

Rapport

Incident survenu le **25 octobre 2004**
sur l'**aérodrome de Saint-Denis Gillot (974)**
à l'avion **Boeing B747-200**
immatriculé **G-BDXE**
affrété par **Air Austral**
exploité par **European Air Charter**



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

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

Avertissement

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet 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'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

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

Table des matières

AVERTISSEMENT	1
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	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 Renseignements sur le personnel	8
1.4.1 Equipage de conduite	8
1.4.2 Equipage de cabine	9
1.4.3 Equipage en mise en place	9
1.5 Renseignements sur l'aéronef	9
1.5.1 Cellule	9
1.5.2 Moteurs	10
1.5.3 Carburant	10
1.6 Conditions météorologiques	11
1.7 Télécommunications	12
1.8 Renseignements sur les aérodromes de départ et d'arrivée	12
1.8.1 Aérodrome de Saint-Denis Gillot	12
1.8.2 Aérodrome de Paris Charles de Gaulle	12
1.9 Enregistreurs de bord	12
1.9.1 Type et opérations de lecture	12
1.9.2 Exploitation de l'enregistreur phonique	13
1.9.3 Exploitation de l'enregistreur de paramètres	13
1.10 Incendie	13
1.11 Essais et recherches	13
1.11.1 Etude de la gestion du carburant en vol	13
1.11.2 Examen du réacteur n° 4	15
1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion	16
1.12.1 European Air Charter	16
1.12.2 Constructeur	18
1.12.3 Air Austral	19
1.13 Renseignements supplémentaires	19
1.13.1 Aspects réglementaires du vol sur trois réacteurs d'un quadriréacteur	19
1.13.2 Réglementation carburant JAR-OPS	20

1.13.3 Phraséologie associée à la déclaration de situations liées au carburant	21
1.13.4 Personnel de cabine sur les vols domestiques affrétés	22
1.13.5 Témoignages	22
2 - ANALYSE	24
2.1 Gestion de la panne et décision de poursuivre sur trois moteurs	24
2.2 Gestion en vol du carburant	24
2.3 Prise en compte des passagers	25
3 - CONCLUSIONS	26
3.1 Faits établis	26
3.2 Cause du pompage réacteur	26
3.3 Autres enseignements	26
4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE	27
LISTE DES ANNEXES	28

Glossaire

AAIB	Organisme d'enquêtes de sécurité aérienne du Royaume Uni
AD	Aérodrome
AESA	Agence européenne pour la sécurité aérienne
AMC	Moyen acceptable de conformité
APP	Centre de contrôle d'approche
APU	Groupe auxiliaire de puissance
ATC	Contrôle de la circulation aérienne (en général)
CAVOK	Visibilité, nuages et temps présent meilleurs que valeurs ou conditions prescrites
CdB	Commandant de bord
CDG	Aérodrome de Paris Charles de Gaulle
CVR	Enregistreur phonique
EGT	Température sortie turbine
EPR	Rapport de pressions réacteur Pt 7/Pt 2
FAA	Federal aviation administration (USA)
FAP	Début du segment d'approche finale d'une approche de précision
FAR	Federal aviation regulations
FDR	Enregistreur de paramètres
FEW	Nuages rares (1 à 2 octas), suivi de la hauteur de la base des nuages
FIR	Région d'information de vol
FL	Niveau de vol
FMS	Système embarqué de gestion de vol
ft	Pied
IAF	Repère d'approche initiale
ILS	Système d'atterrissement aux instruments
ITCZ	Zone de convergence intertropicale
JAA	Joint airworthiness authorities
JAR	Joint airworthiness requirements
kt	Nœud
METAR	Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation
MHz	Mégahertz
NM	Mille marin
NOTAM	Avis aux navigateurs aériens
NTSB	Organisme d'enquêtes de sécurité des transports des USA
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OMN	Officier mécanicien navigant

OPL	Officier pilote de ligne
PA	Pilote automatique
PF	Pilote en fonction pilotage
PNC	Personnel navigant de cabine
PNF	Pilote n'exerçant pas la fonction pilotage
PNT	Equipage de conduite
QAR	Enregistreur de paramètres à accès rapide
QFU	Orientation magnétique de la piste (en dizaines de degrés)
S/N	Numéro de série
SB	Bulletin service - Service bulletin
SCT	Nuages épars (3 à 4 octas) suivi de la hauteur de la base des nuages
t	Tonne
T	Température de l'air
TAF	Message météorologique de prévision d'aérodrome
TEMSI	Carte de prévision du temps significatif
TWR	Contrôle d'aérodrome
VHF	Très haute fréquence (30 à 300 MHz)

Synopsis

Date de l'incident

25⁽¹⁾ octobre 2004 à 22 h 24⁽²⁾

Lieu de l'incident

Vol Saint-Denis Gillot (974) -
Paris Charles de Gaulle (95)

Nature du vol

Transport public de passagers

Aéronef

Boeing B747-236B

Propriétaire

European Skybus Ltd
Royaume-Uni

Exploitant

European Air Charter
affrété par Air Austral

Personnes à bord

5 PNT
11 PNC
324 passagers dont 1 PNT et 11 PNC
de l'affréteur

⁽¹⁾L'atterrissement a eu lieu le 26 octobre à Paris Charles de Gaulle.

⁽²⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

RÉSUMÉ

Au décollage de nuit de l'aérodrome de Saint-Denis Gillot, alors que l'avion a atteint une hauteur d'environ 300 ft, le réacteur n° 4 subit un pompage. Des flammes sont aperçues par certains passagers et membres de l'équipage de cabine.

L'équipage de conduite applique la procédure d'urgence « feu, grave dommage ou séparation-réacteur », ce qui le conduit à arrêter le réacteur n° 4.

Il décide de poursuivre le vol sur trois réacteurs, avec comme objectif, dans un premier temps, d'atteindre l'Europe. Arrivé au-dessus de l'Italie, il prend la décision de poursuivre jusqu'à la destination planifiée, Paris Charles de Gaulle. L'avion atterrit après 11 h 34 min de vol, soit quarante-quatre minutes de plus que la durée prévue au plan de vol, avec une quantité de carburant proche de la réserve finale.

ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

Le BEA a été informé de l'incident alors que l'avion n'était pas encore parvenu à destination, l'information préliminaire indiquant qu'un réacteur était en feu.

Deux enquêteurs se sont rendus à l'aéroport de Paris Charles de Gaulle où ils ont pu accéder à l'avion peu de temps après son atterrissage. Ils ont examiné visuellement le réacteur défectueux et prélevé les enregistreurs de vol (FDR et CVR) ainsi que le disque de l'enregistreur de maintenance (QAR).

Deux autres enquêteurs ont rencontré et recueilli les témoignages du copilote en fonction au décollage et de l'hôtesse française après leur repos.

Les enregistreurs ont été lus à l'AAIB en présence du BEA.

En février 2005, des enquêteurs du BEA et de l'AAIB se sont rendus chez l'exploitant pour recueillir des renseignements complémentaires.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le B747-236B, immatriculé G-BDXE, décolle de Saint-Denis Gillot à 22 h 24. Alors que l'avion est à une hauteur d'environ 300 ft, le réacteur n° 4 subit un pompage qui se manifeste par une succession de bruits sourds accompagnée d'une perte brutale de poussée et d'une forte augmentation de l'EGT (température sortie turbine). Simultanément, certains passagers et membres de l'équipage de cabine observent des flammes sur le côté droit de l'avion. Ces flammes disparaissent rapidement. Le copilote, qui est PF, contrôle la trajectoire et l'équipage applique la procédure d'urgence « feu, grave dommage ou séparation-réacteur » sur le réacteur n° 4, puis la check-list « panne ou arrêt réacteur en vol ». Des passagers manifestent de l'inquiétude, certains se lèvent. Plusieurs PNC tentent d'appeler le poste de pilotage. L'équipage de conduite, occupé à traiter la panne, ne répond pas à ces appels. L'équipage de cabine, anglophone à l'exception d'une hôtesse parlant français, a des difficultés à apaiser les passagers.

Environ cinq minutes après le décollage, le commandant de bord fait une annonce aux passagers en anglais pour expliquer qu'après un problème au départ, probablement une ingestion d'oiseaux dans le réacteur, la situation est sous contrôle. Il évoque les possibilités de se dérouter vers Johannesburg, de faire demi-tour ou encore de continuer vers Paris. Cette annonce est traduite en français, avec un délai notable, par l'hôtesse francophone. Les passagers demeurent inquiets et difficiles à rassurer. Un commandant de bord et onze PNC d'Air Austral présents à bord se déplacent parmi les passagers pour leur expliquer la situation.

L'équipage de conduite évalue pendant ce temps les différentes possibilités. Il demande au contrôleur de Saint-Denis Gillot s'il est envisageable de revenir atterrir ultérieurement. Le contrôleur répond que cela ne pose pas de problème. N'arrivant pas à établir directement le contact avec Air Austral, l'équipage demande au contrôleur s'il peut essayer de rentrer en contact avec l'escale d'Air Austral à La Réunion. Dix-sept minutes plus tard, il quitte la fréquence sans avoir obtenu de communication avec l'affréteur. En l'absence de consigne de ce dernier, après avoir pris en compte les possibilités de déroutement et les critères de franchissement d'obstacles sur deux moteurs, l'équipage estime possible de poursuivre le vol vers l'Europe. Ne disposant pas des paramètres de consommation de montée vers le niveau de croisière sur trois moteurs, il ne sait pas encore s'il sera possible d'atteindre la destination programmée avec le carburant embarqué, soit 140 000 kg à la mise en route.

Une annonce est faite pour informer les passagers de la décision prise de poursuivre le vol vers l'Europe. Les passagers manifestent une nouvelle fois leur inquiétude. L'équipage de cabine et les navigants d'Air Austral passent parmi eux pour les rassurer. Le calme revient peu à peu.

Les performances sur trois réacteurs, ne permettent initialement à l'avion de monter qu'au FL 230⁽³⁾ au lieu du FL 350 prévu. Il monte au fur et à mesure du délestage pour atteindre en fin de croisière le FL 300. Arrivé au-dessus du Soudan, l'équipage doit changer de route, la FIR de Tripoli étant fermée, ce qui rallonge le trajet d'environ 150 NM. Pendant le vol, plusieurs contacts sont

⁽³⁾L'équipage a d'abord demandé le FL 310 pour la croisière, puis le FL 250 et finalement le FL 230.

établis avec les opérations d'European Air Charter, via Stockholm radio, et un déroutement sur Rome est envisagé.

Le dernier relevé carburant est effectué par l'OMN à 8 h 30 au FL 280, alors que l'avion survole le point TORLI (Italie). Les jauge indiquent alors une quantité de carburant restant de 15,9 t. A partir de ce point, l'équipage monte au FL 300, sollicite et obtient des trajectoires directes : AOSTA, puis OMAKO qui est l'IAF pour la procédure ILS 26 L à Paris Charles de Gaulle. La descente débute à 9 h 35 et l'approche est réalisée sans palier intermédiaire pour un atterrissage à 9 h 59. La quantité de carburant restant à bord, lue sur les jaugeurs au parking est de 3,2 t. La consommation des réacteurs, relevée aux totalisateurs, et qui ne comprend pas la consommation de l'APU, est de 134,5 tonnes.

1.2 Tués et blessés

Il n'y a pas eu de dommages corporels.

1.3 Dommages à l'aéronef

Les dégâts au réacteur n° 4 sont tels qu'il n'est pas réparable.

1.4 Renseignements sur le personnel

1.4.1 Equipage de conduite

1.4.1.1 Commandant de bord

Homme, 49 ans.

- Licence de pilote de ligne, délivrée par le Royaume-Uni
- Heures de vol :
 - totales : 9 800
 - dans les trois derniers mois : 127
 - dans les trente derniers jours : 35
 - dans les sept derniers jours : 33

1.4.1.2 Copilote

Homme, 50 ans.

- Licence de pilote de ligne, délivrée par le Royaume-Uni
- Heures de vol :
 - totales : 13 000
 - dans les trois derniers mois : 49
 - dans les trente derniers jours : 23
 - dans les sept derniers jours : 23

1.4.1.3 Officier mécanicien navigant

Homme, 48 ans.

- Licence de mécanicien navigant, délivrée par le Royaume-Uni
- Heures de vol :
 - totales : 8 500
 - dans les trois derniers mois : 104
 - dans les trente derniers jours : 35
 - dans les sept derniers jours : 33

Comme il s'agissait d'un vol de plus de dix heures, l'équipage technique était renforcé⁽⁴⁾. Le mécanicien navigant de renfort était présent dans le poste lors du décollage.

⁽⁴⁾La réglementation EU-OPS limite désormais le temps de service de vol à treize heures pour un équipage non renforcé.

1.4.1.4 Commandant de bord de renfort

Homme, 57 ans.

- Licence de pilote de ligne, délivrée par le Royaume-Uni
- Heures de vol :
 - totales : 19 600
 - dans les trois derniers mois : 91
 - dans les trente derniers jours : 33
 - dans les sept derniers jours : 33

1.4.1.5 Officier mécanicien navigant de renfort

Homme, 56 ans.

- Licence de mécanicien navigant, délivrée par le Royaume-Uni
- Heures de vol :
 - totales : 11 700
 - dans les trois derniers mois : 86
 - dans les trente derniers jours : 25
 - dans les sept derniers jours : 25

1.4.2 Equipage de cabine

Onze personnes, dont une seule parlant français, étaient en fonction PNC sur le vol.

Trois PNC d'Air Austral (un instructeur, une chef de cabine et une hôtesse) étaient à bord pour assurer la représentation commerciale de l'affréteur.

1.4.3 Equipage en mise en place

Un commandant de bord et huit PNC d'Air Austral étaient à bord en mise en place.

1.5 Renseignements sur l'aéronef

1.5.1 Cellule

- Constructeur : Boeing Aircraft Corporation
- Type : 747-236B
- Numéro de série : 21 350
- Immatriculation : G-BDXE
- Date de mise en service : 1977
- Certificat de navigabilité (Royaume-Uni) : 003825/004 valide jusqu'au 14 août 2006
- Utilisation : 99 026 heures à la date du 2 juillet 2004

Précédemment exploité par British Airways, le G-BDXE a été mis en ligne par European Air Charter en janvier 2002.

1.5.2 Moteurs

1.5.2.1 Constructeur et historique

	Moteur n° 1	Moteur n° 2	Moteur n° 3	Moteur n° 4
Constructeur	Rolls-Royce			
Type	RB-211-524D4XB			
Numéro de série				12 202
Date d'installation				31 août 2003
Heures totales				78 472
Heures depuis installation				1 560
Cycles depuis installation				250

Au début de l'exploitation de l'avion par European Air Charter, le moteur numéro de série 12 202 était monté en position n° 1. Il a totalisé 896 heures de fonctionnement dans cette position avant d'être déposé et remonté en position n° 3 sur le B747 G-BDXF, également exploité par European Air Charter. Après 32 heures de fonctionnement, il a été réinstallé le 31 août 2003 sur le G-BDXE en position n° 4, où il a effectué 1 560 heures jusqu'à l'incident.

L'EGT maximum atteinte lors du pompage a été de 840 °C (EGT limite = 785 °C).

1.5.2.2 Suivi des réacteurs

L'exploitant a déclaré pratiquer une surveillance continue des paramètres réacteurs « trend monitoring ». Théoriquement, dans ce cadre, une lecture des paramètres QAR est réalisée chaque semaine. Il n'a pas été possible de récupérer les données QAR après l'incident, le QAR ne fonctionnant pas.

Aucune lecture de paramètres QAR n'avait été effectuée récemment et l'exploitant ne savait pas que le QAR était hors service.

1.5.3 Carburant

1.5.3.1 Emport carburant au départ

Le système informatisé de calcul de plan de vol d'exploitation prévoyait une distance sol de 5 143 NM. Le carburant minimum réglementaire au départ se décomposait comme suit :

Délestage	122 522 kg
Réserve de route	6 126 kg (5 % du délestage)
Dégagement Paris Orly	3 603 kg
Réserve finale	4 999 kg
Roulage/APU	1 000 kg
Total	138 250 kg

L'équipage avait demandé un avitaillement de façon à avoir 140 000 kg de carburant avant la mise en route.

A la suite d'un avitaillement, l'OMN vérifie que l'indication des jaugeurs est cohérente avec la quantité de carburant ajoutée, dans la limite de la tolérance de 2 %. Le carburant au départ mentionné sur la feuille d'avitaillement était de 140 280 kg. L'OMN a enregistré sur son suivi un carburant départ de 140 000 kg.

1.5.3.2 Instruments de suivi de carburant (jaugeurs, totalisateurs, FMS)

Chaque réservoir est équipé d'une jauge électronique à capacité qui mesure la quantité de carburant dans ce réservoir. Les indications de quantité utilisable sont transmises sur le panneau du mécanicien navigant qui dispose d'un jaugeur par réservoir et d'un totalisateur qui indique le carburant restant, soit la somme des jaugeurs.

Chaque réacteur est équipé d'un indicateur de débit horaire (fuel flow) et d'un totalisateur qui indique la quantité de carburant consommée. Les indications de débit horaire sont transmises au panneau central pilotes, celles de carburant consommé par moteur au panneau mécanicien navigant.

Le FMS estime la quantité de carburant à l'arrivée à partir du carburant restant à bord et des données de performances associées au plan de vol et aux données météo insérées. Le carburant restant à bord est calculé par le FMS à partir de la quantité insérée au départ et des totalisateurs des réacteurs.

L'OMN estime le carburant restant à bord en comparant les données des totalisateurs des réacteurs, des jaugeurs et du FMS. Selon l'exploitant, l'information la plus pessimiste doit être retenue.

1.6 Conditions météorologiques

Les prévisions météorologiques du dossier de vol à en-tête Air Austral transmis aux enquêteurs sont celles des 24 et 25 octobre et non des 25 et 26 octobre. L'enquête n'a pas permis de déterminer le contenu du dossier à la disposition de l'équipage.

Les données recueillies au cours de l'enquête indiquent que la situation était anticyclonique sur la majeure partie de la route, avec cependant des cellules convectives centrées sur l'équateur et une perturbation active sur le nord de l'Italie (voir annexe 1).

Le TAF de Roissy valable le 26 octobre entre 0 h 00 et 18 h 00 est reproduit ci-après :

25/10/04 17:22 LFPG 251700Z 260018 27005KT SCT030 SCT040 BECMG 0306 3000
BR SCT008 SCT020 PROB30 TEMPO 0306 BCFG BCMG 0609 SCT015 SCT025

Les METAR de Roissy dans l'heure précédent l'atterrissement sont reproduits ci-après :

26/10/04 08:58 LFPG 260900Z 22002KT CAVOK 10/08 Q1014 NOSIG
26/10/04 09:30 LFPG 260930Z 21003KT CAVOK 11/08 Q1015 NOSIG
26/10/04 09:59 LFPG 261000Z 21002KT 9999 FEW 025 BKN250 11/08 Q1015 NOSIG

1.7 Télécommunications

Les échanges avec le contrôleur de Saint-Denis Gillot, enregistrés entre 22 h 23 et 22 h 54 sur la fréquence 118,4 MHz, sont joints en annexe 2.

Une transcription des échanges avec les contrôles en route italien sur les fréquences 131,25 MHz, 127,35 MHz, 125,455 MHz, 133,485 MHz et suisse, sur les fréquences 132,315 MHz et 126,05 MHz, a également été obtenue.

Il ressort des échanges qu'au départ, l'équipage a une perception approximative et plutôt optimiste de ses capacités de montée sur trois réacteurs. A l'arrivée, il s'annonce un réacteur en panne et « minimum fuel », demande et obtient de nombreuses trajectoires directes ainsi qu'une descente sans restriction vers OMAKO pour la piste 26 L à CDG.

Il n'a pas été possible d'obtenir les communications avec les contrôles en route de Paris et d'approche de Roissy.

1.8 Renseignements sur les aérodromes de départ et d'arrivée

1.8.1 Aérodrome de Saint-Denis Gillot

L'aérodrome de Saint-Denis Gillot (La Réunion) est ouvert à la circulation aérienne publique. Il dispose de deux pistes : l'une de 3 200 m x 45 m, orientée 12/30, l'autre de 2 670 m x 45 m orientée 14/32.

1.8.2 Aérodrome de Paris Charles de Gaulle

Paris Charles de Gaulle est ouvert à la circulation aérienne publique. Il dispose de quatre pistes :

- au sud un doublet de pistes 08/26 :
 - la 08 L/26 R de 4 215 m x 45 m
 - la 08 R/26 L de 2 700 m x 60 m
- au nord un doublet de pistes 09/27 :
 - la 09 L/27 R de 2 700 m x 60 m
 - la 09 R/27 L de 4 200 m x 45 m

La piste 09 L/27 R a été mise en service environ un an après l'événement.

1.9 Enregistreurs de bord

1.9.1 Type et opérations de lecture

Le G-BDXE était équipé d'un enregistreur de paramètres (FDR) de marque Penny & Giles et d'un enregistreur phonique (CVR) de marque L3-Communication.

FDR

- Type : D6400
- Numéro de type : 800/D6400
- Numéro de série : 62571

Ce FDR est un enregistreur digital d'une durée d'enregistrement en boucle d'environ vingt-cinq heures. Le support d'enregistrement est une bande métallique.

CVR

- Type : A100
- Numéro de type : 93-A100-30
- Numéro de série : 4436

Ce CVR à bande magnétique a une durée d'enregistrement en boucle de trente minutes.

1.9.2 Exploitation de l'enregistreur phonique

L'équipage de conduite n'a pas préservé l'enregistrement phonique après l'atterrissement. La remise sous tension de l'avion après son départ a écrasé les données.

1.9.3 Exploitation de l'enregistreur de paramètres

Le BEA n'étant pas équipé des outils spécifiques à ce type d'enregistreur de paramètres, les opérations de lecture ont été effectuées au Royaume-Uni dans le laboratoire de l'AAIB, organisme homologue du BEA. Étant donnée l'absence de dommage à l'enregistreur, celui-ci a été lu en lecture directe. Les données, de qualité médiocre, ont été décodées conformément au document source détenu par l'AAIB.

L'exploitation de ces données montre notamment que :

- à 22 h 24 min 10, les EPR des quatre réacteurs atteignent la valeur 1.65 pour un EPR décollage calculé 1.66 ;
- le décollage a lieu à 22 h 24 min 55 au QFU 12 ;
- à 22 h 25 min 08, l'EPR du réacteur n° 4 diminue vers 1.2 alors que les valeurs des EPR des trois autres réacteurs restent constantes à 1.65. L'avion est alors à une hauteur de 330 ft, à une vitesse conventionnelle de 195 kt⁽⁵⁾. La vitesse est réduite progressivement vers 180 kt alors que l'avion poursuit sa montée vers 750 ft où un palier d'accélération est effectué. La vitesse augmente régulièrement. La manette de poussée du réacteur n° 4 atteint la position « ralenti » à 22 h 25 min 39 ;
- à 22 h 27 min 05, l'avion reprend sa montée à une vitesse de 235 kt.

⁽⁵⁾Soit V2 + 22 (V2 = 173 kt).

1.10 Incendie

Des flammes ont été observées temporairement au moment du pompage. Il n'y a pas eu d'incendie.

1.11 Essais et recherches

1.11.1 Etude de la gestion du carburant en vol

Le suivi du carburant réalisé par les mécaniciens navigants (voir paragraphe 1.5.3.2) est reproduit ci-dessous. Les consommations horaires moyennes indiquées en dernière ligne, calculées a posteriori par les enquêteurs, n'apparaissaient pas sur ce suivi.

Position	T/O	MIDRI	UVESO	TULAP	MASLO	TIKAT	MRW	NVV		ASKOT	TORLI	Atter- rissage	Parking
Heure	22 h 24	23 h 52	24 h 39	1 h 56	2 h 55	3 h 42	4 h 36	5 h 24	5 h 45	6 h 30	7 h 40	8 h 30	9 h 59
Niveau de vol		FL 240	FL 240	FL 260	FL 280	montée vers FL 300							
D - T (carburant départ - totaliseurs/GTR)	140,0	118,6	106	89,8	77,7	67,9	57,8	48,4	45,3	37,5	24,9	16,6	
Massé avion calculée (t)	353,2	331,8	319,2	303,0	290,9	281,1	271,0	261,6	258,5	250,7	238,1	229,8	
Massé avion (t) indiquée au FMS	353,2	332,6	320,4	303,8	292,4	282,5	271,7	261,7	258,2	250,5	237,3	229,2	
Ecart masse avion FMS / calcul		+0,8	+1,2	+0,8	+1,5	+1,4	+0,7	+0,1	-0,3	-0,2	-0,8	-0,6	
Somme des jaugeurs (t)	140,0	118,8	106,5	90,0	78,8	69,0	58,4	48,4	44,9	37,3	23,9	15,9	3,2
Δ (somme des jaugeurs ; D - T)	0	+0,2	+0,5	+0,2	+1,1	+1,1	+0,6	0	-0,4	-0,2	-1	-0,7	
Consommation horaire moyenne (t/h)	14,5	15,7	12,9	11,4	12,5	11,8	12,5			10,0	10,1	11,5	9,6

Le dernier relevé est réalisé à TORLI à 8 h 30, juste avant la montée vers le FL 300. La distance restante selon le plan de vol est de 627 NM.

La page du manuel d'exploitation relative à la consommation de carburant sur trois réacteurs, qui intègre, sans vent et à une température standard, l'altitude et la masse de l'avion ainsi que la descente, donne une consommation de 11,5 t pour parcourir 627 NM en 1 h 35 min. Ces éléments permettent d'estimer une quantité carburant à l'atterrissage de $15,9 \text{ t} - 11,5 \text{ t} = 4,4 \text{ t}$, quantité inférieure à la réserve finale (voir paragraphe 1.5.3.1).

Les éléments suivants reprennent les données du vol tel qu'il s'est effectivement déroulé :

- en raccourcissant les trajectoires, le temps de vol a été réduit de six minutes ;
- l'avion a débuté la descente à 9 h 35, soit 1 h 05 min après TORLI. En appliquant une consommation horaire de 9,6 t/h⁽⁶⁾ à la masse avion de 229 t, on peut donc estimer le carburant restant au début de la descente à : $15,9 \text{ t}^{(7)} - (1 \text{ h } 05 \times 9,6 \text{ t/h}) = 5,15 \text{ t}$.

⁽⁶⁾Données fournies par le constructeur pour les besoins de l'enquête, dans cette phase de vol.

⁽⁷⁾La quantité restante à TORLI indiquée aux jaugeurs est inférieure à celle indiquée aux FMS.

- En tenant compte de la quantité FMS, plus optimiste, le même calcul donne 5,85 t ;
- la consommation de trois réacteurs au ralenti au cours de la descente du FL 300 à 1500 ft est estimée à 420 kg. La consommation en configuration atterrissage est de 163 kg/min ; la consommation au cours de l'approche est estimée à environ 500 kg. La somme de ces deux consommations, déduite de la quantité de carburant estimée au début de la descente permet d'évaluer la quantité de carburant à l'atterrissage à 4,23 t (indications jaugeurs) ou à 4,93 t (indications FMS) ;
 - l'avion a roulé quinze minutes avant d'arriver au point de stationnement. La consommation au roulage proche du ralenti sol est estimée à 700 kg. Une fois cette quantité déduite, on retrouve une quantité restante de 3,53 t, proche de celle notée par l'OMN (3,2 t).

1.11.2 Examen du réacteur n° 4

Rolls Royce utilise du METCO 313 (Sherret-gordon) pour le traitement de la surface interne du carter de compresseur haute pression (HP) de cette série de réacteurs.

Ce traitement a pour rôle de protéger thermiquement le carter, mais aussi de rattraper le jeu pouvant exister entre les aubes du compresseur et le carter. Il doit être relativement souple pour ne pas endommager les aubes en cas de contact.

Un délaminage de cette couche peut être provoqué par le vieillissement, la fatigue thermique ou la corrosion. En conséquence, le constructeur a émis le 30 mai 2001 le Service Bulletin (SB) RB211-72-D091, pour préconiser aux utilisateurs le remplacement de ce revêtement de surface par du METCO 320. Ce SB n'avait pas un caractère obligatoire. Il n'avait pas été appliqué sur ce réacteur.

C'est au décollage que les réacteurs sont le plus sollicités. La température passe par un maximum lors de la montée initiale. Lors du décollage de Saint-Denis Gillot, de la matière s'est arrachée du revêtement thermique au niveau du deuxième étage du compresseur HP. Ces morceaux ont heurté les aubes et les ont détériorées sur 90 % de la circonférence (voir photos ci-dessous). Ces dommages sur le deuxième étage sont à l'origine du pompage observé.



Extrémités endommagées des aubes du 2^{ème} étage du compresseur HP

Etant donnée sa position dans le réacteur, la dégradation de la couche de revêtement n'est pas détectable lors d'une inspection visuelle extérieure. De plus, Rolls Royce indique qu'elle ne provoque pas une altération des paramètres moteurs.

Rolls Royce, qui n'avait pas eu de retour d'expérience significatif sur ce phénomène de la part des exploitants, avait considéré qu'il ne nécessitait pas de suivi particulier.

1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.12.1 European Air Charter

1.12.1.1 Structure

European Air Charter est un exploitant basé à Bournemouth (Royaume-Uni) effectuant du transport de passagers à la demande. A la date de l'événement, il exploitait trois B747-200 et des B737-200. Détenteur depuis 2001 d'un certificat de transporteur aérien délivré par le Royaume-Uni, il employait vingt pilotes qualifiés B747 (seize à plein temps, quatre à temps partiel) et onze mécaniciens navigants.

European Air Charter est également un centre de formation approuvé (FTO) et dispose de simulateurs.

1.12.1.2 Manuels et méthodes

La consigne de l'exploitant, en cas de pompage réacteur avant la rentrée complète des volets, est d'appliquer systématiquement la procédure « feu, grave dommage ou séparation-réacteur ». S'il n'y a pas d'alarme incendie et qu'après l'arrêt du réacteur ses paramètres sont normaux, sans vibrations, il n'est pas nécessaire de percuter d'extincteur. L'équipage effectue ensuite les check-lists « feu, grave dommage ou séparation-réacteur » puis « panne ou arrêt réacteur en vol ».

1.12.1.2.1 Procédure « feu, grave dommage ou séparation réacteur »

Le préambule de la procédure développée indique notamment :

Les items de cette procédure doivent être accomplis méthodiquement. Si la situation d'urgence est contenue, le commandant de bord évalue la situation avant de procéder à l'item suivant. Envisager de tester le circuit de détection incendie réacteur. Si un doute subsiste sur l'état du réacteur ou de son circuit incendie, effectuer tous les items de l'encadré de la procédure⁽⁸⁾.

1.12.1.2.2 Poursuite du vol après une panne réacteur sur quadriréacteur

A la date de l'incident, l'exploitant n'avait pas de politique écrite en matière de poursuite du vol après une panne réacteur sur un quadriréacteur. Cependant, il ressort d'entretiens avec les représentants de l'exploitant que, compte tenu de l'expérience significative de l'équipage en vol long-courrier, la décision a été prise en tenant compte des facteurs déterminants : altitude de sécurité en route, quantité de carburant consommée sur trois réacteurs et possibilité de rejoindre des aérodromes de déroutement sur deux réacteurs.

Après l'incident, l'exploitant a transmis aux enquêteurs un projet de complément pour son manuel d'exploitation qui détaille les critères à prendre en compte pour la prise de décision :

Une fois terminées les actions immédiates d'arrêt réacteur et une fois confirmé que la sécurité de l'avion n'est pas compromise, il peut être envisagé de poursuivre le vol.

Les points suivants doivent être pris en compte pour la planification :

Les circonstances ayant conduit à l'arrêt du réacteur doivent être soigneusement prises en considération afin de s'assurer que l'avion est en condition sûre pour un vol prolongé. Une vidange carburant ne devrait pas être envisagée avant d'avoir pris en considération les items suivants :

- Les performances sur deux réacteurs doivent être prises en compte sur toute la route pour identifier l'altitude, la distance et la vitesse de « drift-down » afin de vérifier le respect des MSA (altitudes minimales de secteur) et MORA (altitudes minimales en route). Ces informations doivent être actualisées en se rapprochant des zones critiques, lorsque les masses estimées deviennent plus précises.*
- Prendre en compte et planifier toute route d'évitement (escape) nécessaire.*
- Le carburant à destination doit être calculé et confirmé suffisant en tenant compte des imprévus, du dégagement et des réserves. Si ce n'est pas le cas, une destination en route doit être envisagée avec une possibilité de replanification ultérieure. Si au cours du vol, le carburant à bord est calculé inférieur à délestage + réserve de route + dégagement + réserve finale, l'avion peut continuer à destination seulement si l'aérodrome de destination dispose de deux pistes distinctes et que les conditions météo qui y sont prévues sont au moins celles spécifiées pour la planification (dans l'OPS Manual Partie A – Gen 8.1.3.1.2). L'avion n'atterrira pas avec un carburant inférieur à la réserve finale.*

⁽⁸⁾Cette traduction, de l'anglais, ainsi que les suivantes en italique, ont été effectuées par le BEA.

- *Si le vol est poursuivi, des aérodromes de déroutement convenables doivent être choisis dans le cas d'une panne d'un deuxième réacteur. Des terrains de dégagement et d'urgence doivent être envisagés et leurs météos obtenues. Ces informations doivent être actualisées tout au long du vol.*
- *Contacter dès que possible le contrôle des opérations aériennes afin de l'informer de toutes les options et de lui permettre la meilleure planification possible de tout déroutement.*
- *Les prévisions FMS avec sélection un moteur en panne (engine out) seront un outil utile pour la mise à jour continue des différentes options. Elles devraient être utilisées en insérant les informations les plus précises possibles dans le calculateur. Le carburant consommé augmentera d'environ 12 % sur trois réacteurs et de 40 % sur deux réacteurs.*

1.12.1.2.3 Politique carburant

En matière de politique carburant, l'exploitant appliquait la réglementation JAR-OPS (voir paragraphe 1.13.2).

1.12.2 Constructeur

Les informations suivantes sur la poursuite du vol avec un réacteur en panne sont issues de la documentation du constructeur en vigueur à la date de l'événement :

- La section 23.20 (b) du manuel de vol fournit les informations de performances nécessaires à une replanification en vol avec une panne réacteur survenant en croisière (voir annexe 3).

Elle permet de déterminer le carburant nécessaire à la descente depuis le niveau de croisière à M 0,84/290 kt ainsi qu'à la croisière au « long range ». Elle permet de déterminer le plafond pratique avec un réacteur en panne⁽⁹⁾ mais ne permet pas de déterminer le carburant nécessaire à la montée au premier niveau de croisière.

- Les manuels d'entraînement équipage sur les modèles récents de Boeing peuvent contenir une version, simplifiée ou spécifique au modèle, du texte FAR 121.565 (voir paragraphe 1.13.1.2).
- Les manuels d'entraînement équipage des B747 classiques ne contiennent aucun élément de cette nature.
- Le constructeur ne requiert pas d'atterrir sur l'aérodrome convenable le plus proche après l'arrêt d'un réacteur dont les paramètres en moulinet sont corrects.

Il autorise des vols de convoyage sur trois réacteurs sans limitation de durée.

⁽⁹⁾Pour une masse de 330 t avec des températures inférieures ou égales aux températures standard :
+ 10 °C : FL 247,
+ 15 °C : FL 229,
+ 20 °C : FL 209.

1.12.3 Air Austral

L'affréteur, dont les deux avions étaient en maintenance, n'assurait qu'une veille opérationnelle réduite par téléphone. La VHF n'était pas opérationnelle. Il a déclaré n'assurer ni la préparation ni le suivi du vol.

Air Austral n'a pas organisé de prise en charge particulière des passagers à l'arrivée⁽¹⁰⁾.

⁽¹⁰⁾European Air Charter n'a pas non plus organisé de prise en charge des passagers à l'arrivée.

1.13 Renseignements supplémentaires

1.13.1 Aspects réglementaires du vol sur trois réacteurs d'un quadriréacteur

1.13.1.1 Réglementation applicable en Europe au moment de l'événement

La réglementation sur le vol avec un ou deux moteurs en panne était décrite dans le JAR-OPS, sous-partie G – Classe de performances A.

Le JAR-OPS 1.500 (en annexe 4) prévoyait la vérification par l'exploitant des possibilités de survol des obstacles en cas de panne moteur survenant en tout point de la route (à partir d'une hauteur de 1 500 ft).

Le JAR-OPS 1.505 (en annexe 4) définissait les conditions que l'exploitant devait vérifier en cas de panne de deux moteurs sur les avions à trois moteurs ou plus.

Note : la réglementation EU-OPS impose des exigences similaires.

1.13.1.2 Réglementation applicable aux exploitants de transport public américain

On rappelle ci-après les dispositions du « Code of Federal Rules FAR Part 121 paragraphe 121.565 - Panne moteur : atterrissage » en vigueur à la date de l'événement.

(b) Si un moteur d'un tri- ou quadrimoteur tombe en panne ou si sa rotation est arrêtée pour éviter des dommages, le commandant de bord devra se rendre sur un aérodrome qu'il choisira si, après avoir pris en considération les éléments suivants, il décide que la poursuite vers cet aérodrome est aussi sûre que l'atterrissage sur l'aérodrome approprié le plus proche :

- (1) Nature de l'avarie et des difficultés mécaniques pouvant se produire si le vol est poursuivi.*
- (2) Altitude, masse, et carburant utilisable au moment de l'arrêt du moteur.*
- (3) Conditions météorologiques en route et aux aérodromes où l'atterrissage est possible.*
- (4) Encombrement du trafic aérien.*
- (5) Type de relief.*
- (6) Connaissance de l'aérodrome à utiliser.*

(c) Le commandant de bord devra rendre compte dès que possible de tout arrêt moteur en vol à la station radio sol appropriée et devra maintenir informée de façon complète cette station de la progression du vol.

(d) Si le commandant de bord atterrit à un aérodrome autre que l'aérodrome approprié le plus proche, il ou elle devra remettre en temps voulu à son directeur des opérations un rapport en deux exemplaires exposant les motifs lui ayant permis

de déterminer que la sélection d'un aérodrome autre que l'aérodrome approprié le plus proche était une action aussi sûre que l'atterrisse sur l'aérodrome approprié le plus proche. Le directeur des opérations devra, dans les dix jours suivant le retour du commandant de bord à sa base, envoyer au bureau du district régissant les certificats, une copie de ce rapport ainsi que les commentaires du directeur des opérations.

1.13.2 Réglementation carburant JAR-OPS

1.13.2.1 Principes généraux

1.13.2.1.1 Préparation du vol - emport carburant

On rappelle ci-après les dispositions du JAR-OPS « sous-partie D - Procédures d'exploitation » en vigueur à la date de l'événement.

Le JAR-OPS 1.255 (voir annexe 4) définissait les règles pour la détermination du carburant minimum devant être emporté pour l'opération envisagée et les réserves couvrant les écarts par rapport à celle ci.

L'AMC-OPS 1.255 proposait un système de calcul des différentes quantités.

Le calcul de carburant effectué avant le vol (voir paragraphe 1.5.3.1) était conforme à ces exigences.

Note : la réglementation EU-OPS impose des exigences similaires.

1.13.2.1.2 Gestion du carburant en vol

Paragraphe JAR-OPS 1.375 Gestion du carburant en vol

(a) L'exploitant doit établir des procédures assurant que des vérifications et une gestion du carburant sont effectuées en vol.

(b) Le commandant de bord doit s'assurer pendant le vol que la quantité de carburant utilisable restante n'est pas inférieure au carburant nécessaire pour atteindre un aérodrome où un atterrissage peut être effectué en sécurité avec encore à bord la réserve finale de carburant.

(c) Le commandant de bord doit déclarer une situation d'urgence lorsque la quantité réelle de carburant utilisable à bord est inférieure à la réserve finale.

L'annexe 1 au JAR-OPS 1.375 précise que, lors d'un vol à destination d'un aérodrome non isolé, si le suivi en vol du carburant montre que la quantité de carburant estimée à destination est inférieure à la somme de la réserve de dégagement et de la réserve finale, le commandant de bord doit prendre en compte le trafic et les conditions opérationnelles à destination, sur le trajet vers un aérodrome de déroutement (ou de dégagement) et sur l'aérodrome de dégagement à destination avant de décider de la poursuite vers la destination ou un dégagement (ou déroutement) de manière à atterrir avec au moins la réserve finale.

1.13.2.2 Escale Technique Facultative

Il semble que la logique de la procédure dite d'Escale Technique Facultative (ETF), qui n'était cependant pas initialement envisagée au stade de la préparation de ce vol, ait inspiré certains aspects de la gestion en vol du carburant. C'est pourquoi elle est décrite ci-après.

Il s'agit d'une procédure selon laquelle, à partir d'un point limite (point de décision) déterminé lors de la planification du vol, et compte tenu notamment des consommations réelles constatées au cours du vol, le commandant de bord peut décider soit de poursuivre vers sa destination avec ou sans dégagement (voir paragraphe 1.14.2.3), soit d'atterrir à l'ETF s'il ne peut pas respecter les réserves réglementaires à destination.

1.13.2.3 Conditions permettant de ne pas retenir un aérodrome de dégagement à destination

Dans le cas d'une ETF sans nécessité de retenue d'un aérodrome de dégagement à destination, le carburant au point de décision doit être au moins égal au délestage jusqu'à destination majoré des réserves de route, finale (30 minutes) et additionnelle (déterminée par l'exploitant).

Les conditions permettant de ne pas retenir d'aérodrome de dégagement à destination lors de la planification du vol sont les suivantes :

- vol inférieur ou égal à six heures ;
- aérodrome de destination comportant deux pistes distinctes et utilisables ;
- conditions météorologiques prévues à destination dans la période comprise entre une heure avant et une heure après l'heure estimée d'arrivée, supérieures ou égales à :
 - visibilité supérieure ou égale à 5 000 mètres ;
 - plafond supérieur ou égal aux minima d'atterrissage majorés de 500 ft (2 000 ft minimum).

1.13.3 Phraséologie associée à la déclaration de situations liées au carburant

1.13.3.1 Procédure « minimum fuel »

Les exploitants qui se rendent aux Etats-Unis doivent se conformer aux exigences de la FAA pour déclarer des situations spécifiques liées au carburant (voir annexe 5).

Une telle procédure n'existe pas en Europe. Toutefois, certains exploitants définissent la quantité qui amène à se déclarer en « minimum fuel » comme suit : si la quantité de carburant estimée restante à l'atterrissage est inférieure à 1,5 fois la réserve finale, dès le premier contact avec le contrôle d'approche, l'équipage annonce « minimum fuel ». Cette procédure ne donne aucune priorité à l'atterrissage mais indique au contrôle qu'une situation d'urgence pourrait survenir si l'avion devait subir des retards non prévus. Si l'ATC en fait la demande, un complément d'information peut être donné en indiquant le carburant restant en minutes de vol.

1.13.3.2 Procédure « low fuel »

Le vol avec une quantité de carburant inférieure à la réserve finale est une situation d'urgence qui doit être signalée en fonction des conditions par un message d'urgence ou de détresse. L'équipage s'annonce « low fuel » et indique le carburant restant en minutes de vol.

1.13.4 Personnel de cabine sur les vols domestiques affrétés

L'Annexe 6 (OACI) ne fixe pas d'exigences concernant les langues de communication avec les passagers qui permettraient d'assurer au minimum la compréhension des consignes de sécurité.

Le JAR-OPS ne contenait pas non plus de telles dispositions, pas plus que l'EU-OPS actuellement en vigueur.

Il n'y a pas non plus de supplément spécifique dans le règlement français qui traite des questions de communication entre le personnel de cabine et les passagers.

1.13.5 Témoignages

1.13.5.1 Copilote en fonction au décollage

Peu après la rentrée du train, une série de bruits sourds est perçue accompagnée d'un couple sur l'axe de lacet, d'une dissymétrie de poussée et d'une augmentation de l'EGT du réacteur n° 4. Le copilote a indiqué qu'il avait géré la trajectoire pendant que le commandant de bord effectuait avec le mécanicien navigant la procédure grave dommage réacteur n° 4 ; le coupe-feu a été tiré. Cette procédure est systématiquement appliquée lorsqu'un pompage se produit au décollage avant que l'avion ne soit en lisse. Les alarmes incendie demeurant éteintes, les extincteurs n'ont pas été percutés. Les lignes de détection incendie n'ont pas été testées car il n'y avait pas de vibrations et les paramètres étaient normaux, correspondant à ceux d'un réacteur en moulinet.

Des appels PNC ont retenti au poste de pilotage auxquels nous n'avons pas répondu dans cette phase où nous étions occupés à effectuer la procédure d'urgence puis les check-lists et nous doutant que la vue de flammes était la cause des appels.

Il n'y avait plus d'urgence. Nous avons informé l'ATC d'une avarie réacteur.

L'équipage à cinq, très expérimenté, a effectué un bilan opérationnel et considéré pouvoir poursuivre réglementairement le vol sans situation d'urgence. Il a décidé de poursuivre en long range 3 GTR et repoussé sa décision d'atterrir à CDG jusqu'à une heure avant l'atterrissage.

L'équipage est parvenu à communiquer trois ou quatre fois avec « l'Operations Manager » de l'exploitant (European Air Charter) à qui il a signalé qu'il ne pourrait peut-être pas aller jusqu'à CDG, afin que soit organisé un éventuel atterrissage à Rome.

L'ATC a été maintenu informé des problèmes associés au vol et de nombreuses routes directes ont été autorisées par les contrôleurs italiens et français. Les contrôleurs français ont été prévenus de la situation de « minimum fuel » et ont donné une route directe vers le FAP.

1.13.5.2 Hôtesse française en fonction

L'hôtesse a traduit en français les annonces de l'équipage anglais.

Elle a entendu des passagers crier lors de l'avarie. Assise à son poste, sur le côté gauche de l'appareil (2 L), dans l'attente de l'autorisation de se lever donnée au niveau du poste de pilotage, c'est le chef de cabine côté droit (2 R) qui l'a informée que les flammes avaient disparu. Celles-ci étaient visibles des rangs 5 à 63 du côté droit.

Le public address⁽¹¹⁾ n'étant pas très audible de son poste, elle a eu des difficultés à comprendre l'annonce du commandant de bord et a appelé le chef de cabine pour confirmer la teneur du message. Elle a ensuite traduit cette annonce en français. Après la deuxième annonce du commandant de bord une quinzaine de passagers ont demandé à revenir à La Réunion. Elle a vu un gilet de sauvetage sorti.

⁽¹¹⁾Système permettant de s'adresser aux occupants de l'avion à partir soit du poste de pilotage soit de la cabine.

1.13.5.3 Instructeur PNC en représentation commerciale

L'instructeur PNC en représentation commerciale, assis au pont supérieur, a entendu des cris de passagers via le public address. Un membre de l'équipage de cabine lui a demandé de rester assis. Puis le chef de cabine lui a demandé de descendre afin de faire une annonce aux passagers. Il a fait une annonce demandant aux passagers de s'asseoir, de s'attacher et de rester calme, puis il est passé en cabine avec deux de ses collègues pour rassurer les passagers.

2 - ANALYSE

2.1 Gestion de la panne et décision de poursuivre sur trois moteurs

L'origine du pompage du moteur n° 4 a été identifiée comme étant spécifique à ce type et à cette série de réacteur. La procédure appliquée par l'équipage était adaptée à la situation. Après la coupure du réacteur n° 4, l'absence d'alarme incendie et de vibrations et les indications normales des paramètres justifient que l'équipage n'ait pas testé les lignes de détection d'incendie et n'ait pas percuté d'extincteur.

Les paramètres qui ont été pris en compte par l'équipage pour prendre la décision de poursuivre le vol vers l'Europe prennent en compte les aspects performances, commerciaux, techniques et économiques.

Réglementairement, sur quadrimoteur la poursuite du vol en cas d'arrêt d'un moteur est prise en compte au niveau de la préparation du vol. Cette préparation envisage la panne d'un deuxième moteur sous un aspect performances en route et à l'atterrissage. La décision de poursuivre le vol prenait ainsi en compte l'éventualité de la panne d'un deuxième réacteur. La documentation opérationnelle n'aborde pas l'impact éventuel de la perte d'un moteur sur la fiabilité des autres systèmes de l'avion (notamment générations électrique, hydraulique et pneumatique) dans la perspective d'un vol prolongé⁽¹²⁾. L'équipage a pu juger, au vu des nombreuses redondances sur ce type d'avion, que cet impact restait négligeable.

L'équipage n'a pas retenu l'option du retour au terrain de départ. S'il avait choisi cette option, en l'absence de réponse de l'affréteur Air Austral, il aurait été confronté aux difficultés de traitement des passagers à La Réunion sans assistance locale. D'autre part, rentraient en ligne de compte les complications potentielles liées aux réparations, avec l'éventualité de devoir acheminer un autre réacteur, du personnel et de l'outillage.

Au final, le demi-tour (nécessitant soit une vidange pour un atterrissage à la masse maximale soit un atterrissage en surcharge) était économiquement et commercialement défavorable et l'équipage a jugé que la poursuite du vol pouvait s'effectuer en sécurité. Les conditions météorologiques et l'accessibilité d'aérodromes de déroutement tout au long de sa route sont des éléments qui ont pu le conforter dans cette décision⁽¹³⁾.

⁽¹²⁾La certification n'impose pas au concepteur de faire ce type d'analyse.

⁽¹³⁾Avec la réserve qu'il n'a pas été possible de s'assurer que le dossier de vol contenait les informations météorologiques et les NOTAM du jour, puisque les documents fournis, au nom d'Air Austral, sont datés de la veille. Toutefois des moyens pour s'informer en vol sont à la disposition des équipages.

2.2 Gestion en vol du carburant

Une fois atteint le premier niveau de croisière, l'équipage a pu connaître le carburant consommé en montée. Il a alors estimé - avec des hypothèses de vents et de températures - que le carburant restant lui permettrait d'atteindre l'Europe.

Il a ensuite procédé régulièrement au suivi de la consommation comme décrit dans le paragraphe 1.11 et a successivement pu envisager une escale technique à Rome, puis à Nice.

L'OMN a noté un dernier bilan carburant 1 h 30 avant l'atterrissage, peu avant la montée du FL 280 au FL 300. D'après son témoignage, l'équipage a pris la décision de poursuivre à destination de Paris une heure avant l'atterrissage.

Le FMS indiquait une quantité prévue à l'atterrissage supérieure à la réserve finale. La documentation de bord montre que les autres moyens d'estimation du carburant prévu à l'atterrissage conduisaient à un résultat moins optimiste, inférieur à la réserve finale⁽¹⁴⁾.

L'équipage n'a donc pas totalement appliqué les consignes de l'exploitant. Il semble qu'en s'affranchissant d'un dégagement et d'un délai conséquent pouvant retarder l'atterrissage, il se soit inspiré du concept de point de décision faisant partie de la procédure d'ETF sans dégagement, décrite aux paragraphes 1.13.2.2 et 1.13.2.3.

⁽¹⁴⁾Compte tenu de l'absence de relevés carburant postérieurs au point TORLI, l'enquête n'a pas permis de déterminer la quantité de carburant restant à l'atterrissage, ni si celle-ci était au moins égale à la réserve finale.

2.3 Prise en compte des passagers

Des passagers ont manifesté de l'inquiétude après avoir observé les flammes consécutives au pompage du réacteur. Certains, paniqués, se sont levés. Si cette réaction s'était propagée, elle aurait pu affecter la sécurité du vol.

Des difficultés de communication entre le poste de pilotage et la cabine, dues d'une part au volume du public address et d'autre part au fait que le message sur la nature de l'incident s'est fait uniquement en anglais dans un premier temps, ont entraîné du retard pour rassurer les passagers.

Les messages du commandant de bord ne les ont pas complètement rassurés car émis en anglais et incertains sur la suite du vol.

Les PNC en fonction, dont un seul parlait français, n'étaient pas non plus en mesure de donner des explications aux passagers dont la plupart ne parlaient que le français. Les membres d'équipage d'Air Austral n'ont pu intervenir auprès des passagers qu'après avoir été autorisés par les PNC. Leurs explications ont permis de ramener le calme. Une anticipation de la coordination, en exploitant les ressources offertes par la présence de navigateurs de l'affréteur, par exemple au cours d'un briefing équipage avant le vol, aurait permis une maîtrise plus rapide de la situation en cabine.

Une intervention en cabine du commandant de bord de renfort (assisté par exemple, pour la traduction, du commandant de bord en mise en place) aurait été de nature à favoriser la compréhension des passagers et à intégrer, dans le bilan de l'équipage technique qui a précédé sa décision de poursuite du vol, les aspects humains.

D'autres enquêtes ont fait apparaître des problèmes de communication entre le personnel de cabine et les passagers. Le système actuel semble inadapté aux liaisons entre deux destinations de langue commune, autre que l'anglais.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis

- Le réacteur n° 4 a subi un pompage peu après le décollage.
- L'exploitant n'avait pas appliqué le Service Bulletin (optionnel) qui prévoyait le remplacement du matériau de revêtement thermique.
- L'équipage a suivi la procédure adéquate qui a conduit à l'arrêt du réacteur.
- Un début de panique s'est emparé de certains passagers.
- L'équipage a eu du mal à rassurer les passagers, en particulier pour des problèmes de communication.
- La réglementation n'impose pas de limite de temps de vol avec un moteur en panne sur les avions de plus de deux moteurs.
- En l'absence de réponse de l'affréteur, l'équipage a décidé de poursuivre le vol.
- Le suivi des données opérationnelles, notamment de la consommation de carburant, a conduit progressivement l'équipage à poursuivre vers la destination.
- Lors du dernier relevé carburant noté par l'équipage, les prévisions de quantité carburant à l'atterrissement auraient conduit, selon les consignes de l'exploitant, à une estimation légèrement inférieure à la réserve finale.
- La quantité de carburant restant à l'atterrissement était proche de la réserve finale.

3.2 Cause du pompage réacteur

Le pompage du réacteur est consécutif à un arrachement de matière au niveau du revêtement thermique du carter du deuxième étage du compresseur HP.

3.3 Autres enseignements

La décision de poursuivre le vol, basée sur des critères techniques, opérationnels et économiques n'a pas tenu compte du stress des passagers confrontés aux bruits et à la vision des flammes occasionnés par le pompage.

La décision de poursuivre jusqu'à la destination programmée a tenu compte du calcul de carburant le plus favorable tout en utilisant les limites des possibilités prévues par la réglementation pour la gestion du carburant. Cette réduction des marges de sécurité s'est ajoutée à celle résultant de la perte d'un moteur.

4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Rappel : Conformément à l'article 10 de la Directive 94/56/CE sur les enquêtes, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident ou un incident. L'article R.731-2 du Code de l'Aviation Civile stipule que les destinataires des recommandations de sécurité font connaître au BEA, dans un délai de quatre-vingt-dix jours après leur réception, les suites qu'ils entendent leur donner et, le cas échéant, le délai nécessaire à leur mise en œuvre.

L'équipage a décidé de poursuivre à partir de critères non formalisés. Certaines données qui auraient été utiles pour prendre cette décision n'étaient pas disponibles. Or, la poursuite du vol dans ces conditions nécessite une gestion rigoureuse du carburant et une bonne connaissance des outils de gestion carburant associés. L'équipage du vol s'est appuyé sur les données du FMS sans nécessairement connaître les limitations et la précision de ses données. Toutes les conséquences en termes de sécurité n'ont pas pu être mesurées.

En conséquence le BEA recommande que :

- **les autorités européennes imposent aux exploitants de fournir à leurs équipages des consignes opérationnelles détaillées sur la poursuite éventuelle du vol vers un aérodrome autre que l'aérodrome accessible le plus proche.**

La communication entre le personnel de cabine et les passagers s'est révélée déficiente lors de la gestion de l'incident, ce qui n'a pas permis d'apaiser la tension qui régnait parmi les passagers. Cette situation pouvait conduire à un mouvement de panique non maîtrisé, avec des conséquences sur la sécurité du vol. A l'occasion de l'incident survenu le 4 juillet 2005 à l'avion immatriculé A6-BSM, le BEA a recommandé à l'AESA « **qu'elle impose au personnel de cabine des compétences minimales en langue anglaise, ainsi que dans l'une au moins des langues du pays d'origine ou de destination** » (recommandation n° FRAN-2009-004). L'événement survenu à l'avion immatriculé G-BDXE confirme cette nécessité et, en conséquence, le BEA renouvelle sa recommandation.

Liste des annexes

annexe 1

Cartes du temps significatif prévu le 26 octobre 2004 à 24 h 00 et 6 h 00

annexe 2

Communications avec Saint-Denis Gillot

annexe 3

Engine INOP Boeing

annexe 4

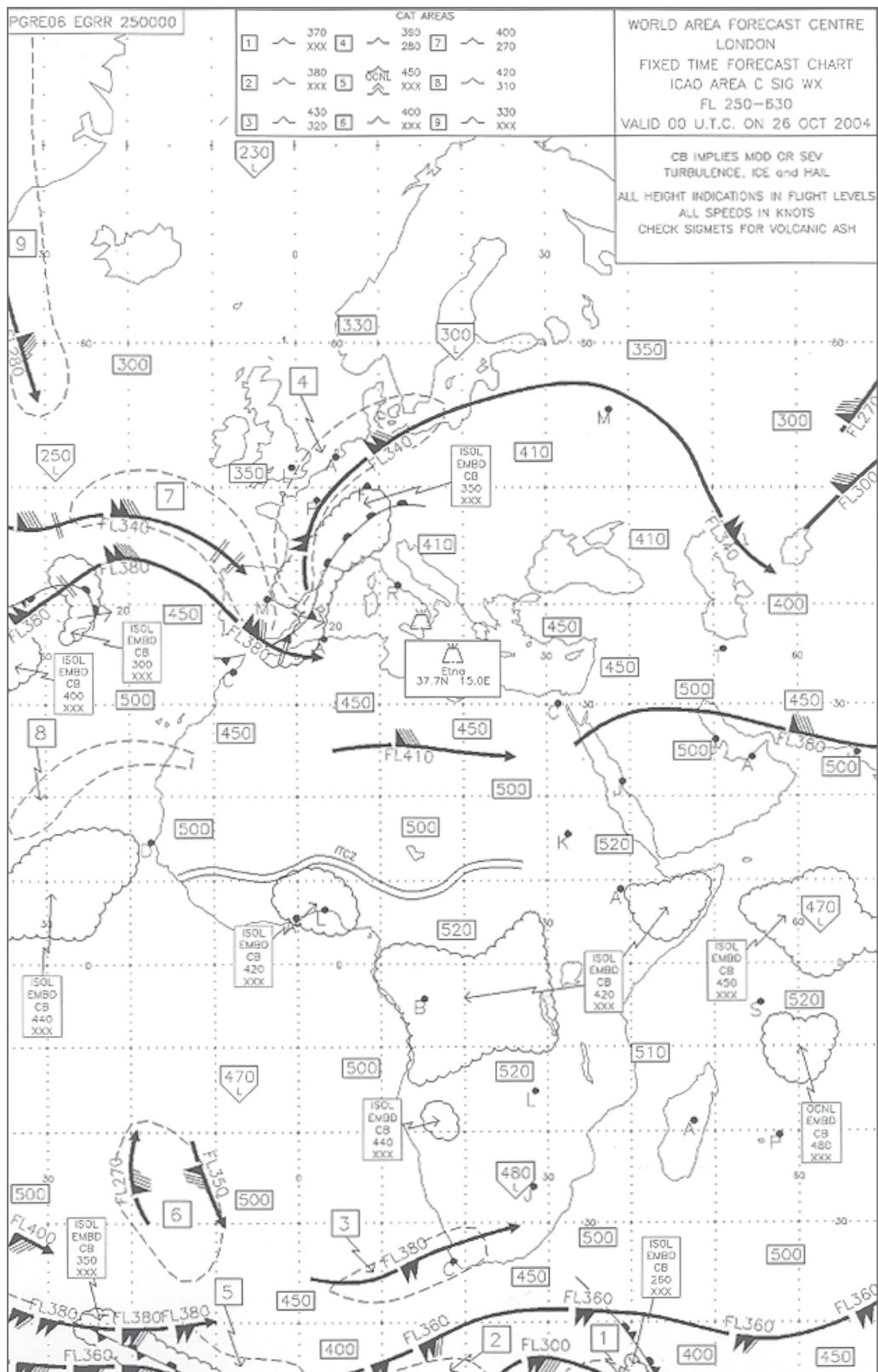
Extraits de la réglementation JAR-OPS en vigueur au moment de l'événement

annexe 5

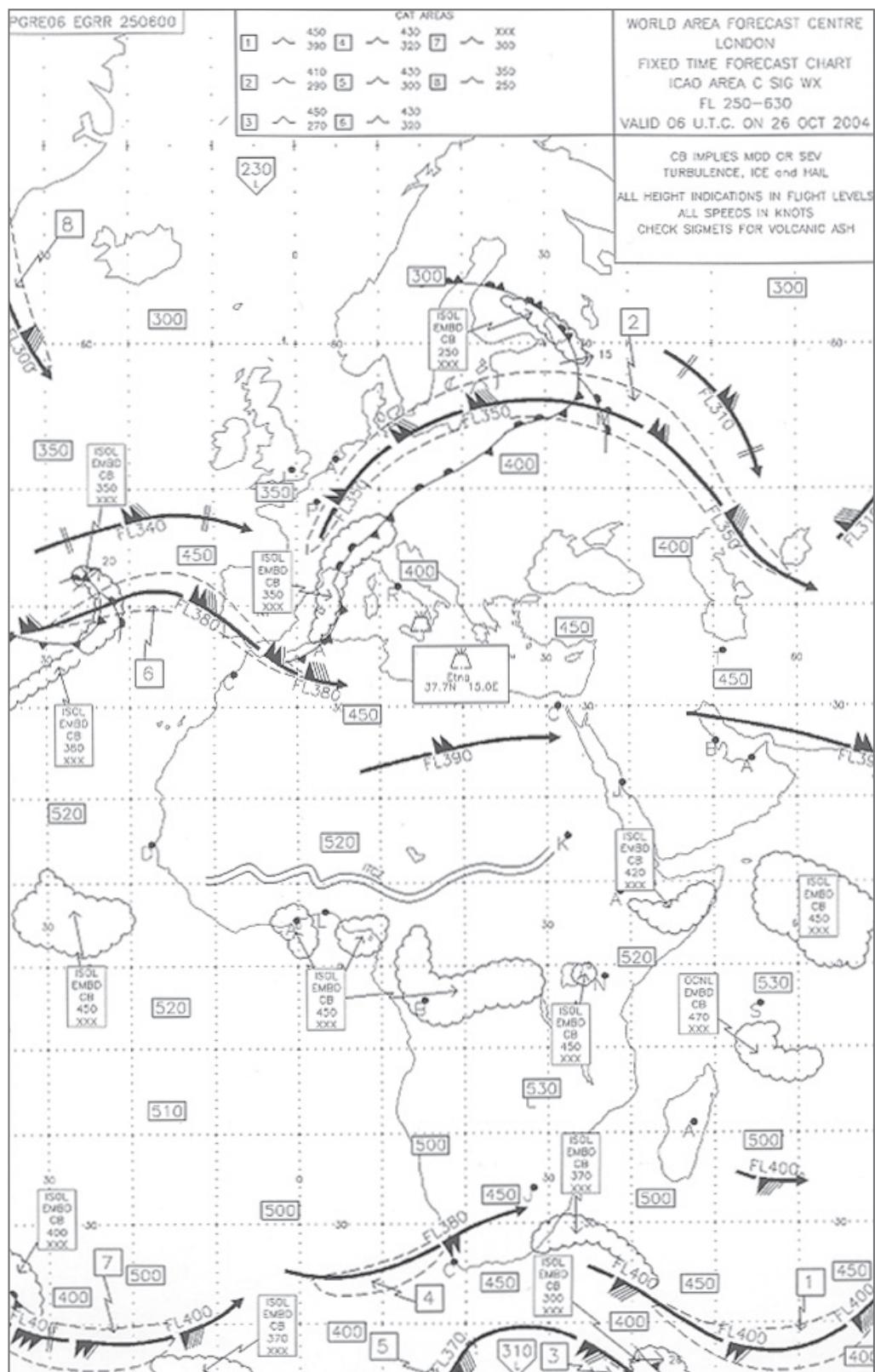
Extrait du Manuel d'information aéronautique (FAA)

Section 5 : Pilotes/contrôleurs-rôles et responsabilités

annexe 1
Carte du temps significatif prévu le 26 octobre 2004
à 24 h 00 UTC



Carte du temps significatif prévu le 26 octobre 2004 à 6 h 00 UTC



annexe 2

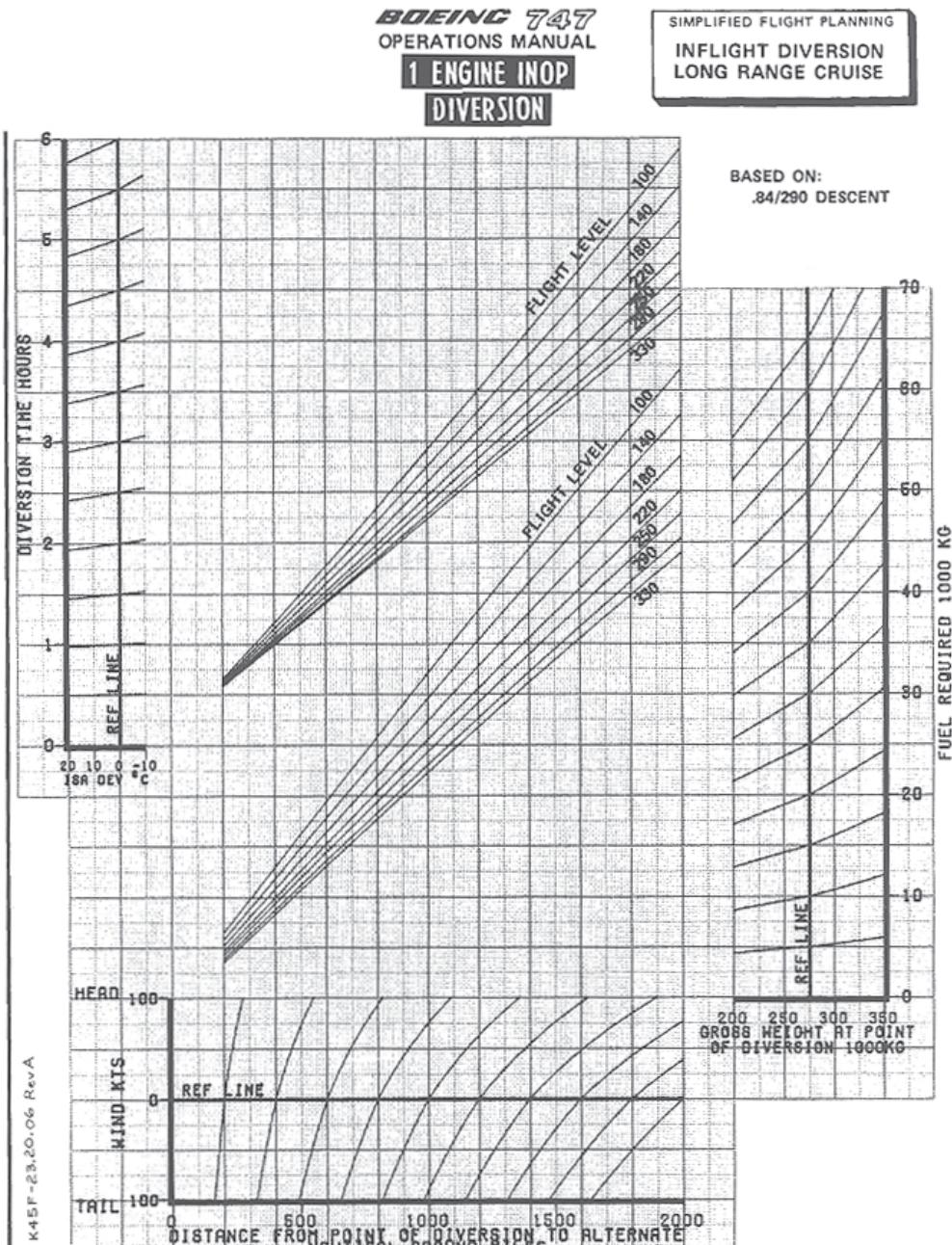
Communications avec Saint-Denis Gillot

Heure UTC	De	A	
22 h 23 min 17	UU975	Tour	UU975 is ready
	Tour	UU975	UU975 is cleared for take off runway 12 wind 130° 15 kt report airborne on 127,2
	UU975	Tour	Take off 12, 127,2 when airborne
	Tour	UU975	UU975 bye bye
22 h 25 min 22	Tour	UU975	UU975 do you see on your right side?
	UU975	Tour	Stand by, we are just dealing with an engine malfunction
22 h 28 min 09	UU975	Tour	UU975 we had engine failure on take off, we'd like to climb to 310 towards UVENA and we say our intentions once we get to altitude
	Tour	UU975	Ok do and you keep me advised
	UU975	Tour	But unfortunately we can't make 310 250?
	Tour	UU975	Ok 250
	UU975	Tour	Thanks sir, no further restriction to climb at the moment
22 h 36 min 23	Tour	UU975	UU975, Gillot?
22 h 36 min 41	Tour	UU975	UU975, Gillot?
22 h 37 min 08	Tour	UU975	UU975, Gillot?
	UU975	Tour	UU975 passing 115 for 250
	Tour	UU975	Ok and confirm you are right on course to UVENA
	UU975	Tour	Heu affirm we are on course to UVENA UU975 our intentions at the moment are to continue towards Europe but we may have to come back to Reunion. Is there any problem coming back later on?
	Tour	UU975	That's all right for me yes
			Thanks sir and could you try and get a message to Air Austral operations, we are trying to call them to see where they would like us to go
	Tour	UU975	Ok I call them
	UU975	Tour	Excellent
	UU975	Tour	And UU975 now requesting 230
22 h 41 min 08	Tour	UU975	UU975
	Tour	UU975	UU975
	UU975	Tour	Five
22 h 42 min 40	UU975	Tour	UU975 (illisible) now unable 250 request 230

	Tour	UU975	Roger UU975 maintain flight level 230
	Tour	UU975	UU975, Gillot?
	UU975	Tour	230 thank you sir 975
22 h 45 min 08	Tour	UU975	UU975 please if you can give me your distance outbound SDG
	UU975	Tour	We are 98 DME SDG, 975
	Tour	UU975	Thank you
22 h 51 min 05	Tour	UU975	UU975 your level and distance
	UU975	Tour	UU975 we are 190 for 230, we are currently 135 DME from SG...SDG
	Tour	UU975	Thank you
22 h 53 min 43	Tour	UU975	UU975 position?
	Tour	UU975	UU975 Gillot
	UU975	Tour	UU975 (illisible) we passed UVENA at 54, with sorry, passing 200 climbing flight level 230 we are estimating APCOT 59 and ANVOR next
	Tour	UU975	Roger sir U 975 and contact Tana on 5634
	UU975	Tour	Tana on 5634 and 975 thank you for your help and good night
	Tour	UU975	Good night

annexe 3

AEngine INOP Boeing



3137492

4-K29A
Apr 01/83

RB211-524D4

23.20.17

annexe 4

Extraits de la réglementation JAR OPS en vigueur au moment de l'événement

JAR-OPS 1.500 En-route – One Engine Inoperative (See AMC OPS 1.500)

(a) An operator shall ensure that the one engine inoperative en-route net flight path data shown in the Aeroplane Flight Manual, appropriate to the meteorological conditions expected for the flight, complies with either sub-paragraph (b) or (c) at all points along the route. The net flight path must have a positive gradient at 1 500 ft above the aerodrome where the landing is assumed to be made after engine failure. In meteorological conditions requiring the operation of ice protection systems, the effect of their use on the net flight path must be taken into account.

(b) The gradient of the net flight path must be positive at at least 1 000 ft above all terrain and obstructions along the route within 9·3 km (5 nm) on either side of the intended track.

(c) The net flight path must permit the aeroplane to continue flight from the cruising altitude to an aerodrome where a landing can be made in accordance with JAR-OPS 1.515 or 1.520 as appropriate, the net flight path clearing vertically, by at least 2 000 ft, all terrain and obstructions along the route within 9·3 km (5 nm) on either side of the intended track in accordance with sub-paragraphs (1) to (4) below:

(1) The engine is assumed to fail at the most critical point along the route;

(2) Account is taken of the effects of winds on the flight path;

(3) Fuel jettisoning is permitted to an extent consistent with reaching the aerodrome with the required fuel reserves, if a safe procedure is used; and

(4) The aerodrome where the aeroplane is assumed to land after engine failure must meet the following criteria:

(i) The performance requirements at the expected landing mass are met; and

(ii) Weather reports or forecasts, or any combination thereof, and field condition reports indicate that a safe landing can be accomplished at the estimated time of landing.

(d) When showing compliance with JAR-OPS 1.500, an operator must increase the width margins of subparagraphs (b) and (c) above to 18·5 km (10 nm) if the navigational accuracy does not meet the 95% containment level.

JAR-OPS 1.505 En-route – Aeroplanes With Three Or More Engines, Two Engines Inoperative

(a) An operator shall ensure that at no point along the intended track will an aeroplane having three or more engines be more than 90 minutes, at the all-engines long range cruising speed at standard temperature in still air, away from an aerodrome at which the performance requirements applicable at the expected landing mass are met unless it complies with sub-paragraphs (b) to (f) below.

(b) The two engines inoperative en-route net flight path data must permit the aeroplane to continue the flight, in the expected meteorological conditions, from the point where two engines are assumed to fail simultaneously, to an aerodrome at which it is possible to land and come to a complete stop when using the prescribed procedure for a landing with two engines inoperative. The net flight path must clear vertically, by at least 2 000 ft all terrain and obstructions along the route within 9·3 km (5 nm) on either side of the intended track. At altitudes and in meteorological conditions requiring ice protection systems to be operable, the effect of their use on the net flight path data must be taken into account. If the navigational accuracy does not meet the 95% containment level, an operator must increase the width margin given above to 18·5 km (10 nm).

(c) The two engines are assumed to fail at the most critical point of that portion of the route where the aeroplane is more than 90 minutes, at the all engines long range cruising speed at standard temperature in still air, away from an aerodrome at which the performance requirements applicable at the expected landing mass are met.

(d) The net flight path must have a positive gradient at 1 500 ft above the aerodrome where the landing is assumed to be made after the failure of two engines.

(e) Fuel jettisoning is permitted to an extent consistent with reaching the aerodrome with the required fuel reserves, if a safe procedure is used.

(f) The expected mass of the aeroplane at the point where the two engines are assumed to fail must not be less than that which would include sufficient fuel to proceed to an aerodrome where the landing is assumed to be made, and to arrive there at least 1 500 ft directly over the landing area and thereafter to fly level for 15 minutes.

JAR-OPS 1 Subpart D

JAR-OPS 1.255(c) (continued)

JAR-OPS 1.255 Fuel policy

[]

[(See Appendix 1 to JAR-OPS

1.255)]

(See Appendix 2 to JAR-OPS

1.255)]

(See ACJ OPS 1.255)]

(a) An operator must establish a fuel policy for the purpose of flight planning and in-flight re-planning to ensure that every flight carries sufficient fuel for the planned operation and reserves to cover deviations from the planned operation.

(b) An operator shall ensure that the planning of flights is at least based upon (1) and (2) below:

(1) Procedures contained in the Operations Manual and data derived from:

(i) Data provided by the aeroplane manufacturer; or

(ii) Current aeroplane specific data derived from a fuel consumption monitoring system.

(2) The operating conditions under which the flight is to be conducted including:

(i) Realistic aeroplane fuel consumption data;

(ii) Anticipated masses;

(iii) Expected meteorological conditions; and

(iv) Air [Navigation] Services [Provider(s)] procedures and restrictions.

(c) An operator shall ensure that the pre-flight calculation of usable fuel required for a flight includes:

(1) Tax[i] fuel; [and]

(2) Trip fuel; [and]

(3) Reserve fuel consisting of:

(i) Contingency fuel [(see JAR-OPS 1.192); and]

(ii) Alternate fuel, if a destination alternate [aerodrome] is required. (This does not preclude selection of the departure aerodrome as the destination alternate [aerodrome]; and]

(iii) Final reserve fuel; and

(iv) Additional fuel, if required by the type of operation (e.g. ETOPS); and

(4) Extra fuel if required by the commander.

(d) An operator shall ensure that in-flight re-planning procedures for calculating usable fuel required when a flight has to proceed along a route or to a destination [aerodrome] other than originally planned includes:

(1) Trip fuel for the remainder of the flight; [and]

(2) Reserve fuel consisting of:

(i) Contingency fuel; [and]

(ii) Alternate fuel, if a destination alternate [aerodrome] is required. (This does not preclude selection of the departure aerodrome as the destination alternate [aerodrome]; and]

(iii) Final reserve fuel; and

(iv) Additional fuel, if required by the type of operation (e.g. ETOPS); and

(3) Extra fuel if required by the commander.

[Amdt. 3, 01.12.01; Amdt. 13, 01.05.07]

SECTION 1

JAR-OPS 1 Subpart D

Appendix 1 to JAR-OPS 1.255(a) (continued)

[Appendix 1 to JAR-OPS 1.255

Fuel Policy

See JAR-OPS 1.255

An operator must base the company fuel policy, including calculation of the amount of fuel to be on board for departure, on the following planning criteria:

(a) Basic Procedure

The usable fuel to be on board for departure must be the amount of:

(1) Taxi fuel, which shall not be less than the amount, expected to be used prior to take-off. Local conditions at the departure aerodrome and APU consumption shall be taken into account.

(2) Trip fuel, which shall include:

(i) Fuel for take-off and climb from aerodrome elevation to initial cruising level/altitude, taking into account the expected departure routing; and

(ii) Fuel from top of climb to top of descent, including any step climb/descent; and

(iii) Fuel from top of descent to the point where the approach is initiated, taking into account the expected arrival procedure; and

(iv) Fuel for approach and landing at the destination aerodrome.

(3) Contingency fuel, except as provided for in Paragraph (b) 'Reduced Contingency Fuel', which shall be the higher of (3)(i) or (3)(ii) below:

(i) Either:

(A) 5% of the planned trip fuel or, in the event of in-flight re-planning, 5% of the trip fuel for the remainder of the flight; or

(B) Not less than 3% of the planned trip fuel or, in the event of in-flight re-planning, 3% of the trip fuel for the remainder of the flight, provided that an en-route alternate aerodrome is available in accordance with Appendix 2 to JAR-OPS 1.255; or

(C) An amount of fuel sufficient for 20 minutes flying time based upon the planned trip fuel consumption provided that the operator has established a fuel consumption monitoring programme

for individual aeroplanes and uses valid data determined by means of such a programme for fuel calculation; or

(D) An amount of fuel based on a statistical method approved by the Authority which ensures an appropriate statistical coverage of the deviation from the planned to the actual trip fuel. This method is used to monitor the fuel consumption on each city pair/aeroplane combination and the operator uses this data for a statistical analysis to calculate contingency fuel for that city pair/aeroplane combination. (See ACJ OPS 1.255).

(ii) An amount to fly for 5 minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m), above the destination aerodrome in Standard Conditions.

(4) Alternate fuel which shall:

(i) include:

(A) Fuel for a missed approach from the applicable MDA/DH at the destination aerodrome to missed approach altitude, taking into account the complete missed approach procedure; and

(B) Fuel for climb from missed approach altitude to cruising level/altitude, taking into account the expected departure routing; and

(C) Fuel for cruise from top of climb to top of descent, taking into account the expected routing; and

(D) Fuel for descent from top of descent to the point where the approach is initiated, taking into account the expected arrival procedure; and

(E) Fuel for executing an approach and landing at the destination alternate aerodrome selected in accordance with JAR-OPS 1.295.

(ii) where two destination alternate aerodromes are required in accordance with JAR-OPS 1.295(d), be sufficient to proceed to the alternate aerodrome which requires the greater amount of alternate fuel.

(5) Final reserve fuel, which shall be:

SECTION 1

Appendix I to JAR-OPS 1.255(a) (continued)

(i) For aeroplanes with reciprocating engines, fuel to fly for 45 minutes; or

(ii) For aeroplanes with turbine engines, fuel to fly for 30 minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m) above aerodrome elevation in standard conditions, calculated with the estimated mass on arrival at the destination alternate aerodrome or the destination aerodrome, when no destination alternate aerodrome is required.

(6) The minimum additional fuel, which shall permit:

(i) The aeroplane to descend as necessary and proceed to an adequate alternate aerodrome in the event of engine failure or loss of pressurisation, whichever requires the greater amount of fuel based on the assumption that such a failure occurs at the most critical point along the route, and

(A) hold there for 15 minutes at 1 500 ft (450 m) above aerodrome elevation in standard conditions; and

(B) make an approach and landing,

except that additional fuel is only required, if the minimum amount of fuel calculated in accordance with sub-paragraphs (a)(2) to (a)(5) above is not sufficient for such an event, and

(ii) Holding for 15 minutes at 1 500 ft (450 m) above destination aerodrome elevation in standard conditions, when a flight is operated without a destination alternate aerodrome;

(7) Extra fuel, which shall be at the discretion of the commander.

(b) Reduced Contingency Fuel (RCF) Procedure

If an operator's fuel policy includes pre-flight planning to a Destination 1 aerodrome (commercial destination) with a reduced contingency fuel procedure using a decision point along the route and a Destination 2 aerodrome (optional refuel destination), the amount of usable fuel, on board for departure, shall be the greater of (b)(1) or (b)(2) below:

(1) The sum of:

(i) Taxi fuel; and

(ii) Trip fuel to the Destination 1 aerodrome, via the decision point; and

JAR-OPS 1 Subpart D

Appendix I to JAR-OPS 1.255(b) (continued)

(iii) Contingency fuel equal to not less than 5% of the estimated fuel consumption from the decision point to the Destination 1 aerodrome; and

(iv) Alternate fuel or no alternate fuel if the decision point is at less than six hours from the Destination 1 aerodrome and the requirements of JAR-OPS 1.295(c)(1)(ii) are fulfilled; and

(v) Final reserve fuel; and

(vi) Additional fuel; and

(vii) Extra fuel if required by the commander.

(2) The sum of:

(i) Taxi fuel; and

(ii) Trip fuel to the Destination 2 aerodrome, via the decision point; and

(iii) Contingency fuel equal to not less than the amount calculated in accordance with subparagraph (a)(3) above from departure aerodrome to the Destination 2 aerodrome; and

(iv) Alternate fuel, if a Destination 2 alternate aerodrome is required; and

(v) Final reserve fuel; and

(vi) Additional fuel; and

(vii) Extra fuel if required by the commander.

(c) Pre-Determined Point (PDP) Procedure

If an operator's fuel policy includes planning to a destination alternate aerodrome where the distance between the destination aerodrome and the destination alternate aerodrome is such that a flight can only be routed via a predetermined point to one of these aerodromes, the amount of usable fuel, on board for departure, shall be the greater of (c)(1) or (c)(2) below:

(1) The sum of:

(i) Taxi fuel; and

(ii) Trip fuel from the departure aerodrome to the destination aerodrome, via the predetermined point; and

(iii) Contingency fuel calculated in accordance with sub-paragraph (a)(3) above; and

(iv) Additional fuel if required, but not less than:

SECTION 1

Appendix I to JAR-OPS 1.255(c) (continued)

(A) For aeroplanes with reciprocating engines, fuel to fly for 45 minutes plus 15% of the flight time planned to be spent at cruising level or two hours, whichever is less; or

(B) For aeroplanes with turbine engines, fuel to fly for two hours at normal cruise consumption above the destination aerodrome,

This shall not be less than final reserve fuel; and

(v) Extra fuel if required by the commander; or

(2) The sum of:

(i) Taxi fuel; and

(ii) Trip fuel from the departure aerodrome to the destination alternate aerodrome, via the predetermined point; and

(iii) Contingency fuel calculated in accordance with sub-paragraph (a)(3) above; and

(iv) Additional fuel if required, but not less than:

(A) For aeroplanes with reciprocating engines, fuel to fly for 45 minutes; or

(B) For aeroplanes with turbine engines, fuel to fly for 30 minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m) above the destination alternate aerodrome elevation in standard conditions;

This shall not be less than final reserve fuel; and

(v) Extra fuel if required by the commander.

(d) Isolated Aerodrome Procedure

If an operator's fuel policy includes planning to an isolated aerodrome, the last possible point of diversion to any available en-route alternate aerodrome shall be used as the pre-determined point. See paragraph (c) above.]

[Amtd. 13. 01.05.07]

SECTION 1

[Appendix 2 to JAR-OPS 1.255

Location of the 3% En-Route Alternate (3% ERA) aerodrome for the purpose of reducing contingency fuel to 3%

(See Appendix 1 to JAR-OPS 1.255 (a)(3)(i)(B))

(See JAR-OPS 1.192)

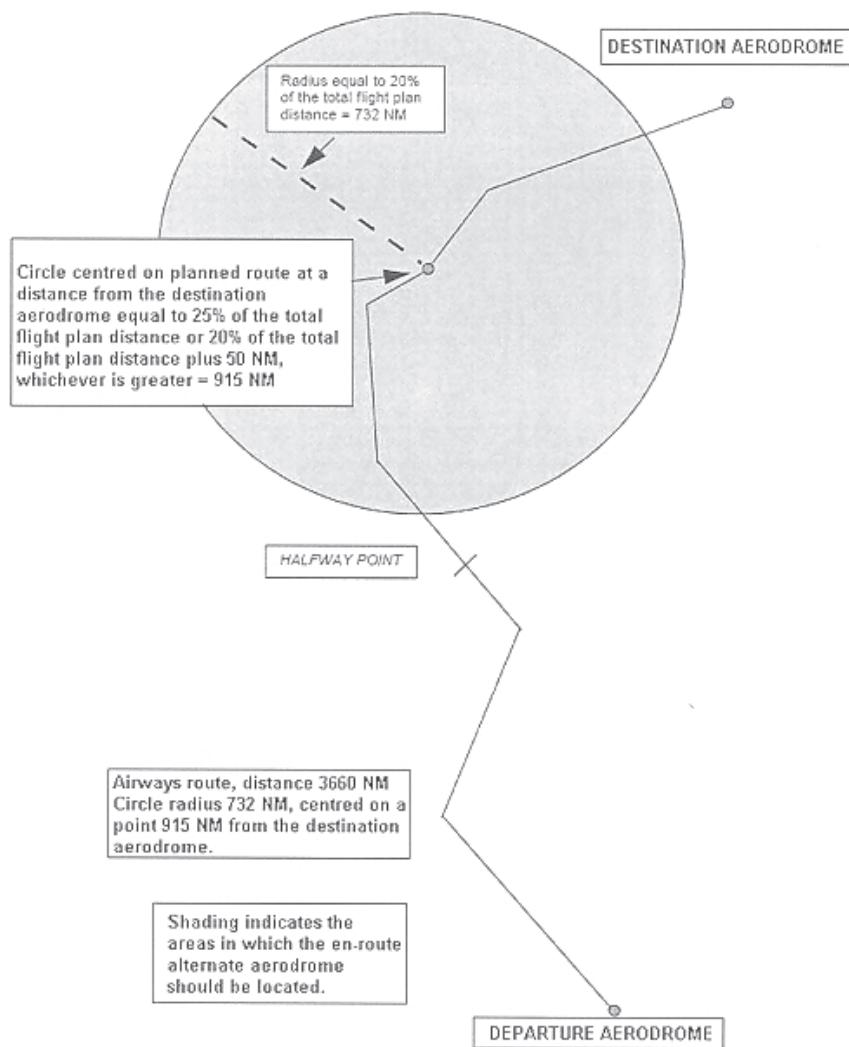
The 3% ERA aerodrome shall be located within a circle having a radius equal to 20% of the total flight plan distance, the centre of which lies on the planned route at a distance from the destination aerodrome of 25% of the total flight plan distance, or at least 20% of the total flight plan distance plus 50 nm, whichever is greater, all distances are to be calculated in still air conditions (see figure 1).

SECTION 1

JAR-OPS 1 Subpart D

Appendix 2 to JAR-OPS 1.255 (continued)

Figure 1
Location of the 3% En-Route Alternate (3% ERA) aerodrome for the purposes of reducing contingency fuel to 3%



[Amdt. 13, 01.05.07]

AMC OPS 1.255
Politique carburant
(voir paragraphe OPS 1.255)

L'exploitant devrait fonder la politique carburant de sa compagnie, y compris pour la détermination du carburant devant être embarqué, sur les critères de planification suivants.

1. Les quantités suivantes:

1.1. *le carburant pour le roulage*, qui ne devrait pas être inférieur à la quantité qu'il est prévu d'utiliser avant le décollage. Les conditions locales à l'aérodrome de départ et la consommation du groupe auxiliaire de puissance devraient être prises en compte;

1.2. *la consommation d'étape* qui devrait inclure:

- a. le carburant utilisé pour le décollage et la montée du niveau de l'aérodrome jusqu'à l'altitude ou niveau de croisière initial, compte tenu du cheminement de départ prévu;
- b. le carburant utilisé de la fin de la montée au début de la descente, en tenant compte de toute montée ou descente par paliers;
- c. le carburant utilisé du début de la descente jusqu'au début de la procédure d'approche, en tenant compte de la procédure d'arrivée prévue;
- d. et le carburant nécessaire à l'approche et à l'atterrissement sur l'aérodrome de destination;

1.3. *la réserve de route*, qui devrait être la plus élevée de (a) ou (b) ci-dessous,

- a. soit
 - i) 5 % de la consommation d'étape ou, en cas de replanification en vol, 5 % de la consommation prévue pour le reste de l'étape;
 - ii) ou au moins 3 % de la consommation d'étape ou, en cas de replanification en vol, 3 % de la consommation prévue pour le reste de l'étape pourvu qu'un aérodrome de dégagement en route, positionné conformément à l'ACJ MIN 1.295, soit accessible;
 - iii) ou une quantité correspondant à 20 minutes de la consommation d'étape prévue pour ce vol. Pour cela, il faut que l'exploitant ait établi un pro-

gramme de suivi de la consommation carburant individuelle de chaque avion et se fonde sur des données tenues à jour au moyen de ce programme pour effectuer le calcul du carburant à emporter;

iv) ou une quantité de carburant basée sur une méthode statistique approuvée par l'Autorité qui assure une couverture statistique appropriée de l'écart entre la consommation d'étape prévue et réelle. Cette méthode est utilisée pour suivre la consommation de carburant d'un type d'avion pour chaque liaison entre deux villes. L'exploitant utilise ces données dans une analyse statistique pour calculer la réserve de route pour cette combinaison avion/liaison entre deux villes;

Note:

1. Comme exemple, les valeurs suivantes de couverture statistique d'écart entre le carburant du vol prévu et du vol réel ont été acceptées:
 - a. 99 % de couverture plus 3 % de la consommation d'étape, si le temps de vol calculé est inférieur à 2 heures, ou supérieur à 2 heures et qu'il n'y a pas de déroutement en route accessible disponible;
 - b. 99 % de couverture si le temps de vol calculé est supérieur à 2 heures et un déroutement en route accessible est disponible;
 - c. 90 % de couverture si:
 - i) le temps de vol est supérieur à 2 heures et
 - ii) un déroutement accessible en route est disponible; et
 - iii) à l'aérodrome de destination, 2 pistes distinctes sont utilisables, l'une d'elles étant équipée d'un ILS/MLS, et les conditions météos sont en conformité avec le paragraphe MIN 1.295(c)(1)(ii); ou l'ILS/MLS est opérationnel en minimas Cat. II/III et les conditions météos sont supérieures ou égales à 500 ft/2500 m.
 2. La base de données de consommation de carburant utilisée en conjonction avec ces données est

basée sur un suivi de la consommation carburant pour chaque combinaison avion/liaison entre deux villes, sur une période glissante de 2 ans.

- b. soit le carburant nécessaire pour voler pendant 5 minutes à la vitesse d'attente à 1 500 ft (450 m), 6 000 ft (1 800 m) pour Concorde, au-dessus de l'aérodrome de destination en conditions standard;
- 1.4. *le carburant de dégagement* qui devrait être suffisant pour effectuer:
- a. une approche interrompue à partir de la MDA/DH applicable à l'aérodrome de destination jusqu'à l'altitude d'approche interrompue, compte tenu de l'ensemble de la trajectoire d'approche interrompue;
 - b. une montée de l'altitude d'approche interrompue jusqu'à l'altitude ou le niveau de croisière;
 - c. la croisière entre la fin de la montée et le début de la descente;
 - d. du début de la descente jusqu'au début de l'approche initiale, compte tenu de la procédure d'arrivée prévue;
 - e. et l'approche et l'atterrissement sur l'aérodrome de dégagement à destination sélectionné conformément au paragraphe MIN 1.295;
 - f. si, conformément au paragraphe MIN 1.295, deux aérodromes de dégagement à destination sont nécessaires, le carburant pour le dégagement doit être suffisant pour voler jusqu'à l'aérodrome de dégagement à destination exigeant la quantité de carburant de dégagement la plus importante;
- 1.5. *la réserve finale de carburant*, qui devrait être:
- a. pour les avions équipés de moteurs à pistons, la quantité de carburant nécessaire à un vol de 45 minutes;
 - b. pour les avions équipés de moteurs à turbines, la quantité de carburant nécessaire à un vol de 30 minutes, à la vitesse d'attente, à 1 500 ft (450 m) au-dessus de l'aérodrome, en conditions standard, calculée en fonction de la masse estimée à l'arrivée à l'aérodrome de dégagement ou à l'aérodrome de destination, si aucun aérodrome de dégagement n'est exigé;

- 1.6. à l'exception de l'exploitation Concorde, *le carburant additionnel* qui devrait permettre:
- une attente de 15 minutes, à 1500 ft (450 m) au-dessus de l'aérodrome, en conditions standard, lorsque le vol est exploité sans aérodrome de dégagement à destination;
 - et suite à la panne éventuelle d'un moteur ou du système de pressurisation, en supposant que la panne se produit au point le plus critique de la route, à l'avion:
 - de descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un aérodrome adéquat;
 - et d'attendre ensuite pendant 15 minutes à 1500 ft (450 m) au-dessus de l'aérodrome en conditions standard;
 - et effectuer une approche et un atterrissage.
 - Cependant, l'emport de carburant additionnel est requis uniquement si la quantité minimale calculée en application des paragraphes 1.2 à 1.5 ci-dessus ne permet pas de faire face à une telle défaillance;
- 1.7. *le carburant supplémentaire*, qui devrait être laissé à la discrétion du commandant de bord.
2. **La procédure avec point de décision.** Si la politique carburant de l'exploitant inclut la planification d'un vol jusqu'à l'aérodrome de destination via un point de décision le long de la route, la quantité de carburant devrait être la plus importante de celle exigée au paragraphe 2.1 ou 2.2 ci-après.
- 2.1. La somme des quantités suivantes:
- le carburant pour le roulage;
 - la consommation d'étape jusqu'à un aérodrome de destination via le point de décision;
 - la réserve de route égale ou supérieure à 3 % du carburant estimé pour aller du point de décision jusqu'à l'aérodrome de destination;
 - le carburant de dégagement si un aérodrome de dégagement à destination est nécessaire;
 - la réserve finale;
 - le carburant additionnel;
 - et le carburant supplémentaire si le commandant de bord le demande;
- 2.2. ou la somme des quantités suivantes:
- le carburant pour le roulage;
 - la consommation d'étape estimée depuis l'aérodrome de départ jusqu'à un aérodrome de dégagement en route accessible via le point de décision;
 - la réserve de route égale ou supérieure à 3 % du carburant estimé pour aller de l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de dégagement en route;
 - la réserve finale;
 - le carburant additionnel;
 - et le carburant supplémentaire si le commandant de bord le demande.
3. **Procédure pour un aérodrome isolé.** Si la politique carburant de l'exploitant comprend la planification à destination d'un aérodrome isolé pour lequel il n'existe aucun aérodrome de dégagement à destination, la quantité de carburant au départ devrait inclure:
- le carburant pour le roulage;
 - la consommation d'étape;
 - la réserve de route calculée conformément au sous-paragraphe 1.3 ci-dessus;
 - le carburant additionnel si nécessaire, mais pas inférieur à:
 - pour les avions à moteurs à pistons, le carburant nécessaire à un vol de 45 minutes, plus 15 % du temps de vol qu'il est prévu de passer à une altitude de croisière ou le carburant nécessaire pour voler pendant 2 heures, la plus petite des valeurs étant celle retenue;
 - ou, pour les avions équipés de moteurs à turbine, le carburant nécessaire à un vol de deux heures au régime normal de croisière après avoir atteint l'aérodrome de destination,
- réserve finale comprise;
- et le carburant supplémentaire si le commandant de bord le demande.
4. **Procédure du point prédéterminé.** Si la politique carburant de l'exploitant prévoit la planification vers un aérodrome de dégagement à destination, avec une distance entre la destination et ce dégagement à destination telle

que le vol ne peut être programmé qu'en passant par un point prédéterminé vers l'un ou l'autre de ces aérodromes, la quantité de carburant emportée doit être la plus grande de 4.1 ou 4.2 ci-dessous.

- 4.1. la somme des quantités suivantes:
- le carburant pour le roulage;
 - la consommation d'étape jusqu'à l'aérodrome de destination via le point prédéterminé;
 - la réserve de route calculée conformément au sous-paragraphe 1.3 ci-dessus;
 - le carburant additionnel si requis, mais pas inférieur à:
 - pour les avions à moteurs à pistons, le carburant nécessaire à un vol de 45 minutes, plus 15 % du temps de vol qu'il est prévu de passer à une altitude de croisière ou le carburant nécessaire pour voler pendant 2 heures, la plus petite des valeurs étant celle retenue;
 - ou, pour les avions équipés de moteurs à turbine, le carburant nécessaire à un vol de deux heures au régime normal de croisière après avoir atteint l'aérodrome de destination, réserve finale comprise;
 - et le carburant supplémentaire si le commandant de bord le demande.
- 4.2. la somme des quantités suivantes:
- le carburant pour le roulage;
 - la consommation d'étape depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de dégagement via le point prédéterminé;
 - la réserve de route calculée conformément au sous-paragraphe 1.3 ci-dessus;
 - le carburant additionnel requis, mais pas inférieur à:
 - pour les avions à moteurs à pistons, le carburant nécessaire à un vol de 45 minutes;
 - ou, pour les avions équipés de turbines, le carburant nécessaire pour voler pendant 30 minutes, au régime d'attente, en conditions standard à 1 500 ft (450 m) au-dessus de l'aérodrome, réserve finale comprise;

e. et le carburant supplémentaire si le commandant de bord le demande.

IEM OPS 1.255(c)(3)(i)

Réserve de route

(voir paragraphe OPS 1.255(c)(3)(i))

1. Au stade de la préparation du vol, les facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur la consommation de carburant jusqu'à l'aérodrome de destination ne peuvent pas tous être évalués. C'est pourquoi, la réserve de route est embarquée pour compenser des éléments tels que:
 - écart de consommation d'un avion particulier par rapport aux données prévisibles;
 - écart par rapport aux conditions météorologiques prévues;
 - et écart par rapport aux itinéraires et aux altitudes ou niveaux de croisière prévus.

annexe 5

Extrait du Manuel d'information aéronautique (FAA) Section 5 : Pilotes/contrôleurs-rôles et responsabilités

5-5-15. Minimum Fuel Advisory

a. Pilot.

1. Advise ATC of your minimum fuel status when your fuel supply has reached a state where, upon reaching destination, you cannot accept any undue delay.

2. Be aware this is not an emergency situation, but merely an advisory that indicates an emergency situation is possible should any undue delay occur.

3. On initial contact the term "minimum fuel" should be used after stating call sign.

EXAMPLE Salt Lake Approach, United 621, "minimum fuel."

4. Be aware a minimum fuel advisory does not imply a need for traffic priority.

5. If the remaining usable fuel supply suggests the need for traffic priority to ensure a safe landing, you should declare an emergency due to low fuel and report fuel remaining in minutes.



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

Zone Sud - Bâtiment 153
200 rue de Paris
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex - France
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03
www.bea.aero

N° ISBN : 978-2-11-098252-0

