête a montré que le manque de réactions de l'équipage lors des évolutions en dehors du cadre de l'approche est en partie dû à l'absence d'un projet d'action précis et au déficit de communication.

En conséquence, le BEA recommande que

- **les autorités de l'aviation civile égyptienne rendent obligatoire la formation à la gestion des ressources de l'équipage.**

La structure de retour d'expérience mise en place au sein de la compagnie Luxor Air n'avait pas permis d'identifier les faiblesses mises en évidence par l'incident. Par ailleurs, cette structure n'a effectué depuis sa création aucun retour formalisé vers les pilotes ou vers les autorités égyptiennes, et l'équipage lui-même n'a pas perçu l'importance pour la sécurité de l'informer de cet incident.

En conséquence le BEA recommande que

- **les autorités de l'aviation civile égyptienne s'assurent du bon fonctionnement des structures de retour d'expérience mises en place par les exploitants.**

4.2 Contrôle aérien

L'approche VOR DME 21 à Nantes s'avère longue et les contrôleurs ont pris l'habitude de raccourcir les trajectoires d'arrivée. Cette pratique s'est installée progressivement, sans reconsidération de la procédure.

En conséquence, le BEA recommande que

- **la DGAC identifie les écarts qui ont pu s'installer dans la pratique du contrôle aérien par rapport aux procédures réglementaires et analyse les causes de ces écarts.**

La gestion de nuit des ressources de la tour de contrôle, associée à l'apparition probable d'une hypovigilance chez le contrôleur, ne permettait pas à ce dernier de maintenir une représentation continue de la position de l'avion durant la finale.

En conséquence, le BEA recommande que

- **la DGAC étudie les méthodes à appliquer la nuit ainsi que les indications à donner au personnel du contrôle afin d'identifier et de lutter contre l'apparition d'états d'hypovigilance.**

L'aérodrome de Nantes a été équipé récemment d'une visualisation radar IRMA 2000. L'information de position qu'elle délivre permet la surveillance et l'assistance radar. Il a pu être constaté au cours de l'enquête que les procédures du contrôle n'avaient pas évolué en conséquence et que les utilisateurs n'appréhendaient pas de la même façon les possibilités qu'offre le nouvel outil.

En conséquence le BEA recommande que

- **lorsqu'un nouveau matériel est mis en service, la DGAC fasse évoluer en conséquence les procédures associées et s'assure que les utilisateurs sont bien informés des capacités du système.**

4.3 Divers

L'enquête a mis en évidence des décalages entre la gestion de l'approche par l'équipage d'une part, l'organisme de contrôle d'autre part. Le déficit de communication n'a pas permis d'améliorer la compréhension mutuelle. Une connaissance plus approfondie et une meilleure appréhension des contraintes opérationnelles de chacun contribueraient certainement à la sécurité des vols. Il apparaît souhaitable de mettre en place de façon systématique une sensibilisation des contrôleurs et des équipages aux conséquences de leurs actions, selon l'exemple des formations CRM, afin d'améliorer leur synergie.

En conséquence, le BEA recommande que

- **la DGAC introduise des notions de gestion des ressources sol/bord dans la formation et l'entraînement des contrôleurs et des pilotes. Les données du retour d'expérience pourraient être utilisées efficacement à cette fin.**

Les limitations de performance du pilote automatique du MD-83 concernant la capture d'un axe radioélectrique n'apparaissent pas dans le manuel de vol. Ignorant ces limitations, l'équipage a accepté une trajectoire d'arrivée interceptant l'approche intermédiaire sous un angle excessif.

En conséquence, le BEA recommande que

- **la FAA fasse modifier le manuel de vol du MD-83 de façon à faire apparaître les limitations de performance du pilote automatique.**

La représentation des obstacles en finale sur le volet de procédure n'a pas suffi à attirer l'attention de l'équipage. Une réflexion menée à l'OACI a abouti à une recommandation pour améliorer la représentation des altitudes minimales liées aux obstacles sur le profil de descente.

En conséquence, le BEA recommande que

- **la DGAC introduise au plus tôt la représentation des obstacles recommandés par l'OACI.**

Liste des annexes

ANNEXE 1

Aires de protection

ANNEXE 2

Carte IAC Nantes

ANNEXE 3

Carte IAC Nantes

ANNEXE 4

Carte Jeppesen

ANNEXE 5

Reconstitution de la trajectoire verticale

ANNEXE 6

Reconstitution de la trajectoire

ANNEXE 7

Superposition des données radar et de radiocommunication

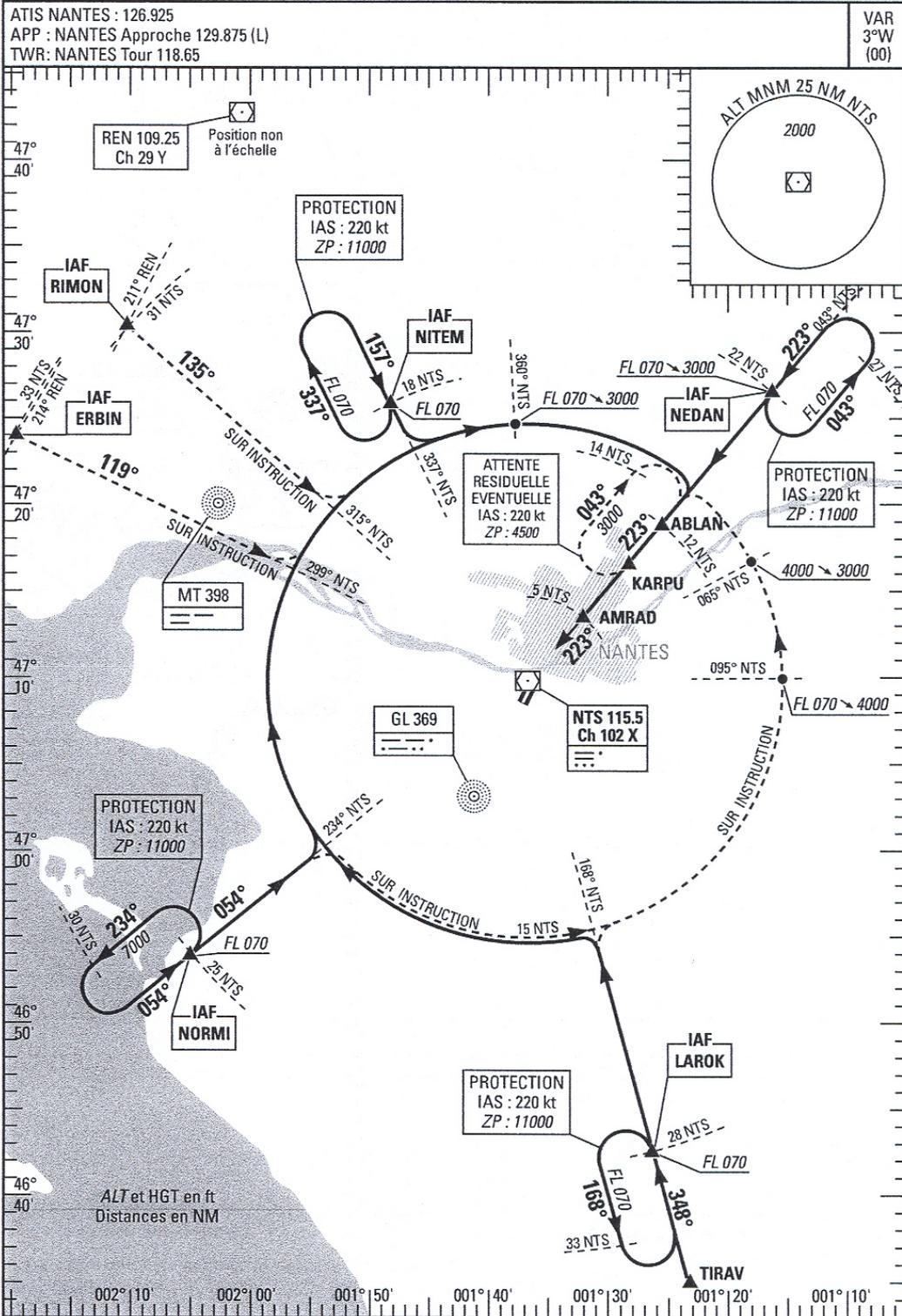
ANNEXE 8

Carte des vents

APPROCHE AUX INSTRUMENTS
CAT. A B C D

NANTES ATLANTIQUE
AD2 LFRS IAC 05
INA RWY 21

10 JUL 03



APPROCHE AUX INSTRUMENTS
CAT. A B C D

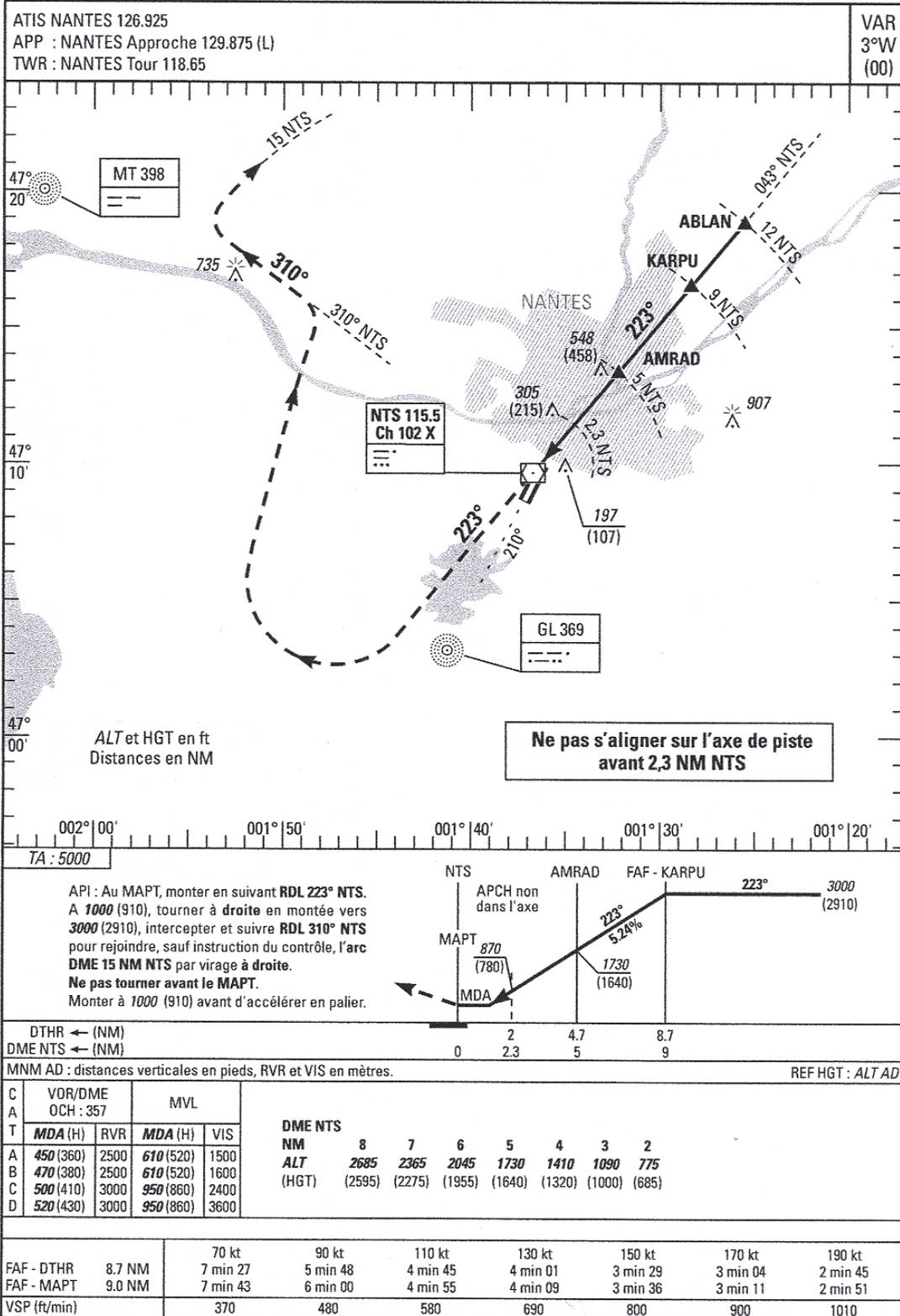
ALT AD : 90 (4 hPa), DTHR : 87

10 JUL 03

NANTES ATLANTIQUE

AD2 LFRS IAC 06

FNA VOR/DME NTS RWY 21



AMDT 07/03 CHG : Pente, minima.

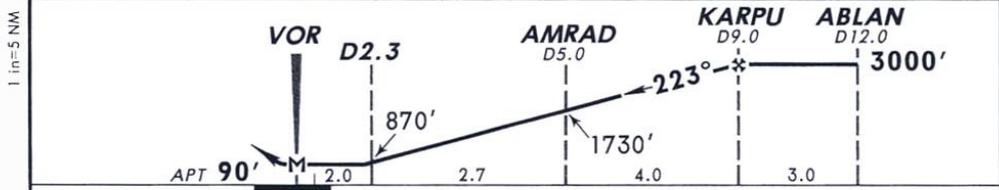
© SIA

LFRS/NTE **JEPPESEN NANTES/ATLANTIQUE, FRANCE**
NANTES/ATLANTIQUE 4 JUL 03 **(13-2)** Eff 10 Jul **VOR DME Rwy 21**

ATIS 126.92	NANTES Approach 129.87	NANTES Tower 118.65	Ground 121.87	2000' MSA NTS VOR	
VOR NTS 115.5	Final Apch Crs 223°	Minimum Alt KARPU 3000' (2910')	MDA(H) Refer to Minimums		Apt Elev 90'
MISSED APCH: Climb on R-223 to 1000', then turn RIGHT climbing to 3000' and intercept R-310. If not otherwise directed turn RIGHT to rejoin 15 DME Arc. Do not turn before passing MAPt. Climb to 1100' prior to level acceleration.					
Alt Set: hPa		Apt Elev: 3 hPa		Trans level: By ATC	Trans alt: 5000'



NTS DME	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
ALTITUDE	780'	1090'	1410'	1730'	2050'	2370'	2690'

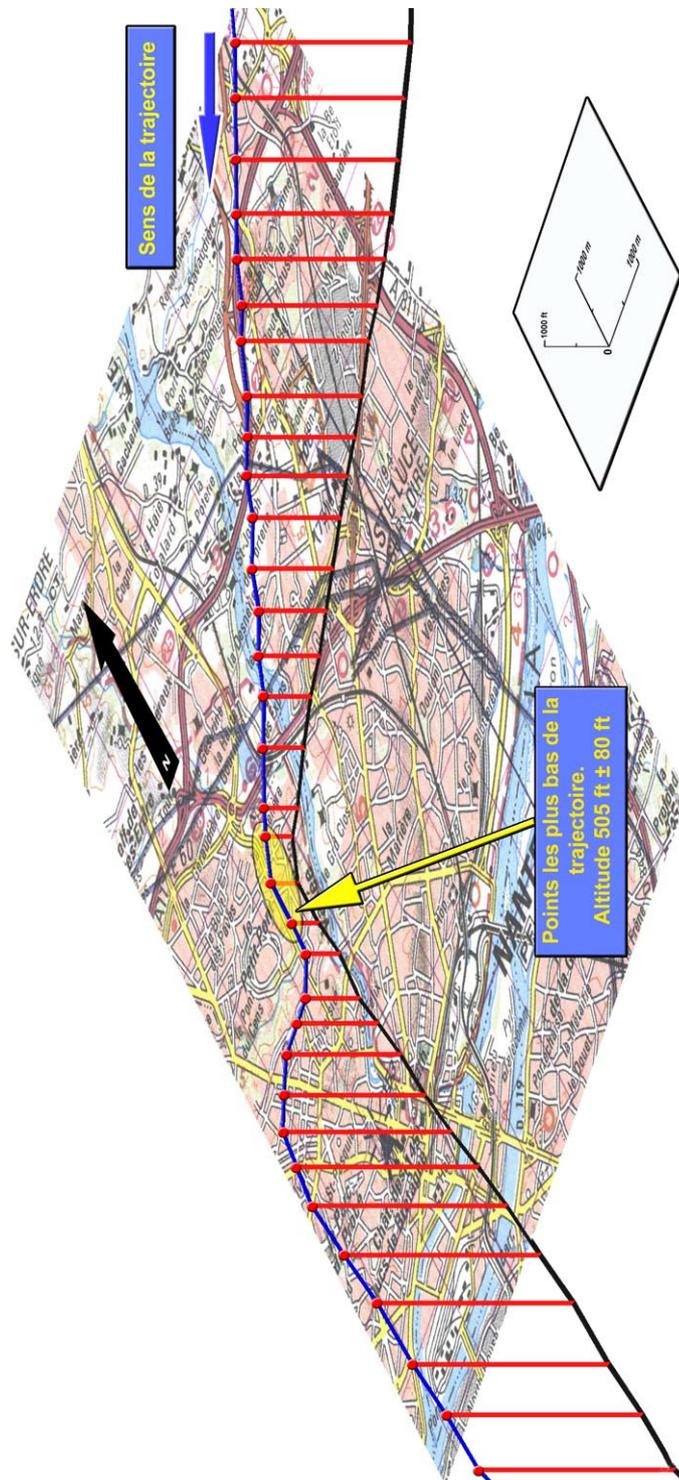


Gnd speed-Kts	70	90	100	120	140	160	REIL PAPI-L 1000' on R-223 NTS 115.5
Descent Gradient 5.2%	369	474	527	632	737	843	
MAP at VOR							

PANS OPS 4	JAR-OPS STRAIGHT-IN LANDING RWY 21		CIRCLE-TO-LAND		
	MDA(H) A: 450' (360') C: 500' (410') B: 470' (380') D: 520' (430')		Max Kts	MDA(H)	vis
	A	RVR 2500m	110	610' (520')	2500m
	B	RVR 3000m	135	950' (860')	3000m
C		180	950' (860')	3600m	
D		205	950' (860')	3600m	

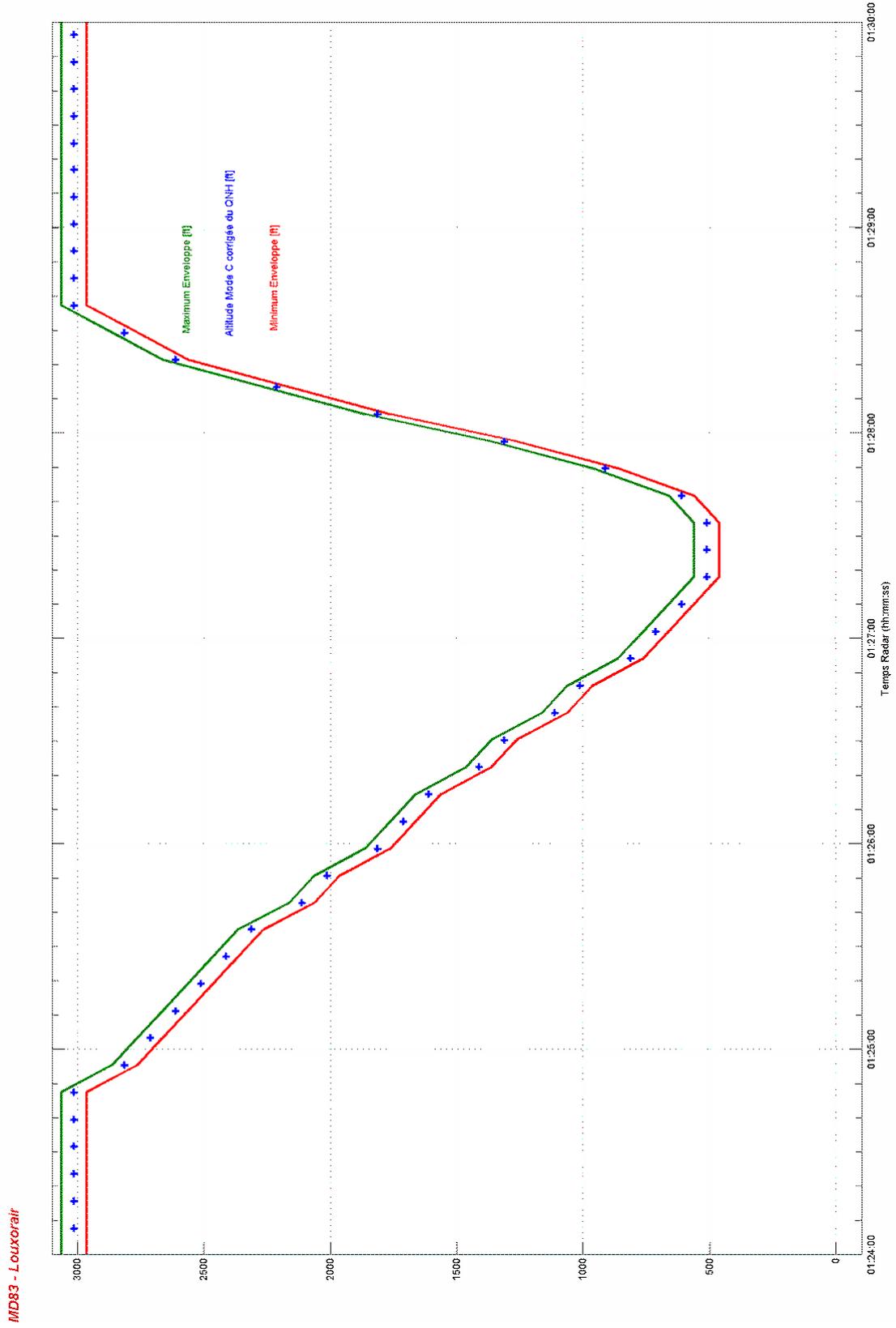
CHANGES: Procedure. Minimums. © JEPPESEN SANDERSON, INC., 1998, 2003. ALL RIGHTS RESERVED.

Reconstitution de la trajectoire entre 1 h 25 min et 1 h 29 min 10 s



Reconstitution de la trajectoire verticale

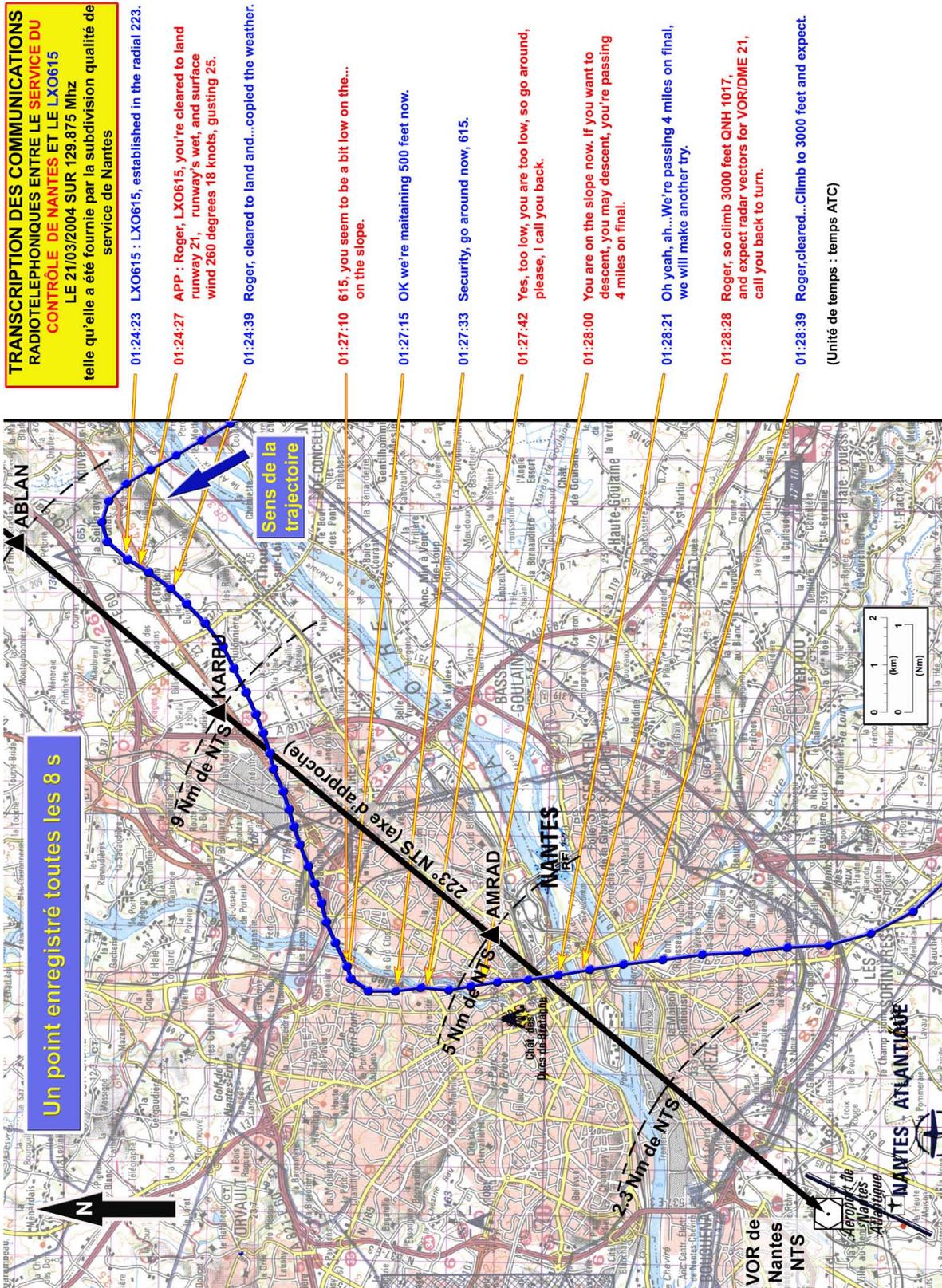
SU-BMF



MD83 - Louxorair

B.E.A. - Département Technique

Superposition des données radar et de radiocommunication



Carte des vents

