

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ÉDITION DES
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

DIRECTION DES JOURNAUX OFFICIELS
26, rue Desaix, 75727 PARIS CEDEX 15.
TELEX 201176 F DIRJO PARIS



TÉLÉPHONES :
STANDARD : (1) 40-58-75-00
ABONNEMENTS : (1) 40-58-77-77

COMMISSION D'ENQUÊTE

sur l'accident survenu le 26 juin 1988

à Mulhouse-Habsheim (68)

à l'Airbus A 320, immatriculé F-GFKC

RAPPORT FINAL

COMMISSION D'ENQUÊTE
SUR L'ACCIDENT SURVENU LE 26 JUIN 1988 À MULHOUSE-HABSHEIM (HAUT-RHIN)
À L'AIRBUS A 320, IMMATRICULÉ F-GFKC

AVERTISSEMENT

Le présent rapport est un document technique qui reflète le point de vue de la commission d'enquête instituée par M. le ministre des transports sur les circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident, objet de l'enquête, sur ses causes et sur ses conséquences.

Conformément à l'annexe 13 à la convention relative à l'aviation civile internationale, l'enquête n'a nullement visé à la détermination des fautes et responsabilités. Elle a été conduite sans qu'une procédure contradictoire ait été nécessairement utilisée et avec pour objectif fondamental la prévention de futurs accidents.

SOMMAIRE

	Pages
Synopsis	5
Composition de la commission d'enquête et résumé des travaux	5
1. Renseignements de base :	
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Conséquences sur les personnes	6
1.3. Dommages à l'aéronef	7
1.4. Autres dommages	7
1.5. Renseignements sur le personnel	7
1.6. Renseignements sur l'aéronef	8
1.7. Conditions météorologiques	8
1.8. Aides à la navigation	8
1.9. Télécommunications	8
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	9
1.11. Enregistreurs de bord	9
1.12. Epave	11
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	11
1.14. Incendie	12
1.15. Survie des occupants, évacuations	12
1.16. Essais et recherches	13
2. Analyse :	
2.1. Considérations générales	17
2.2. Préparation du vol	17
2.3. Déroulement du vol	19
3. Conclusions :	
3.1. Faits établis par l'enquête	20
3.2. Causes probables	20
4. Recommandations	21
Annexes	23

SYNOPSIS

Date de l'accident :
Dimanche 26 juin 1988, à 12 h 45 UTC (1).

Lieu de l'accident :
300 mètres au-delà de l'extrémité de la piste 34 R de l'aérodrome de Mulhouse-Habsheim (Haut-Rhin) et dans l'axe de celle-ci.

Nature du vol :
Vol affrété, transport public de passagers comportant un passage à basse hauteur. Numéro du vol et indicatif radiotéléphonique : ACF 296 Q.

Aéronef :
Airbus A 320 ; numéro de série : 9 ; immatriculation : F-GFKC.

Propriétaire :
Société Durus Verwaltungsgesellschaft MBH Co Mobilien KG.

Conséquences :

Exploitant :
Air France.

Occupants :
Personnel navigant technique : 2 ;
Personnel navigant commercial : 4 ;
Passagers : 130.

Résumé de l'accident :
Dans le cadre d'une manifestation aérienne, l'avion effectue un passage au-dessus de la piste 34 R à une hauteur voisine de 30 pieds, moteurs réduits, avec une incidence croissante jusqu'au maximum possible compte tenu du taux de décélération de l'avion. Pendant la remise de gaz il touche les arbres peu après l'extrémité de piste, s'enfonce dans la forêt, s'immobilise et prend feu. L'évacuation est déclenchée rapidement mais trois passagers périssent carbonisés.

	PERSONNES			APPAREIL	DÉGÂTS AUX TIERS
	Tuées	Blessées	Indemnes		
Equipage	0	2	4	Détruit	Environ deux hectares de forêt détruits.
Passagers	3	34 (*)	93		
Tiers	0	0			

(*) Passagers hospitalisés.

COMPOSITION DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE
ET RÉSUMÉ DES TRAVAUX*Composition de la commission d'enquête*

Par arrêté du 27 juin 1988, le ministre des transports a institué une commission d'enquête composée de :

M. Claude Bechet, pilote commandant de bord, bureau Enquêtes accidents, président ;

M. François Gonin, ingénieur général de l'armement, vice-président ;

M. Robert Auffret, médecin général, membre du conseil médical de l'aviation civile ;

M. Bernard Farthouat, ingénieur général de la météorologie ;

M. Paul Arslanian, ingénieur en chef de l'aviation civile ;

M. Philippe Gourguechon, pilote inspecteur ;

M. Jean-Paul de Villeneuve, ingénieur au bureau Enquêtes-accidents,

avec mission d'étudier les circonstances, rechercher les causes et dégager les enseignements de l'accident survenu le 26 juin 1988 à Mulhouse-Habsheim à un avion de type A 320 de la compagnie Air France.

En application des dispositions du protocole concernant les enquêtes techniques sur les accidents impliquant des avions équipés de moteurs CFM 56, signé conjointement le 21 mars 1985 par le Bureau Enquêtes-accidents (BEA) de l'Inspection Générale de l'Aviation Civile et le National Transportation Safety Board (NTSB-USA), un représentant de l'Etat constructeur des moteurs de l'Airbus, assisté de trois conseillers techniques, a été appelé à participer aux travaux de la commission.

En outre, par décision du président de la commission, M. Jean-Claude Wanner, ingénieur général de l'armement, a été associé aux travaux de la commission en qualité d'expert en facteurs humains.

Résumé des travaux

Le bureau Enquêtes-accidents a été avisé de l'accident le dimanche 26 juin vers 13 h 30. Après avoir pris toutes dispositions en vue de la sauvegarde des indices, deux enquêteurs de ce service se sont immédiatement rendus sur les lieux où ils sont arrivés vers 16 heures.

(1) Les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter deux heures pour obtenir l'heure légale en France.

Dès leur arrivée sur le terrain de Mulhouse-Habsheim, ils ont pris contact avec les autorités locales aéronautiques, préfectorales et judiciaires, et ont commencé leurs travaux en collaboration avec ces autorités.

Les enregistreurs avaient été récupérés par les sauveteurs. Ils ont été transférés dans la nuit à Paris, leur dépouillement nécessitant des installations et des techniciens spécialisés.

Le mardi 28 juin, le président de la commission a procédé à une première audition de l'équipage technique ainsi qu'à l'écoute, en sa présence, de l'enregistrement des conversations (Cockpit Voice Recorder).

La première réunion plénière de la commission s'est tenue à Paris le mercredi 29 juin. Tous les membres de la commission étaient présents.

Cette réunion a permis de répartir l'ensemble du travail de recherche et d'étude entre les membres de la commission.

Le lendemain, jeudi 30 juin, deux membres de la commission se sont rendus à Mulhouse-Habsheim aux commandes d'un avion léger de l'administration et ont procédé à une dizaine de survols de l'épave réalisés dans les conditions du vol de l'accident.

Des contacts ont également été pris à cette occasion avec les autorités préfectorales de Colmar et le juge d'instruction chargé de l'affaire.

Une deuxième réunion plénière s'est tenue le vendredi 1^{er} juillet au cours de laquelle a été confirmée la participation du NTSB en application du protocole cité précédemment.

Du 4 au 7 juillet, le représentant des Etats-Unis et ses trois conseillers techniques ont participé aux travaux de la commission, pris connaissance des dépouillements de l'enregistreur de paramètres, et de toutes les informations disponibles à ce stade de l'enquête.

Cette délégation est repartie pour Washington le 7 juillet 1988 sans laisser de représentant sur place comme proposition lui en avait été faite.

Les semaines suivantes ont été consacrées à l'étude des circonstances de l'accident. Les travaux ont notamment consisté en l'examen des enregistrements, l'audition des pilotes et des autorités intéressées, et des reconstitutions des paramètres de l'accident au simulateur et en vol les 20 et 21 juillet. Ils ont permis la rédaction du rapport préliminaire qui a été remis au ministre des transports le 28 juillet 1988.

La commission a ensuite poursuivi l'étude et l'analyse de l'accident.

La commission s'est réunie à nouveau en séance plénière les 19 juillet 1988, 6 septembre 1988, 27 octobre 1988, 20 décembre 1988, 27 avril 1989, 21 juin 1989, 26 juin 1989 et le 13 septembre 1989. La commission a également diffusé le

2 novembre 1988 un communiqué faisant le point sur l'avancement de ses travaux. La commission a approuvé au cours de sa réunion du 29 novembre le présent rapport final.

Conformément aux dispositions de l'instruction interministérielle du 3 janvier 1953, la commission a conduit l'ensemble de ses travaux en collaboration étroite avec les autorités judiciaires (procureur de la République, juge d'instruction, experts judiciaires, gendarmerie des transports aériens, police de l'air et des frontières). Les experts judiciaires ont été invités à toutes les réunions de la commission et ont participé à de nombreux travaux de celle-ci.

Conformément aux termes de l'arrêté du 3 novembre 1972 relatif aux commissions d'enquêtes, le projet de rapport final a été soumis, pour commentaires, aux personnes et organismes suivants :

Membres de l'équipage (technique et commercial) ;
Air France ;
Airbus industrie ;
C.F.M.I. ;
Aéro-club de Mulhouse ;
Direction générale de l'aviation civile ;
Préfecture du Haut-Rhin.

Les deux membres de l'équipage technique ont déclaré réserver leurs commentaires aux représentants de la justice.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

Le 26 juin 1988, l'A 320 F-GFKC de la Compagnie nationale Air France devait effectuer pour le compte d'Air Charter une série de vols avec passagers au bénéfice de l'aéro-club de Mulhouse.

Le programme comportait les vols suivants : vol Paris - Charles-de-Gaulle - Bâle-Mulhouse, deux vols circulaires au départ de Bâle-Mulhouse et le retour Bâle-Mulhouse - Paris - Charles-de-Gaulle.

Au début de chacun des deux vols circulaires, initialement prévus sur les Vosges, puis, pour raisons météorologiques, sur les Alpes, l'équipage devait, à la demande de l'aéro-club de Mulhouse, survoler l'aérodrome de Mulhouse-Habsheim dans le cadre d'une manifestation aérienne organisée par cet aéro-club.

La délégation régionale d'Air France à Mulhouse, servant d'intermédiaire entre l'organisateur de la manifestation aérienne et le transporteur Air Charter, a effectué la préparation administrative du vol.

A Paris, Air Charter s'est chargé de la partie commerciale, définissant les conditions générales des vols (itinéraire, choix de l'appareil sur la base des disponibilités d'Air France), et préparant le contrat.

Enfin, la préparation technique a été assurée par le service Lignes et régions de la direction des opérations d'Air France qui a étudié, sur la base des demandes commerciales, les conditions de réalisation des vols et a préparé le dossier technique destiné à l'équipage.

D'après les déclarations de la compagnie, cette préparation a été faite dans le cadre des consignes particulières de la compagnie (note interne DOND 50420 du 19 octobre 1987 figurant en annexe), en tenant compte des obstacles, et en prévoyant le survol à basse hauteur de la piste 02.

A l'issue de cette étude, le vendredi 24 juin dans l'après-midi, la division de vol A 320, c'est-à-dire le service chargé de l'encadrement de l'équipage, a reçu le dossier suivant destiné à l'équipage et assorti de commentaires verbaux :

- carte I.G.N. au 1/100 000 ;
- carte de vol à vue au 1/500 000 ;
- carte d'atterrissage à vue de Mulhouse-Habsheim ;
- plan de vol prévisionnel ;
- copie de différents messages.

Dans cette documentation, il n'y a pas de consigne ni sur l'axe de piste ni sur la hauteur de survol.

Le dimanche matin 26 juin, lors de sa préparation du vol, l'équipage prend connaissance du dossier. Aucun commentaire verbal ne lui a été transmis.

Le vol de Paris - Charles-de-Gaulle à Bâle-Mulhouse se déroule normalement.

Après une courte escale, l'avion repart peu avant 12 h 30 pour le premier vol circulaire.

Pour le vol, le pilote en place gauche est le commandant désigné, il est aux commandes.

Pendant le roulage, ainsi que l'atteste l'enregistrement des conversations de bord, il expose de façon détaillée le programme du passage prévu à Habsheim (premier passage à basse vitesse, train et volets sortis, à une hauteur de 100 pieds, puis passage à grande vitesse en configuration lisse). L'intention d'effectuer deux passages est transmise au contrôle de la circulation aérienne par radio.

Le décollage a lieu à 12 h 41, immédiatement suivi d'un virage à droite pour rejoindre Mulhouse-Habsheim à une altitude de 2 000 pieds QNH (soit une hauteur d'environ 1 000 pieds par rapport au sol) atteinte à 12 h 42.

Pendant le vol en palier à 1 000 pieds sol, l'autopoussee est débrayée pour permettre un contrôle manuel de la poussée et deux séries d'alarmes liées à la configuration train rentré et à deux indications de radioaltitude inférieure à 1 000 pieds sont entendues. L'autoroute est utilisée comme premier repère de navigation à vue, puis un chemin, parallèle à l'autoroute et menant au terrain d'Habsheim.

A 12 h 44, l'avion quitte son altitude de vol en palier pour descendre vers l'aérodrome qui est identifié à vue. Les moteurs sont réduits. L'extension des volets et du train d'atterrissage est faite au début de la descente.

L'affichage de la pression régnant au niveau de l'aérodrome (soit 984 hPa) est réalisé et contrevérifié par les deux pilotes.

La vitesse verticale est de 600 pieds par minute pendant la descente.

La confirmation de l'identification du terrain d'Habsheim est faite à 450 pieds sol.

Une alarme liée à la radio altitude et à la configuration volets 3 est enregistrée avant un premier message radioaltimétrique auditif « 200 pieds » à 12 h 45 mn 06 s. Un second message auditif « 200 pieds » interrompt une réflexion personnelle du copilote à 12 h 45 mn 11 s. Le copilote annonce au commandant que l'avion arrive à 100 pieds à 12 h 45 mn 14 s et simultanément le radioaltimètre émet un message « 100 pieds », la vitesse verticale étant toujours de 600 pieds par minute.

La descente se poursuit à un taux un peu inférieur jusqu'à 50 pieds atteints 8 secondes après le passage à 100 pieds, puis à taux très faible jusqu'à 30 à 35 pieds au-dessus du sol, l'avion restant sensiblement en palier ensuite.

Pendant toute la descente et le début du palier effectués moteurs réduits, l'avion est en décélération, et son assiette augmente pendant les 25 dernières secondes de vol. La fin de la descente et le palier sont effectués au-dessus de la piste 34 droite. Entre 12 h 45 mn 34 s et 12 h 45 mn 35 s, les commandes des moteurs sont amenées à la position remise de gaz (l'accélération des moteurs est visible sur l'enregistreur de paramètres à 12 h 45 mn 35 s).

L'avion touche des arbres peu après l'extrémité de piste à 12 h 45 mn 40 s ; le régime des moteurs est à ce moment de l'ordre de 83 p. 100 N1, l'assiette longitudinale de l'avion est de 14°.

Le premier contact de l'avion avec les arbres se fait au niveau de la partie arrière du fuselage, des empennages puis des nacelles moteurs et des trains principaux. L'avion s'enfonce lentement dans la forêt. Le saumon de l'aile droite puis l'aile droite elle-même se rompent, le carburant est projeté vers l'avant et le feu se déclare immédiatement et pénètre dans la cabine dès l'arrêt de l'appareil.

L'évacuation est aussitôt entreprise du côté gauche. La porte avant gauche ne peut être ouverte complètement à cause des arbres. La porte arrière gauche est ouverte correctement et le toboggan se déploie normalement mais est perforé par les arbres cassés dès que les premiers occupants l'utilisent.

Une femme et deux enfants, dont un handicapé moteur, périssent dans l'incendie.

1.2. Conséquences pour les personnes

	ÉQUIPAGE	PASSAGERS	TIERS
Tués.....	0	3	0
Blessés.....	2	34 (1)	0
Indemnes.....	4	93	0
(1) Passagers hospitalisés.			

1.3. Dommages à l'aéronef

L'avion a été totalement détruit par les impacts successifs et l'incendie très violent qui a suivi.

1.4. Autres dommages

Deux hectares environ de forêt de jeunes chênes et charmes ont été détruits. Des arbres ont été cassés, arrachés ou brûlés. D'autres ont dû être coupés lors des opérations de secours et de récupération de l'épave.

1.5. Renseignements sur le personnel

L'équipage technique comprenait, conformément aux règles d'utilisation de l'avion, deux pilotes, tous deux commandants de bord et cadres navigants techniques.

1.5.1. Commandant de bord

Michel Asseline, né le 5 mai 1944 à Paris (75).

Brevets et licences :

Pilote de ligne obtenu le 25 juin 1969, licence validée jusqu'au 30 novembre 1988.

Dernière visite médicale passée le 24 mai 1988 devant le centre d'expertises médicales du personnel navigant (C.E.M.P.N.) d'Air France.

Qualifications :

Qualification instructeur pilote de ligne délivrée en 1979.

Qualification de type : Caravelle SE 210 ; Boeing 707, 727, 737 ; Airbus A 300, A 310.

Qualification Airbus A 320 délivrée le 11 mars 1988.

Remarque : le stage A 320 suivi par Michel Asseline a été réalisé selon un programme spécifique s'adressant aux membres de l'encadrement pilotes d'Air France participant à la mise en ligne.

Le programme proposé, personnalisé en fonction du rôle de chacun dans l'équipe d'encadrement, avait été jugé acceptable par l'administration sous réserve d'y ajouter un entraînement en vol, ce qui a été effectivement réalisé.

Les fiches d'appréciations font état d'un niveau très satisfaisant.

Expérience :

Heures de vol totales : 10 463 (fin mai) ; sur A 320 : 138 heures.

Déroulement de la carrière aéronautique :

1962 : entrée sur concours à l'Ecole nationale de l'aviation civile.

Formation théorique et pratique de l'automne 1962 à 1966.

Juin 1966 à février 1967 : stagiaire à Air France.

Mars 1967 : embauche à Air France en qualité d'officier pilote sur Caravelle SE 210.

Mai 1968 à août 1969 : service militaire dans l'armée de l'air, terminé comme sous-lieutenant (lieutenant de réserve).

Septembre 1969 : retour à Air France comme officier pilote sur Caravelle puis sur Boeing 707.

Mai 1979 : nomination comme commandant de bord sur Caravelle puis instructeur pilote de ligne successivement sur Caravelle et sur Boeing 727.

Décembre 1982 : nomination comme cadre personnel navigant lors de la mise en exploitation du Boeing 737 piloté par deux membres d'équipage.

De janvier 1985 à novembre 1987 : qualification Airbus A 300 et A 310.

Promotion dans l'encadrement avec :

Missions de préparation des choix en matière de simulateurs de vol (B 737 et projet A 320) ; a effectué à ce titre environ 150 heures de simulateur Airbus A 320 à Aéroformation et à la société Thomson ;

Missions techniques liées à l'instruction des pilotes (enseignement assisté par ordinateur, politique compagnie liée à l'instruction).

Décembre 1987 : nomination comme chef de la subdivision instruction A 320 avec pour missions :

- mise au point de la qualification de type, participation à l'élaboration de la méthode d'utilisation de l'avion et de la formation (en coopération avec le constructeur) des premiers équipages ;
- vols de réception des avions à la compagnie (dont celui du F-GFKC).

Activité aérienne dans les dernières quarante-huit heures avant l'accident : convoyage du F-GFKC le vendredi matin 24 juin puis vol en observateur sur un A 320 d'Airbus industrie pour supervision de l'instruction délivrée à des stagiaires d'Air France.

Accidents aériens antérieurs : néant.

1.5.2. Copilote

Pierre Mazières, né le 12 janvier 1943 à Castelnaudary (11).

Brevets et licences :

Pilote de ligne obtenu le 28 août 1969, licence validée jusqu'au 30 septembre 1988.

Dernière visite médicale passée le 14 mars 1988 devant le C.E.M.P.N. d'Air France.

Qualifications :

Qualification instructeur pilote de ligne délivrée en 1982.

Qualification de type : Caravelle SE 210 ; Boeing 707, 737.

Qualification A 320 délivrée le 29 mars 1988.

Remarque : stage A 320 réalisé selon le programme standard d'Aéroformation approuvé par la D.G.A.C. donnant lieu à des fiches d'appréciation qui font état d'un niveau très satisfaisant.

Expérience :

Heures de vol totales : 10 853 heures (fin mai 1988) ; sur A 320 : 44 heures.

Déroulement de la carrière aéronautique :

1962 : entrée sur concours à l'Ecole nationale de l'aviation civile (même promotion que Michel Asseline).

Formation théorique et pratique à l'E.N.A.C. de l'automne 1962 à 1968.

Déroulement de la formation retardé par rapport à Michel Asseline à la suite d'un accident d'automobile.

Décembre 1969 : embauche comme officier pilote à Air France.

1972 : officier pilote sur Boeing 707.

Juillet 1980 : nomination comme commandant de bord sur Boeing 727.

Décembre 1982 : nomination comme instructeur sur Boeing 727 puis sur Boeing 737 en mars 1983.

Janvier 1986 : nomination comme cadre sur Boeing 737.

25 mars 1988 : promotion dans l'encadrement pour participer à la mise en exploitation de l'A 320.

Activité aérienne dans les dernières quarante-huit heures avant l'accident : néant.

Accidents aériens antérieurs : néant.

1.5.3. Personnel navigant de cabine

Jean-Claude Bargeton, né le 15 mai 1948, assurait les fonctions de chef de cabine et se trouvait sur le siège de structure situé à côté de la porte avant gauche.

Certificat de sécurité-sauvetage n° 5861 obtenu le 23 juin 1972.

Dernière visite médicale le 15 juin 1988.

Attestation de spécialisation A 320 du 14 avril 1988.

Heures de vol totales : 8 969 heures ; sur A 320 : 11 heures 23 minutes.

Dernier vol sur A 320 : 25 juin 1988.

Chantal de Chalonge, née le 9 mars 1951 ; occupait, en cabine, le siège 12 D au niveau des issues d'ailes.

Certificat de sécurité-sauvetage n° 6741 obtenu le 16 juillet 1973.

Dernière visite médicale le 10 septembre 1987.

Attestation de spécialisation A 320 du 14 avril 1988.

Heures de vol totales : 6 784 ; sur A 320 : 21 heures 50 minutes.

Dernier vol le 25 juin 1988 sur Boeing 727 ; le 23 juin 1988 sur A 320 ;

Evénements antérieurs :

Etait personnel navigant de cabine dans un A 300 détourné à Brindisi.

Muriel Dager, née le 3 juin 1957, occupait un siège de structure à gauche dans l'office arrière.

Certificat de sécurité-sauvetage n° 9648 obtenu le 16 mai 1979.

Dernière visite médicale le 11 septembre 1987.

Attestation de spécialisation A 320 du 15 avril 1988.

Heures de vol totales : 3 022 ; sur A 320 : 22 heures 50 minutes.

Dernier vol A 320 : le 25 juin 1988.

Bruno Pichot, né le 23 février 1951, occupait le siège de structure à droite au niveau de l'office arrière.

Certificat de sécurité-sauvetage n° 7085 obtenu le 20 septembre 1973.

Dernière visite médicale le 7 janvier 1988.

Attestation de spécialisation sur A 320 le 28 avril 1988.

Heures de vol totales : 8 223 ; sur A 320 : 20 heures 20 minutes.

Dernier vol sur A 320 le 24 juin 1988.

Accidents antérieurs :

Était personnel navigant de cabine lors de l'évacuation d'un Boeing 747 accidenté à Bombay (Inde) en 1975 ; l'appareil avait été totalement détruit par le feu lors de cet accident.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

Propriétaire et exploitant :

Propriétaire : société Durus Verwaltungsgesellschaft MBH Co Mobilien KG (1).

Exploitant : Air France.

Planeur :

Constructeur : Airbus industrie ;

Type : Airbus A 320-100 ;

N° de série : 009.

Il avait obtenu le 22 juin 1988 le certificat de navigabilité n° 109 099 et le certificat de limitation de nuisances n° 109 099.

Il avait été livré le 24 juin 1988.

- heures totales de fonctionnement : 22 heures 30 minutes ;
- nombre de cycles de fonctionnement : 18.

Moteurs :

Constructeur : CFM International, moteur construit en coopération par General Electric (U.S.A.) et la Snecma (France).

Type CFMI 56-5 A 1.

Moteur n° 1 (gauche) : numéro de série : 731 122.

Moteur n° 2 (droit) : numéro de série : 731 120.

Livrés le 6 octobre 1987 à Airbus industrie.

Heures de fonctionnement S/N 731122 : 27 heures 20 minutes ; S/N 731120 : 33 heures 45 minutes.

Mentions portées sur les comptes rendus mécaniques :

Compte tenu de la date de livraison, les observations formulées par les équipages sont en nombre limité. Les comptes rendus significatifs sont les suivants :

- les 25 et 26 juin 1988, constatation du fait que le calculateur de gestion de vol (F.M.G.C.) n° 2 n'avait pas la même base de données que le calculateur n° 1 ;
- le 26 juin 1988, changement de calage altimétrique pour une nouvelle valeur aberrante lors d'un transfert de DMC (générateur de symboles).
- le 25 juin 1988, manifestations d'une alarme concernant une valve d'orientation de la roue avant. (On entend cette alarme dans le CVR avant le message « too low, terrain » du GPWS [2].)

Ces anomalies n'avaient pas été corrigées avant le 26 juin 1988. Après étude approfondie, la commission a conclu qu'aucune d'entre elles n'a joué un rôle dans l'accident (il est à noter que la seconde ne s'est pas reproduite).

Masse et centrage :

Il y avait à bord 6 membres d'équipage et 130 passagers dont 2 passagères (hôtesse de l'air) en cockpit, pour un total disponible de 153 sièges passagers en cabine.

Il n'y avait pas eu d'attribution de siège car il s'agissait d'un vol charter ; en conséquence, la commission n'a pas pu déterminer avec une totale certitude la position de tous les passagers dans la cabine.

Alors que la masse et le centrage au décollage, calculés après l'accident, sont de :

- masse : 59 635 kg ;
- centrage : 30,7 p. 100,

la masse et le centrage, calculés avant le vol, étaient indiqués sur les documents de bord comme ayant les valeurs suivantes :

- masse : 59 040 kg ;
- centrage : 25,8 p. 100.

(1) Dans le cadre d'un contrat de location-vente avec la compagnie Air France.

(2) GPWS : Ground Proximity Warning System (système avertisseur de proximité du sol basé sur les indications de la radiosonde).

Cette différence est due à plusieurs erreurs consécutives :

- à Paris - Charles-de-Gaulle, sur l'état de chargement et centrage, 3 personnels navigants de cabine étaient mentionnés au lieu de 4, entraînant une erreur de masse (- 80 kg) et d'index (- 1) ;
- puis, à Mulhouse, la liste des passagers, complétée par le correctif de dernière minute (« last minute change »), ne mentionnait que 126 passagers (respectivement 110 et 16) au lieu de 130, soit une erreur de 300 kg ;
- le lot de bord de 215 kg, situé en soute, avait été oublié ;
- dans le calcul du centrage, une erreur d'échelle avait été commise dans la lecture de l'abaque utilisé pour la détermination de l'influence de la masse des passagers.

Cette dernière erreur était en partie compensée par celles faites sur la masse et mentionnées ci-dessus et par le fait que le correctif de dernière minute n'avait pas fait l'objet d'une correction de centrage.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Situation générale

En altitude, présence d'une zone dépressionnaire au-dessus de l'Allemagne dirigeant sur sa face occidentale un faible flux de Nord-Est à Nord.

Dans les basses couches de l'atmosphère, zone à faible gradient avec, sur la plaine d'Alsace, ciel couvert par 6 à 8/8 de stratocumulus localement doublés de 1 à 3/8 de cumulus et vent de secteur Nord 5 à 10 kt.

1.7.2. Conditions sur la zone de vol

Le centre météorologique de Bâle-Mulhouse, distant de 10 milles nautiques du lieu de l'accident, a observé les conditions suivantes :

A 12 h 20 :

Vent : 010°/6 kt ;

Visibilité : 8 km ;

Nébulosité : 1/8 Cu à 780 mètres et 7/8 Sc à 1 500 mètres ;

Température : 20 °C ;

Point de rosée : 13 °C ;

QNH : 1013 hPa ;

Nosig.

A 12 h 50 :

Vent : 330°/6 kt ;

Visibilité : 8 km ;

Nébulosité : 1/8 Cu à 780 mètres et 7/8 Sc à 1 500 mètres ;

Température : 21 °C ;

Point-de rosée : 14 °C ;

QNH : 1014 hPa.

A 12 h 41, le contrôleur de Mulhouse-Habsheim indique, par radio, au pilote de l'A 320 les pressions de référence avant le passage au-dessus du terrain :

QNH : 1012 hPa ;

QFE : 984 hPa.

Le contrôleur a indiqué aux enquêteurs, après l'accident, que la vitesse du vent était inférieure à 5 kt.

L'étude d'une bande vidéo, sur laquelle est enregistrée la totalité du passage de l'A 320, du 160° au 340° par l'Ouest, montre que le ciel est couvert : la couche de stratocumulus est suffisamment mince pour que la luminosité résultante occasionne une ombre portée très nette de l'aéronef durant la partie la plus basse de son passage.

1.8. Aides à la navigation

Compte tenu de l'utilisation de repères visuels pour le vol entre les aérodromes de Bâle-Mulhouse et de Mulhouse-Habsheim, et de l'absence de moyens radioélectriques à Habsheim, les aides à la navigation n'ont joué aucun rôle dans l'accident.

1.9. Télécommunications

Les transcriptions des radio-communications entre l'avion, le contrôle-sol et la tour de contrôle de Bâle-Mulhouse, puis la tour de contrôle de Mulhouse-Habsheim, ont été effectuées et sont fournies en annexe.

On note qu'avant le décollage de Bâle-Mulhouse, le copilote indique que la hauteur de transit souhaitée sera de 1000 pieds sol vers Mulhouse-Habsheim où il est prévu de faire deux passages.

Il demande également à cette occasion une autorisation de contrôle pour la suite du vol vers Héricourt.

Après réception de la clairance de transit à 2 000 pieds QNH il précise qu'il effectuera un premier passage basse altitude face au Nord puis un deuxième face au Sud.

Puis, en contact avec la tour d'Habsheim, il précise « qu'il arrive en vue » et « fait le passage basse altitude, basse vitesse ».

Par la suite le contrôleur lui fournit le QNH et le QFE. Le copilote accuse réception à 12 h 44 mn 31 s, ce qui constitue sa dernière transmission radio.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'accident s'est produit à la limite Nord de l'aérodrome de Mulhouse-Habsheim. Celui-ci est situé à 10 milles nautiques au Nord-Nord-Ouest de l'aéroport de Bâle-Mulhouse.

L'aérodrome de Mulhouse-Habsheim (voir carte VAL en annexe) dispose de deux doublets de pistes parallèles dont aucune n'est apte à recevoir un A-320, compte tenu, notamment, de la résistance de piste :

- l'un, orienté Nord-Est - Sud-Ouest (024°-204°) comprend une piste en dur de 1 000 mètres sur 20 mètres et une bande en herbe ;
- l'autre, orienté Nord-Nord-Ouest - Sud-Sud-Est (164°-344°) se compose de deux bandes en herbe sans dégagement au Nord-Nord-Ouest, puisque immédiatement bordées par une forêt de chênes et de charmes. C'est la piste 34 R de ce doublet de pistes en herbe, de longueur 640 mètres, qui servait de support à la manifestation, les visiteurs étant rassemblés à l'Ouest de ces bandes, le long du front de hangars.

L'aérodrome qui se trouve à 6 kilomètres à l'Est de la ville de Mulhouse (coordonnées : lat. 47° 44' 17" N, long. 07° 25' 58" E), est bordé à l'Ouest par une autoroute, une ligne à haute tension et une voie ferrée, au Nord et à l'Est par la forêt. Il se distingue nettement de son environnement.

Son altitude de référence est 240 mètres (787 pieds) ce qui correspond à une différence de pression standard avec le niveau de la mer de 28 hPa. Les seuils des bandes 16-34, qui servaient d'axe de présentation de l'A-320, sont à une altitude de 239 mètres pour le seuil 34 et de 238 mètres pour le seuil 16.

La forêt de la Hardt commence immédiatement après la route qui borde l'extrémité de la piste 34.

La distance entre l'extrémité de piste 34 R et la forêt est de 60 mètres et la hauteur moyenne des arbres est de 12 mètres.

L'aérodrome dispose d'une tour de contrôle de 12 mètres de hauteur implantée dans l'angle formé par les deux doublets de pistes. Elle était en service ce jour-là et ses équipements étaient en bon état de fonctionnement. Sa projection orthogonale sur l'axe 16-34 se situe à 250 mètres de l'extrémité de la piste 34.

La vérification des baromètres de la tour de contrôle d'Habsheim par les services de la Météorologie nationale n'a fait apparaître aucun défaut de l'appareil, la différence par rapport au baromètre de référence étant inférieure à 0,5 hPa à l'intérieur des tolérances de ce type d'appareil.

1.11. Enregistreurs de bord

Conformément à la réglementation en vigueur, l'A 320 F-GFKC était équipé d'un enregistreur de conversations et d'alarmes sonores émises dans le poste d'équipage (CVR : *Cockpit Voice Recorder*) et d'un enregistreur de paramètres (DFDR : *Digital Flight Data Recorder*). Ces deux enregistreurs, de marque Fairchild, ont été retrouvés sur l'épave de l'avion dans leurs supports situés à la partie arrière du fuselage et transférés à Paris le 26 juin, dans la soirée, pour exploitation.

1.11.1. Exploitation des enregistreurs

1.11.1.1. CVR (Fairchild A 100)

L'ouverture du boîtier de l'enregistreur CVR et la première lecture de la bande ont été effectuées dans la nuit du 26 au 27 juin dans les locaux du bureau Enquêtes-accidents (B.E.A.).

La transcription en a ensuite été faite avec la collaboration des pilotes.

Pour obtenir une chronologie précise, la vitesse de défilement de la bande a d'abord été recalée à l'aide de la fréquence 400 Hz de l'alimentation électrique de bord qui apparaît dans le spectre enregistré. Ensuite, les enregistrements des émissions radio ont été corrélés avec ceux des fréquences du contrôle de la circulation aérienne (ces derniers comportent une piste horaire).

La partie de l'enregistrement correspondant à la fin du vol (à partir du passage de 200 pieds en descente) a été étudiée par analyse spectrale : l'enregistrement des fréquences en continu a permis d'obtenir une chronologie très précise de la fin du vol, avec une erreur inférieure à un dixième de seconde, en utilisant des événements aux signatures temporelles et fréquentielles précises (voix synthétique du radio-altimètre, bruits caractéristiques, voix).

L'analyse spectrale a également permis de déterminer les régimes des moteurs, leurs fréquences caractéristiques étant enregistrées sur le CVR au travers du micro d'ambiance. Elles ont aussi permis de faire la corrélation avec une bande vidéo de l'accident, dont la piste-son a fait l'objet du même type d'analyse.

1.11.1.2. DFDR (Fairchild F 800)

Le dépeuplement du DFDR a été réalisé dans la nuit du 26 au 27 juin au Centre d'Essais en Vol (C.E.V.) de Brétigny-sur-Orge par des personnels désignés de cet établissement.

Les travaux habituels de validation effectués au B.E.A. sur le premier listing fourni par le C.E.V. ont révélé que, malgré les précautions prises lors de la lecture, certaines des données avaient été mal restituées. Les anomalies constatées concernaient :

- une lecture incorrecte des informations pendant une durée de huit secondes (commençant dix-sept secondes avant la fin de l'enregistrement et dix avant le positionnement des manettes de puissance moteur dans le cran correspondant à la remise de gaz), dont quatre secondes avaient été rejetées par le programme de vérification du lecteur et n'avaient donc pas été imprimées ;
- certaines erreurs dans le logiciel de restitution des paramètres pour l'A 320 utilisé par le C.E.V. (inversion du signe des positions d'ailerons droite et gauche, par exemple).

La restitution initialement incorrecte des informations était certainement due à une rupture de contact entre la tête de lecture et la bande enregistrée, provoquée par un pli de la bande et/ou de la poussière. En effet, les dépeuplements suivants réalisés après nettoyage et lissage de la bande ont permis une lecture correcte de l'ensemble des informations.

Une analyse bit à bit de l'enregistrement pour la dernière partie du vol a confirmé la validité des informations obtenues.

Les erreurs du logiciel de restitution des paramètres (signes, valeurs des constantes...) ont été facilement corrigées.

1.11.2. Fonctionnement des enregistreurs

Le fonctionnement des enregistreurs a été parfaitement correct pendant tout le vol proprement dit, c'est-à-dire jusqu'au premier impact avec les arbres.

Pour le CVR, les conversations et les alarmes sonores sont bien enregistrées, ainsi que tous les bruits d'ambiance dans le poste d'équipage.

Pour ce qui concerne le DFDR, la totalité des paramètres a été correctement enregistrée.

Enfin, la cohérence des données issues de l'exploitation du CVR, du DFDR et de certains moyens externes (photographies, bandes vidéo...) peut être qualifiée d'excellente.

Au delà du premier impact avec les arbres, le CVR a continué à fonctionner pendant une durée de l'ordre de 1,5 seconde et s'est arrêté. Le DFDR a continué à fonctionner pendant environ une seconde puis a restitué des données incohérentes pendant environ deux secondes. On retrouve ensuite les données d'un vol précédent. Le moment exact de l'immobilisation de l'appareil ne peut être précisé. La seule cause pouvant expliquer cet arrêt quasi simultané des deux enregistreurs est la rupture, par arrachement, de leurs câbles d'alimentation situés dans la partie basse du fuselage. L'examen du cône de queue dans lequel sont montés les enregistreurs montre que la rupture des câbles d'alimentation n'a pu se produire dans cette partie de l'avion, qui a peu souffert ; il est probable qu'elle a eu lieu en avant de cette zone, sans doute dans le logement de train, qui est la zone la plus exposée pour le toron considéré, mais cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée compte tenu de l'état de l'épave.

Les autres causes susceptibles de provoquer un arrêt de ces enregistreurs ont été étudiées, les plus probables étant la coupure simultanée d'alimentation électrique des deux enregistreurs soit par délestage, soit par éjection de leur support. Elles ne peuvent être retenues dans le cas de l'accident.

En effet :

- les barres d'alimentation de chacun des enregistreurs ne peuvent être simultanément délestées lorsque les alternateurs fonctionnent correctement, ce qui devait être le cas compte tenu des régimes moteurs au moment de l'arrêt des enregistreurs tels qu'ils ont été déterminés par l'analyse spectrale de la piste-son de l'enregistrement vidéo ;
- les enregistreurs ont été retrouvés sur leur support.

1.11.3. Restitution des conversations et des alarmes sonores (CVR)

La transcription des enregistrements du CVR figure en annexe ; elle va de la mise en route des moteurs à Bâle-Mulhouse jusqu'à la fin de l'enregistrement (peu après les premiers impacts avec les arbres). Le début de l'enregistrement, dont la durée totale est de 30 minutes, concerne l'arrivée du vol précédent en provenance de Paris - Charles-de-Gaulle.

L'enregistrement du CVR est très compréhensible, notamment parce que l'équipage travaillait avec l'équipement de tête.

On peut y noter les points suivants concernant le déroulement du vol :

- au début du roulage à 12 h 29, le copilote demande au commandant de bord de confirmer les éléments prévus pour les passages à Habsheim. Celui-ci indique qu'il effectuera la première présentation, en configuration volets 3, train sorti, à 100 pieds, à l'incidence maximale, fonction alpha floor (1) débrayée, le copilote ajustant la poussée pour tenir le palier ; à la demande du commandant de bord, le copilote affichera la poussée maximale des moteurs, le commandant effectuant alors une montée en virage. Un deuxième passage est ensuite prévu, également à 100 pieds, le pilotage étant assuré par le copilote, en configuration lisse et à grande vitesse (340 nœuds) ;
- le commandant de bord résume ensuite le programme au chef de cabine et le copilote lui précise qu'il convient de rester assis pendant la présentation (passagers et équipage de cabine attachés) ;
- le décollage a lieu à 12 h 41, l'autopoussee est débrayée dès la rentrée du train et des volets en position 1 ;
- le contact radio est établi avec la tour d'Habsheim à 12 h 44 et le F-GFKC est autorisé à effectuer son passage. Pendant la descente, l'équipage affiche le calage altimétrique d'Habsheim (QFE 984 hPa) et sort le train et les volets (position 2, puis 3) ;
- la radio-sonde annonce le passage des 200 pieds, puis des 100 pieds au moment précis où le copilote annonce au commandant de bord que l'avion arrive à cette hauteur ;
- la radio-sonde continue à annoncer les hauteurs (40, puis 50, puis 40 pieds). Entre 50 et 40 pieds, le commandant de bord confirme le débrayage de l'autopoussee. Le copilote attire son attention sur la présence de pylones en face ;
- la remise des gaz (mise en avant des manettes) est effectuée par le commandant de bord juste avant que la radio-sonde n'annonce 30 pieds trois fois de suite.

On entend ensuite, distinctement, l'augmentation des régimes moteurs, puis le bruit des impacts avec les arbres, qui couvre progressivement celui des moteurs.

1.11.4. Restitution des paramètres enregistrés sur le DFDR (cf. annexe)

Le nombre de paramètres enregistrés sur A 320 - 200, dont 141 discrets (oui/non) - et la qualité de l'enregistrement permettent de reconstituer le déroulement du vol avec une grande précision jusqu'au moment de l'impact avec les arbres.

Le décollage a lieu à 12 h 41 au cap 155°, l'avion quitte le sol à la vitesse indiquée de 153 kt. La mise en virage est commencée dans la seconde qui suit. Quatre secondes plus tard, la commande de gauchissement passe par un maximum, à cet instant la radiosonde indique 76 pieds. L'inclinaison est ensuite stabilisée à 34° environ. Le virage à droite est maintenu pendant une minute jusqu'au cap 010, en fin de virage l'avion se met en palier à 1 900 pieds QNH (environ 900 à 1 000 pieds sol) à la vitesse de 200 kt. Progressivement, le cap s'infléchit à gauche vers 335°-340°. A 12 h 43 mn 44 s, l'avion, qui a atteint 2 000 pieds QNH (2), commence sa descente. Le taux de descente est initialement faible, 300 pieds par minute. A 12 h 44 mn 14 s, les moteurs sont ramenés au ralenti, la

vitesse, de 200 kt environ à ce moment, régresse alors d'environ un nœud par seconde. Trois secondes plus tard, le train est commandé sur sortie et encore dix secondes plus tard les volets, qui étaient restés en position 1, passent en position 2. A 12 h 44 mn 45 s, les volets sont en position 3, l'avion passe 500 pieds en descente avec une vitesse de 177 kt, toujours au cap moyen 334 qui sera maintenu jusqu'à 90 pieds en descente sur Habsheim.

A 12 h 45 mn 06 s, la vitesse de l'avion est de 155 kt, alors qu'il passe par la hauteur radiosonde de 200 pieds. L'altitude barométrique décroît de façon continue, la hauteur radiosonde oscille autour de 200 pieds entre 12 h 45 mn 06 s et 12 h 45 mn 09 s (le terrain survolé n'est pas plan).

Entre 12 h 45 mn 15 s et 12 h 45 mn 23 s, l'avion effectue un léger virage à droite pour s'aligner avec la piste 34 R, l'inclinaison maximale atteinte est de 13°, le cap de sortie est 344°. La vitesse régresse de 149 à 141 kt et la hauteur décroît de 90 à 46 pieds. On note une fluctuation sensible de la hauteur radiosonde au cours de cette manœuvre d'alignement (32 pieds au temps 12 h 45 mn 18 s et 24 pieds au temps 12 h 45 mn 19 s) correspondant au survol d'un bosquet situé avant la piste. Avant et après cette fluctuation, il y a cohérence parfaite entre les indications de la radiosonde et celles de l'altimètre barométrique.

A 12 h 45 mn 26 s, l'appareil passe par la hauteur de 40 pieds, toujours en descente, la vitesse est de 132 kt, toujours en régression, les moteurs sont toujours au ralenti (29 p. 100 de N 1). A cet instant, le pilote débute un arrondi pour effectuer un palier près du sol, le mouvement de manche en profondeur étant de faible amplitude (en moyenne 4° à cabrer).

Les points les plus bas de la trajectoire sont à une hauteur voisine de 30 pieds : entre 12 h 45 mn 32 s et 12 h 45 mn 39 s la radiosonde indique 32, 32, 32, 30, 30, 24 et 34 pieds (une valeur par seconde). Pendant ce palier :

- le manche, précédemment à 4° à cabrer jusqu'à 12 h 45 mn 30 s, est amené et maintenu à 6-7° à cabrer jusqu'à 12 h 45 mn 36 s ;
- les manettes de poussée des moteurs sont placées dans le cran TOGA (Take off-Go around) entre 12 h 45 mn 34 s et 12 h 45 mn 35 s. A 12 h 45 mn 34 s la vitesse est de 122 kt et l'incidence 13°. A 12 h 45 mn 35 s, le débit de carburant du moteur 1 (enregistré en fin de seconde sur le DFDR) a déjà augmenté (de 406 à 682 kg/h), son régime N 2 a varié de 71 à 72 p. 100. La montée en puissance des deux moteurs est régulière et à 12 h 45 mn 39 s les régimes N 1 sont respectivement de 83 et 84 p. 100 ;
- à partir de 12 h 45 mn 35 s l'incidence atteint des valeurs de 14 et 15° ;
- à 12 h 45 mn 37 s, le manche est amené à cabrer à 13°, puis, dans les deux secondes qui suivent, à fond en arrière.

Entre 12 h 45 mn 39 s et 12 h 45 mn 40 s, l'avion touche les arbres ; la diminution de l'accélération longitudinale en constitue le signe.

Après 12 h 45 mn 40 s, les données enregistrées sur le DFDR sont incohérentes pendant environ deux secondes, puis on retrouve celles relatives à un vol précédant celui de l'accident (fonctionnement en boucle fermée de l'enregistreur de paramètres).

En résumé, le vol est complètement restitué jusqu'à l'impact sur les arbres. La phase de vol initiale n'appelle pas de commentaire particulier. La phase de vol finale peut être schématisée comme suit, en prenant comme référence de temps « t » 12 h 45 mn 39 s :

- t - 25 s : l'avion passe 100 pieds en descente à la vitesse de 151 kt.
- t - 17 s : l'avion passe 50 pieds à la vitesse de 141 kt.
- t - 13 s : l'avion passe 40 pieds à la vitesse de 132 kt.
- t - 7 s : l'avion atteint 32 pieds à la vitesse de 123 kt.
- t - 6 s : l'avion est toujours à 32 pieds à la vitesse de 122 kt, les manettes de poussée sont encore au ralenti.
- t - 4 s : les manettes de poussée ont été amenées dans le cran TOGA, les N 1 et les débits de carburant ont commencé à croître.
- t - 1 s : le manche est en butée de profondeur, la vitesse est de 112 kt, les N 1 des moteurs sont 67 p. 100.
- ts : le manche est toujours à plein cabré, la vitesse est de 114 kt, les régimes N 1 des moteurs sont de 83 p. 100 et 84 p. 100.
- t + 1 s : l'avion a déjà touché les arbres.

(1) Cf. paragraphe 1.16.1.2.

(2) Les indications d'altitude QNH résultent d'un calcul ; en effet celles enregistrées sur le DFDR correspondent à des altitudes pressions calage 1 013,2 hPa.

Les travaux conduits par la commission pour vérifier que les réponses de l'avion aux ordres donnés par l'équipage sur les commandes de pilotage et les commandes des moteurs n'ont pas présenté d'anomalie font l'objet du paragraphe 1.16 ci-après.

1.12 Epave (voir croquis en annexe)

1.12.1. Trajectoire

Une forêt de jeunes chênes et charmes d'une hauteur moyenne de 12 mètres et d'un diamètre à la base de 20 à 30 centimètres se situe à environ 60 mètres de l'extrémité de la piste 34 R.

L'A 320 a heurté la cime de ces arbres dès la lisière de la forêt avec la partie arrière du fuselage et les empennages. Du fait de la poussée des réacteurs, des arbres sont cassés en sens opposé à la direction de l'avion.

L'appareil a touché les arbres dans l'axe de la piste. Sa trajectoire dans la forêt a été pratiquement rectiligne, toujours dans l'axe de la piste. L'épave elle-même est dans le prolongement de cet axe.

Une cinquantaine de mètres au-delà de la lisière on distingue les traces laissées par les trains et les réacteurs dans la cime des arbres. Plus loin, les bords d'attaque des ailes ont été de plus en plus bas les arbres, au fur et à mesure de l'enfoncement de l'avion. D'après la découpe des arbres l'avion en vol était légèrement incliné à droite.

L'évacuation des différents éléments de l'épave (notamment pour expertises) a nécessité l'abattage de ces arbres. Leur hauteur de rupture a été mesurée et reportée sur un plan coté, ce qui a permis de préciser la trajectoire d'arrivée de l'avion dans les arbres.

1.12.2. Epave

L'épave est groupée. Son extrémité arrière se trouve à 270 mètres de la route qui sépare la piste de la forêt.

En amont, à 230 mètres de la route, on trouve les premiers débris importants : le saumon de l'aile droite avec un morceau d'aileron et, un peu plus loin, un morceau de volet de bord d'attaque.

En se rapprochant de l'épave, on trouve quelques éléments de gouvernes (volets de bord d'attaque et de bord de fuite, ailerons), d'empennages, des capotages et accessoires moteurs ainsi que divers petits morceaux de revêtement.

Le corps principal de l'épave est entouré par un enchevêtrement d'arbres arrachés et cassés. L'avion a été en grande partie détruit par l'incendie qui a suivi l'accident : le fuselage a totalement brûlé, sauf les empennages et la zone située en arrière de la cloison pressurisée où les enregistreurs ont été retrouvés intacts.

L'aile droite, cassée en plusieurs morceaux, a également été détruite par le feu.

Le réacteur droit arraché de son mât, repose légèrement en arrière de l'aile, entrée d'air dirigée vers la queue de l'appareil. Les panneaux acoustiques d'entrée d'air sont rabattus sur les aubes de fan qui n'ont pratiquement pas souffert de l'accident.

La position des aubes de stator à calage variable (VSV) correspond à un régime faible. Les vannes de décharge du compresseur basse pression (VBV) visibles sont endommagées.

L'aile gauche est restée entière et solidaire du fuselage.

Le bord d'attaque a été défoncé par les troncs d'arbres et de nombreuses branches y sont restées fichées.

Sur le réacteur gauche la position des VSV correspond aussi à un régime faible, les VBV visibles sont également endommagées. L'expertise des moteurs décrite au paragraphe 1.16 a permis de préciser ces points.

Légèrement en avant de l'avion et à droite, on remarque de nombreux arbres brûlés indiquant que le carburant enflammé de l'aile droite a été projeté vers l'avant.

L'examen de la vis de trim a montré que le plan horizontal réglable (PHR) était calé à environ 4° 5' ce qui est cohérent avec les indications du DFDR (dernière valeur enregistrée 4° 4').

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1 Pilotes

a) Etude des dossiers médicaux

L'examen des dossiers médicaux des centres d'expertises médicales du personnel navigant (C.E.M.P.N.) ne fait apparaître aucun élément médical ayant pu avoir une influence sur l'accident. Les deux pilotes passaient leurs visites médicales systématiques périodiques tous les six mois depuis 1962.

b) Lésions consécutives à l'accident

Michel Asseline.

- contusions diverses sans lésion osseuse traumatique visible sur les clichés radiographiques. Ecchymoses claviculaires (harnais d'épaule en place) ;
- inhalation de fumées et choc émotionnel ;
- hospitalisation d'un jour à Mulhouse ;
- arrêt de travail du 26 juin 1988 à fin novembre 1988.

Pierre Mazières.

- traumatisme crânien, sans perte de connaissance vraie, mais avec obnubilation, sans lésion osseuse traumatique visible sur les clichés radiographiques ;
- plaie frontale (suturée à l'hôpital) ;
- ecchymoses claviculaires droite et gauche (harnais d'épaule en place) ;
- hospitalisation d'un jour à Mulhouse ;
- hospitalisation secondaire de dix jours en août 1988 ;
- arrêt de travail du 26 juin 1988 à fin novembre 1988.

c) Emploi du temps avant l'accident

Michel Asseline.

La veille de l'accident le commandant de bord a effectué des vols d'instruction sur A 320 avec trois stagiaires. Il est rentré à son domicile vers 17 heures U.T.C. (19 heures locales) et a passé une nuit normale avec un bon sommeil.

Le 26 juin 1988, il a pris un petit déjeuner vers 4 heures (6 heures locales) avant de partir pour Roissy-Charles-de-Gaulle, où il est arrivé vers 6 h 15 (8 h 15 locales) pour le briefing et la préparation du vol. Au cours d'une réception avec les autorités et les journalistes à l'aéroport de Bâle-Mulhouse avant le vol de présentation, il a bu un jus de fruit et n'a rien mangé.

Pierre Mazières.

La veille de l'accident, il a mené une vie normale à Paris avec nuit correcte et un bon sommeil.

Le 26 juin 1988, jour de l'accident, il s'est levé vers 3 heures (5 heures locales) et a pris un petit déjeuner copieux à son domicile. Il est arrivé à Roissy - Charles-de-Gaulle vers 5 h 30 (7 h 30 locales) puis a préparé son vol à l'issue d'un nouveau petit déjeuner léger.

Lors de la réception à Bâle-Mulhouse, il a consommé un jus de fruit avec une tranche de gâteau.

d) Dosage d'alcool

Une recherche d'alcool par éthylomètre a été effectuée par la gendarmerie pour les deux pilotes. Cette détection étant négative, il n'y a pas eu de dosage d'alcool par prise de sang.

1.13.2 Personnels navigants de cabine (PNC)

Les quatre PNC ont subi des contusions diverses, sans lésion osseuse, et un traumatisme psychologique justifiant un arrêt de vol.

1.13.3 Passagers

110 personnes ont transité par le centre de tri et les hôpitaux (Bâle compris). Parmi elles, 76 ont regagné leur domicile et 34 ont été hospitalisées.

12 jours après l'accident 8 passagers restaient hospitalisés.

42 personnes ont eu un arrêt de travail ou une incapacité temporaire de travail (ITT) de 7 jours ou plus.

41 personnes ont subi un traumatisme crânien facial ou cérébral avec plaies du visage, fracture du nez, épistaxis. Ces blessures ont été causées par choc avec le siège situé devant le passager lors de l'accident.

Parmi les autres lésions et faits pathologiques constatés on note :

- 2 fractures de l'humérus ;
- 1 fracture du fémur ;
- 6 contusions thoraciques et fractures de côtes ;
- 2 luxations de l'épaule ;
- 2 fractures vertébrales par tassement ;
- 8 chocs émotionnels immédiats marqués.

Les lésions traumatiques ont été, pour la plupart, provoquées lors de l'évacuation (toboggans, endommagés par les arbres ou mal déployés à cause des obstacles, évacuation rapide, avec entassement des passagers et contact brutal avec le sol).

Les trois décès constatés n'ont pas été provoqués par les effets des accélérations lors des impacts, mais par l'incendie qui a causé en outre des brûlures à quatre passagers (pour l'un d'entre eux, l'étendue des brûlures était de 23 p. 100).

1.14. Incendie

1.14.1 Développement de l'incendie

Lors des chocs avec les arbres, l'aile droite a été arrachée, le kérosène a été projeté vers l'avant par inertie et a pris feu immédiatement provoquant, dès l'arrêt de l'avion, un incendie très violent sur la droite et en avant du fuselage.

De plus, les témoignages des passagers (voir alinéa 1.15) montrent que le feu s'est également déclaré sur la gauche du fuselage, au niveau des ailes, et a pénétré dans la partie gauche de la cabine par des hublots cassés au niveau des rangs 8 et 9 et dans la partie droite par des trous dans le plancher entre les rangs 10 et 15. Le feu s'est propagé à l'ensemble de la cabine.

Par la suite, le kérosène s'est écoulé de l'aile gauche et a entretenu le feu dans le fuselage.

Seules l'aile gauche et la queue de l'appareil (où se trouvaient les enregistreurs de vol) n'ont pas été détruites par le feu, grâce notamment à l'intervention des pompiers.

1.14.2. Lutte contre l'incendie

Dans le cadre de la manifestation aérienne, il y avait, sur place, un détachement de six pompiers de l'aérodrome de Bâle-Mulhouse avec deux véhicules.

Ils se sont rendus immédiatement sur les lieux de l'accident pour combattre l'incendie.

L'alerte a été donnée immédiatement et, dix minutes plus tard, un premier groupe de huit véhicules des sapeurs-pompiers de Saint-Louis, Ottmarsheim, Thann, Altkirch et Colmar est arrivé sur place.

On notera que seuls les véhicules de petite dimension ont pu rejoindre l'épave, les autres véhicules étant bloqués par les arbres, ce qui a considérablement gêné la lutte contre l'incendie.

1.15. Survie des occupants. - Evacuation

1.15.1. Déroulement de l'évacuation (1)

Avant le vol Paris - Charles-de-Gaulle - Bâle-Mulhouse l'équipage commercial avait effectué la visite prévol « tête de ligne » sans détecter d'anomalie autre que le bris du miroir de l'office arrière qui permet au P.N.C. de surveiller la cabine de son siège.

Lors de l'escale à Bâle-Mulhouse, un jeune tétraplégique avait été installé sur le siège 4 D (couloir) réservé aux handicapés pour des raisons commerciales, puis, à la demande de ses proches, sur le siège 4 F (hublot).

Après le décollage, les signaux demandant aux passagers et au personnel de cabine de rester attachés étaient restés allumés comme prévu.

Lors des impacts avec les arbres et le sol, la majorité des passagers a heurté de la tête le siège de devant, ce qui a provoqué de nombreuses blessures à la face et des étourdissements.

Au niveau de l'office arrière, des objets sont tombés sur le personnel de cabine.

Avant l'arrêt de l'avion, toutes les lumières se sont éteintes ; il semble que les éclairages de secours, autres que les EXIT, ne se soient pas allumés. Par ailleurs, des ruptures ont dû se produire dans la partie inférieure droite du fuselage en avant de l'aile, car des passagers ont vu, dès l'arrêt de l'avion, des flammes et de la fumée sortir du plancher sur le bord droit du fuselage entre les rangs 10 et 15.

Quelques secondes au plus après l'arrêt, le feu est entré en cabine par des hublots cassés sur le côté gauche au niveau des rangs 8 et 9.

D'autre part, quelques passagers font état de courts-circuits avec étincelles au niveau de l'office avant et de fumée provenant de cette zone.

Dès l'arrêt de l'avion, les stewards en poste aux portes avant et arrière, voyant le feu sur la droite de l'appareil, ont ouvert les portes gauche.

Le commandant de bord a déclaré avoir fait plusieurs tentatives de déclenchement du signal d'évacuation ; mais ce signal semble ne pas avoir fonctionné, personne ne l'ayant entendu en cabine.

(1) Ce déroulement des faits est essentiellement basé sur les témoignages des personnels navigants et des passagers.

Un passager a déclaré avoir voulu ouvrir l'issue d'aile gauche mais n'avoir pu l'atteindre. La commission observe que l'ouverture de cette issue, sans vérification préalable, aurait été très dangereuse du fait de la présence d'un feu important au niveau de l'aile gauche.

La porte avant gauche a été bloquée par des branches, après un déployer d'ouverture correct. Le toboggan a commencé à se déployer en partie à l'extérieur et en partie à l'intérieur de la cabine.

Le chef de cabine, aidé par au moins un passager et une hôteesse d'une autre compagnie (qui se trouvait comme passagère dans le poste de pilotage pendant le vol), a poussé sur la porte. Celle-ci s'est ouverte brusquement et le chef de cabine ainsi que le passager sont tombés à l'extérieur et ont été recouverts par le toboggan.

Un début de panique, avec bousculade, s'est produit en cabine avant.

La passagère hôteesse citée précédemment a alors fait évacuer les passagers, mais les premiers sont restés bloqués par des branches dans le toboggan. Les autres passagers ont sauté à côté du toboggan, mais là aussi, à cause des branches, ils se sont vite entassés les uns sur les autres. Elle a alors stoppé l'évacuation pendant quelques instants pour laisser aux passagers ayant déjà sauté le temps de se dégager. Elle pense avoir été aidée par une autre personne (non identifiée).

Pendant ce temps, à l'extérieur, le chef de cabine, aidé par une autre hôteesse, également passagère dans le poste de pilotage et ayant sans doute évacué lors de la bousculade, arrachait les branches en travers du toboggan pour libérer les passagers bloqués.

Au bout d'un certain temps, la première passagère hôteesse, intoxiquée par la fumée, a évacué à son tour.

L'hôteesse en poste au milieu de l'appareil en 12 D avait été poussée dans le couloir par la passagère en 12 F sérieusement brûlée, puis avait été entraînée vers l'avant tout en secourant un passager dont les vêtements étaient en feu.

Elle est arrivée au niveau de la porte avant gauche (1 G), sans doute après l'évacuation de l'hôteesse précédente, et a pris sa place. Après l'évacuation des dernières personnes arrivées à cette porte elle a appelé en cabine pour savoir s'il restait quelqu'un sans obtenir de réponse ; la fumée, alors devenue très épaisse, et les flammes rendaient toute inspection visuelle impossible.

Sur injonction du commandant de bord, qui venait de réaligner l'évacuation du copilote blessé, elle a quitté l'avion.

Le commandant de bord est retourné dans le poste de pilotage pour prendre une cagoule anti-fumée avec l'intention de parcourir la cabine, mais il a dû évacuer à son tour avant de pouvoir s'équiper, étant intoxiqué par les fumées.

On notera qu'aucun des P.N.C. n'a pu, ou n'a pensé, à utiliser les cagoules anti-fumée au cours de l'évacuation ; ils se sont en effet employés à ouvrir les portes le plus rapidement possible pour accélérer l'évacuation des passagers.

La porte arrière gauche a été ouverte sans problème et le toboggan s'est correctement déployé. Le steward a ordonné aux passagers de venir vers lui pour évacuer, tout en leur prodiguant des paroles rassurantes, ce qui, combiné avec l'absence de fumée à l'arrière de la cabine, a certainement contribué au bon déroulement de l'évacuation par cette porte.

Après le passage de quelques personnes, le toboggan s'est crevé sur des branches. Le steward a demandé à sa collègue de descendre pour aider à la réception des passagers.

L'évacuation s'est poursuivie sans panique, avec la collaboration spontanée d'un passager, notamment pour l'évacuation d'une personne âgée se mouvant très difficilement.

Après la sortie des derniers passagers l'hôteesse est remontée pour parcourir la cabine, mais les flammes et la fumée atteignaient l'office ; elle a seulement pu crier en direction de la cabine.

Pendant l'évacuation, les stewards et hôteesses ne pouvaient voir ce qui se passait à l'autre extrémité de l'avion en raison du feu au niveau de l'aile gauche. Donc, après la fin de l'évacuation à leur porte, ils ont contourné l'aile vers l'avant ou l'arrière pour voir s'ils pouvaient être utiles à l'autre porte.

Il n'a pas été possible de déterminer la durée de l'évacuation des survivants.

Tous les passagers ont pu évacuer, sauf trois :

- le jeune garçon handicapé assis en 4 F et qui semble être resté sur son siège ;
- une petite fille située en 8 C, qui, d'après son jeune frère (entraîné par le flot des autres passagers), n'a pas su ouvrir sa ceinture de sécurité et a été bloquée par le dossier de son siège qui s'est rabattu sur elle ;

- une femme voyageant au siège 10 B, dont on sait, par son mari, qu'elle est arrivée au niveau de la porte avant gauche ; compte tenu du fait que son corps a été retrouvé à côté de celui de la petite fille, on peut raisonnablement penser qu'elle est retournée en cabine pour l'aider et a été intoxiquée par les fumées.

Il est apparu que plusieurs équipements de sécurité s'étaient révélés déficients ou inopérants :

- comme on l'a vu précédemment, avant l'arrêt de l'avion l'éclairage normal s'est arrêté et l'éclairage de secours ne s'est pas allumé en raison d'une erreur de conception de son programme d'allumage automatique ;
- il n'y a pas eu de signal d'évacuation, malgré plusieurs actions du commandant de bord ; cette anomalie est certainement à mettre en relation avec les autres problèmes d'origine électrique constatés ;
- après l'arrêt de l'avion le chef de cabine a voulu lancer un message au moyen du public address mais il n'a pas pu trouver le combiné qui, vraisemblablement, avait été arraché de son support, peut-être en raison de la fragilité de celui-ci et de l'attache du cordon électrique.

Sur l'aérodrome, dans le cadre de la manifestation aérienne, se trouvaient un médecin, une ambulance et dix secouristes. Dès l'accident ils ont déclenché l'alerte tant auprès des pompiers que des services d'urgence hospitaliers (les différents services avaient été prévenus de la manifestation aérienne et avaient prévu des secours en attente comme c'est la règle dans le cas de tels rassemblements). Ils se sont rendus sur les lieux de l'accident et ont participé au premier tri des blessés et aux secours immédiats dans l'attente de renforts venus de Mulhouse. La mise en place, vingt-cinq minutes après l'accident, d'un circuit d'évacuation des ambulances et l'organisation du centre de tri ont été effectuées sous la direction du médecin des sapeurs-pompiers. Dans l'ensemble l'hospitalisation a été réalisée sans difficulté importante, compte tenu de la faible gravité des lésions, du petit nombre de blessés, de la situation géographique de l'accident, proche d'une grande ville, de la bonne coopération des secours médicaux et du bon fonctionnement du plan d'urgence hospitalier.

Par ailleurs une vingtaine de passagers ont précisé qu'ils étaient parvenus chez eux ou à l'hôpital en faisant de l'auto-stop sur la route proche, sans passer par les postes de secours. De ce fait ils ont été, dans un premier temps, portés disparus, ce qui a compliqué la tâche des sauveteurs.

1.15.2. Enquête

a) Définition du questionnaire

En raison des conditions de l'accident (fumée, charge de travail...), les personnels navigants n'avaient pas été à même de fournir, par leurs témoignages, une description globale et précise du déroulement de l'évacuation. En conséquence, la commission d'enquête a décidé d'envoyer à chaque passager un questionnaire dont le but était de préciser les points suivants :

1. Les conditions d'ouverture de la porte avant gauche ;
2. L'entrée de la fumée et du feu en cabine (car il était seulement établi que la fumée avait envahi très rapidement la cabine et que les cheveux d'une passagère au rang 12 avaient pris feu) ;
3. Les blessures subies lors des impacts avec les arbres et le sol puis durant l'évacuation ;
4. La position de chaque passager dans la cabine et l'issue par laquelle il avait évacué l'avion ;
5. Et plus généralement le déroulement de l'évacuation du point de vue des passagers ainsi que leurs impressions.

La commission a choisi d'éviter tout terme technique et d'utiliser au maximum les questions à choix multiples, ce qui a également facilité le traitement des réponses.

De plus, à la fin du formulaire, une question générale et narrative permettait aux passagers d'exprimer toutes leurs opinions.

Un plan de la cabine était joint, en annexe, pour faciliter la réflexion des passagers.

b) Résultats

Sur 127 questionnaires envoyés aux passagers survivants, la commission d'enquête a reçu 99 réponses (78 p. 100) pour la plupart très précises et argumentées.

Les réponses aux questions 1, 2 et 5 ont été développées pour l'essentiel dans le paragraphe précédent 1.15.1.

Les réponses à la question 3 font l'objet du paragraphe 1.13.

Concernant la quatrième question il est apparu que les passagers se souvenaient bien de leur position dans l'avion et qu'ils étaient sortis par la porte la plus proche de leur siège : la limite, entre les passagers ayant évacué par la porte avant et ceux sortis par la porte arrière passe au niveau des rangs 12 à 15 (le rang 13 n'existe pas) ; la seule exception réelle concerne un passager situé au rang 18 et qui est sorti par l'avant, sans doute pour rejoindre sa famille assise plus en avant.

Par ailleurs, les témoignages des passagers ont permis de préciser leur comportement individuel lors de l'évacuation :

- le caractère spécial du vol (vol circulaire et baptême de l'air pour une majorité de passagers) a eu plusieurs conséquences :
 - les passagers n'avaient pratiquement pas de bagages à main, et n'ont donc pas perdu de temps à tenter de les récupérer ;
 - ils ont été particulièrement attentifs à la présentation des cartons de sécurité.
- il s'est également avéré que les paroles, à la fois fermes et rassurantes, du steward de l'arrière ont été d'une grande aide pour les passagers et ont nettement limité la panique à l'arrière de l'appareil.
- d'autre part, onze passagers ont clairement indiqué (bien que la question ne leur ait pas été posée) qu'ils avaient eu des difficultés pour ouvrir leur ceinture de sécurité, et pour certains qu'ils avaient dû se faire aider ; il est presque certain que ceci n'est pas dû au mécanisme d'ouverture mais à la méconnaissance du système. Comme on l'a vu il semble que cela puisse être une des raisons du décès de la jeune passagère dont le frère a déclaré « qu'elle ne pouvait ouvrir sa ceinture ».

1.16. Essais et recherches

Les essais et recherches conduits par la commission d'enquête ont eu pour objet principal de vérifier si le déroulement du vol avait pu être affecté par une défaillance de l'avion, de ses moteurs ou de ses équipements. Ils ont essentiellement porté sur :

- l'analyse du fonctionnement des commandes de vol et le contrôle de la conformité de l'avion F-GFKC à la définition couverte par le certificat de navigabilité de type ;
- l'expertise des moteurs et l'analyse de leur fonctionnement pendant le vol et plus particulièrement lors de la remise de gaz.

Par ailleurs, la séquence d'annonces de la radio-sonde, qui pouvait sembler non conforme en première analyse, a été également particulièrement étudiée.

1.16.1. Analyse du fonctionnement des commandes de vol

1.16.1.1. Généralités

L'Airbus A 320 est équipé d'un système de commandes de vol de nouvelle génération : c'est le premier appareil de transport civil dont le pilotage est assuré par des commandes de vol électriques numériques.

Un système de commandes de vol électriques se distingue d'un système classique par deux caractéristiques essentielles :

- les ordres donnés par l'équipage sont transmis sous forme électrique à des calculateurs et ne sont pas directement transmis aux servo-commandes par des dispositifs mécaniques ;
- les calculateurs de commandes de vol reçoivent également, en tant que données d'entrée, des informations issues de capteurs embarqués et peuvent dès lors élaborer des ordres de braquage de gouvernes optimisés pour chaque phase de vol.

Ce deuxième point permet d'améliorer les qualités de vol et de réduire la charge de travail du pilote, comme peuvent l'illustrer les deux exemples suivants :

- le système est conçu pour contrer de lui-même les perturbations extérieures dues, par exemple, à la turbulence : constatant un mouvement de l'avion, alors que le pilote n'a pas donné d'ordre, il contrera de lui-même ce mouvement ;
- le système peut incorporer des limitations automatiques interdisant à l'appareil d'outrepasser des valeurs fixées et stockées en mémoire, de facteur de charge, d'incidence ou de vitesse de roulis par exemple.

Il en résulte qu'il n'y a pas, contrairement au cas des avions plus anciens, de relations biunivoques entre la position des commandes et celle des gouvernes.

1.16.1.2. Lois de pilotage de l'Airbus A 320

La commission d'enquête a plus particulièrement étudié la phase finale du vol, à partir du passage de la hauteur de 300 pieds. Sur Airbus A 320, dans la configuration de l'avion au cours de cette phase de vol, les lois de commande de vol en longitudinal évoluent de la façon suivante lors d'une approche (pour mémoire, les lois de pilotage en latéral n'évoluent pas) :

Pendant toute la phase de vol précédant le moment où l'appareil atteint la hauteur de 50 pieds, mesurée par les radiosondes, la loi de pilotage est la loi usuelle dite C* : elle consiste en un pilotage du facteur de charge autour de la valeur de 1, comportant des termes correctifs d'amortissement en vitesse angulaire de tangage et en dérivée de vitesse conventionnelle. Les effets du facteur de charge et de ces termes sont fixes pour les vitesses inférieures à 150 kt ;

Pendant la phase de descente entre 50 et 30 pieds, la loi de pilotage est modifiée et prend progressivement en compte (1), au lieu du terme en facteur de charge, un terme en assiette longitudinale (écart entre l'assiette constatée au passage à 50 pieds dite assiette de consigne et l'assiette réelle instantanée) ;

Au passage à 30 pieds, un ordre supplémentaire destiné à simuler un effet de sol conventionnel est introduit en complément à la loi de pilotage en assiette précédente : cet ordre ramène progressivement l'assiette de consigne (constatée à 50 pieds) à -2° en 8 secondes, créant un moment à piquer que le pilote doit contrer (« dérotation »).

A tout moment, si l'incidence atteint 14,5°, la loi de pilotage est modifiée et le terme en facteur de charge ou le terme en assiette (modifié ou non par l'ordre de dérotation) est remplacé par un terme en incidence (écart entre l'incidence mesurée et la valeur de 14,5°). Cette loi de pilotage assure en particulier une protection automatique empêchant l'avion d'atteindre une incidence supérieure à 17,5°, pour conserver une marge suffisante par rapport au décrochage, même si le pilote maintient sa demande au plein cabré.

Ce dernier mode de pilotage, dénommé Alpha Prot (protection d'incidence), est un mode prioritaire dès que l'incidence atteint 14,5°. Il ne constitue pas un mode dégradé et ne peut pas être désactivé par l'équipage.

Enfin, il faut rappeler pour mémoire que lorsque la hauteur radiosonde est supérieure à 100 pieds, une remise de gaz automatique est effectuée si l'incidence atteint 15°. Cette fonction, appelée Alpha Floor (incidence plancher), destinée notamment à contrer l'effet de gradients de vent importants pendant l'approche, peut être inhibée par l'équipage :

- soit pour chaque passage en incidence croissante au-dessus de 15° par action sur l'un des boutons de déconnexion instinctive des manettes de poussée, ou par dégageement de l'auto-manette, ou par la mise des manettes de poussée sur la position ralenti ;
- soit de façon permanente par action, pendant plus de trente secondes, sur l'un des mêmes boutons de déconnexion instinctive.

Dans le cas du vol du 26 juin 1988, il est possible de restituer les lois de pilotage qui devaient être effectivement en action lors de l'approche et du survol du terrain d'Habsheim sur la base des informations enregistrées par le DFDR, en reprenant la même référence de temps « t » : 12 h 45 mn 39 s :

Avant t - 22 s : loi usuelle C* ;

Entre t - 21 s et t - 20 s, passage en loi de pilotage en assiette (correspondant à une saute de l'information radiosonde dans cet intervalle de temps) ;

Entre t - 20 s et t - 18 s, retour progressif vers la loi C* ;

Entre t - 18 s et t - 4 s, loi de pilotage en assiette (écart par rapport à la valeur de 6° mesurée lors du passage à 50 pieds) ;

A t - 4 s, commutation sur la loi de pilotage en incidence, la valeur de 14,5° ayant été atteinte, cette loi étant ensuite conservée.

Lors du survol de la piste, la hauteur de 30 pieds n'ayant pas été atteinte avant l'obtention d'une incidence de 14,5°, la loi de dérotation n'a pas pu être activée. Ce point est confirmé par le fait que la commande de profondeur est pratiquement stable (6° à 7° à cabrer) alors que l'assiette et l'incidence augmentent. Si la loi de simulation d'effet de sol avait été activée, le maintien de l'assiette, et *a fortiori* son augmentation, auraient nécessité une action à cabrer sur la commande de profondeur qui n'apparaît pas sur les enregistrements.

(1) Cette prise en compte est progressive : le changement de loi s'effectue en une seconde.

1.16.1.13 Expertises effectuées

Le fonctionnement normal des commandes de vol n'a jamais été mis en doute par l'équipage de l'A 320 accidenté. La commission d'enquête a cependant jugé nécessaire de vérifier ce point de façon approfondie.

Cette vérification a été conduite sur la base de simulations du vol qui avaient pour objet de contrôler si le comportement de l'avion F-GFKC pouvait être considéré comme normal au cours du vol du 26 juin 1988. A ce titre, la commission a fait procéder à des essais de simulation du vol sur simulateur au sol représentatif (1) et sur avion A 320 n° 3 (vols n° 260 du 27 juillet et n° 355 du 14 novembre 1988). Certains de ses membres ont eux-mêmes effectué plusieurs des ces essais.

Chacun de ces moyens (simulateur et avion réel) présente des avantages et des inconvénients vis-à-vis de l'objectif poursuivi :

- le simulateur au sol permet d'effectuer des manœuvres à très forte incidence et très faible vitesse près du sol, mais il ne permet pas de restituer exactement l'environnement du vol (visualisation extérieure limitée, sensations pilote différentes). Il est impossible par ailleurs de restituer exactement le vol à partir des informations du D.F.D.R. dont les cadences d'enregistrement sont trop faibles pour cela ;
- l'avion réel est bien entendu très représentatif, mais des considérations de sécurité des vols interdisent de se placer dans des conditions trop proches de celles de l'accident.

Dans les deux cas, il n'est pas possible de représenter exactement les conditions atmosphériques du vol de l'accident, mais cet aspect n'a *a priori* qu'une influence très marginale dans le cas considéré (atmosphère calme le 26 juin à Habsheim).

Les essais effectués ont été les suivants :

Sur simulateur au sol :

Le simulateur étant placé dans des conditions initiales permettant de rejoindre un point du domaine de vol (altitude-vitesse) mesuré sur l'enregistrement de l'approche du 26 juin, le pilote aux commandes du simulateur devait s'efforcer de rejoindre ce point, puis de passer par les mêmes valeurs de points de domaine de vol (altitude-vitesse) dans un certain nombre de cas mesurés sur le D.F.D.R. Dans cet essai, dont la réalisation a nécessité plusieurs tentatives avant d'aboutir à des simulations correctes, la configuration de l'avion était figée (masse avion et position du centre de gravité conformes à celles du vol, train sorti, becs 22°, volets 20°). Pendant la plus grande partie de l'approche, les moteurs étaient réduits et le pilote ne disposait que de la commande de profondeur pour exécuter l'essai.

En vol :

- étude du comportement de l'avion au voisinage des très basses vitesses ;
- évaluation de l'influence des modifications de lois de pilotage à très faible hauteur lors de passages sur la piste de Toulouse dans la configuration d'approche du F-GFKC le 26 juin 1988.

1.16.1.4. Résultats

1.16.1.4.1. Restitution des performances
(Evolution de l'altitude et de la vitesse)

Les deux essais au simulateur considérés comme les plus représentatifs ont été retenus pour l'analyse qui a porté essentiellement sur la dernière phase du vol (à partir de 50 pieds).

Dans les deux cas, les paramètres altitude et vitesse sont très bien tenus et le recouplement avec le vol de l'accident peut être considéré comme excellent sur ce plan.

Dans le premier cas (cas « nominal »), les écarts sur la vitesse en fonction du temps sont en général inférieurs à 1 kt (à rapprocher de la précision sur ce paramètre lors de l'enregistrement dans le D.F.D.R. : - 0,5 kt), les écarts sur l'altitude sont faibles (+ 10 pieds au maximum 13 à 14 secondes avant le moment de l'impact, - 5 pieds en moyenne pendant les dernières secondes) (2). Il faut souligner que le pilote aux commandes visait à passer par des couples d'altitude - vitesse donnés, identiques à ceux constatés en vol, mais que le moment auquel il les atteignait ne résultait que du calcul de

(1) La représentativité du simulateur a été contrôlée par les spécialistes du centre d'essais en vol qui avaient participé aux essais de certification de type de l'A 320.

(2) On note toutefois entre t-21 secondes et t-20 secondes un écart significatif entre l'altitude mesurée par la radio sonde et l'altitude du vol simulé : en fait il s'agit d'une courte phase pendant laquelle les informations radio sonde étaient erronées (voir paragraphe 1.16.3) ; le recouplement avec l'altitude barométrique montre une excellente similitude entre le vol du 26 juin et le vol simulé.

simulation. Le fait que les courbes d'altitude et de vitesse soient pratiquement conformes aux données issues de l'enregistreur en fonction du temps montre que l'avion réel s'est bien comporté sur ce plan comme l'avion certifié (dont les caractéristiques sont intégrées dans le simulateur).

On note toutefois une légère divergence dans ce cas : à t-12 secondes et t-13 secondes, la vitesse restituée au simulateur est légèrement supérieure à celle du vol de l'accident (+ 2 à 3 kt).

Dans le deuxième cas, où le pilote du simulateur était le président de la commission d'enquête, le recouplement de l'évolution de la vitesse en fonction du temps est également excellent, l'altitude du vol simulé étant toutefois toujours très légèrement supérieure à celle du vol réel (+ 8 à 10 pieds). Le même écart existe par ailleurs avec le vol réel sur l'altitude radio sonde avec t-21 secondes et t-20 secondes.

On note également la même divergence que dans le cas précédent : à t-12 secondes et t-13 secondes, la vitesse restituée au simulateur est légèrement supérieure à celle du vol de l'accident (+ 1 à 2 kt).

Cette divergence peut s'expliquer par une perturbation atmosphérique de faible amplitude lors du vol, non restituée au simulateur. Le comportement de l'avion après t-10 secondes est par contre conforme au modèle, ce qui indique que cette perturbation n'a eu qu'un effet très mineur sur la trajectoire de l'avion.

En essais en vol, le recouplement des performances entre le vol n° 260 et le vol de l'accident est bon (cf. la planche jointe en annexe).

Ce fait permet de conclure que la configuration avion était bien la même et correctement restituée.

1.16.1.4.2. Réponse de l'avion à une sollicitation à la profondeur à très basse vitesse

La difficulté à reproduire une manœuvre provient du fait qu'il faut se placer dans des conditions identiques ou très voisines de lois de pilotage impliquant le respect de tous les paramètres influents (facteur de charge ou assiette, incidence, gradient de vitesse, positions de manche en profondeur) alors que ces paramètres ne sont enregistrés qu'à une cadence faible sur le DFDR (un point par seconde en général) et qu'une restitution exacte nécessiterait de l'ordre de 40 points par seconde. Dans la majorité des essais conduits sur simulateur et en vol pour évaluer le comportement de l'avion à très forte incidence, la commande de profondeur est amenée en butée arrière plus rapidement que lors du vol du 26 juin dans la phase précédant immédiatement l'impact avec les arbres.

Toutefois, des essais spécifiques de cette dernière phase du vol ont permis de vérifier que la réponse de l'avion à l'ordre donné par le commandant de bord en profondeur était également conforme aux données de la certification :

- au simulateur, la planche jointe en annexe montre que pour l'essai effectué avec une cadence de braquage du manche identique à celle du vol du 26 juin, la réponse en assiette est parfaitement conforme sur le simulateur et lors du vol, après recalage de l'instant où la loi Alpha Prot a été activée ;
- en vol également, une restitution a pu être effectuée, lors du vol n° 355 sur l'A 320 n° 3.

Les paramètres enregistrés lors de cet essai sont comparés à ceux du vol du 26 juin sur la planche, des différences entre les deux cas doivent être notées :

- l'essai en vol n° 355 est effectué à une vitesse inférieure à celle du vol du 26 juin, l'avion a une masse inférieure et les incidences de vol sont voisines ;
- les évolutions en assiette et en altitude sont différentes (avion en descente lors du vol n° 355, en palier pour le vol du 26 juin) ;
- la commande de profondeur est amenée en butée arrière un peu plus lentement que lors du vol du 26 juin, mais à partir d'une position d'équilibre plus proche du neutre ;
- enfin, lors du vol n° 355, effectué en altitude, le pilotage est assuré avec la loi C* (facteur de charge) avant passage en loi d'incidence alors que pour le vol du 26 juin le pilotage était assuré en assiette avant passage en loi d'incidence.

S'agissant de comparer la réponse de l'avion alors qu'il était en loi de pilotage en incidence (dans les dernières secondes du vol), l'effet de ces différences peut être considéré comme marginal, d'autant que la décélération moyenne de l'avion est très voisine dans les deux cas.

On constate que les variations d'incidence sont aussi très semblables : l'augmentation d'incidence mesurée est en effet pratiquement identique dans les deux dernières secondes (1°).

Les autres exploitations effectuées montrent par ailleurs que si la commande de profondeur avait été amenée plus rapidement ou plus tôt en arrière lors du vol de l'accident, une incidence supérieure à 15° aurait pu être obtenue avant l'impact sur les arbres. Elles montrent également que sans une remise de gaz plus précoce, une telle manœuvre, qui aurait conduit à augmenter la traînée instantanée de l'avion, n'aurait pas permis d'éviter l'impact avec les arbres.

1.16.1.4.3. Analyse de la réponse de l'avion pour les différentes lois de pilotage actives lors de l'approche

Certains membres de la commission d'enquête, pilotes eux-mêmes, ont souhaité apprécier personnellement le comportement de l'avion lors de manœuvres effectuées près du sol, pour vérifier si les commutations de lois de pilotage pouvaient entraîner une difficulté de pilotage. Des essais au-dessus de la piste de Toulouse ont été conduits, à cet effet, en paliers, entre 100 et 50 pieds (loi C*), entre 50 et 30 pieds (loi d'assiette) et en dessous de 30 pieds (loi d'assiette et de « dérotation »). Ces cas de vol, qui ne correspondent pas à une approche normale, n'ont conduit à constater aucun problème de pilotage : la commutation loi C* - loi de pilotage en assiette - n'a aucun effet sensible sur le comportement de l'avion vu par le pilote ; l'effet dû terme de « dérotation » est perceptible (il faut exercer une pression croissante vers l'arrière pour tenir le palier) sans présenter aucun caractère délicat et il faut rappeler que ce mode n'a pas été activé lors du vol du 26 juin.

La commutation sur la loi de pilotage en incidence n'a pas non plus d'effet sur le comportement de l'avion tel que ressenti par le pilote.

Ces essais permettent également d'établir que les commutations très momentanées de lois de pilotage qui sont intervenues entre t-21 secondes et t-20 secondes du fait des indications erratiques données par la radiosonde lors du passage au-dessus d'un bosquet ne sont pas de nature à avoir affecté le comportement de l'avion.

En conclusion, la commission d'enquête a établi que le fonctionnement des commandes de vol a été conforme aux données de la certification lors du vol du 26 juin 1988 et considère que les lois de pilotage de l'appareil ne présentent aucune caractéristique susceptible de créer une difficulté particulière de pilotage, même dans les conditions de ce vol qui diffère sensiblement d'une approche normale.

1.16.2. Fonctionnement des moteurs

Contrairement au cas des commandes de vol, le fonctionnement des moteurs a été mis en cause par l'équipage immédiatement après l'accident : il a en effet déclaré qu'après la remise de gaz la poussée des moteurs ne s'était pas réalisée.

Dès les premières exploitations des enregistreurs (C.V.R. et D.F.D.R.), il a été toutefois établi que les moteurs avaient répondu à la commande de remise de gaz effectuée entre 5 et 5,5 secondes avant l'impact sur les arbres (évolutions des régimes, des températures et des débits de carburant des deux moteurs enregistrés sur le D.F.D.R. ; bruit caractéristique d'une évolution des régimes moteurs enregistré sur le C.V.R.).

La commission a donc centré ses travaux sur la vérification des conditions de la remise de gaz portant sur :

- la restitution la plus exacte possible des paramètres des moteurs ;
- la comparaison de l'évolution constatée avec les caractéristiques normales de la certification.

Elle a par ailleurs participé à l'expertise des moteurs réalisée par le constructeur C.F.M.I. (dans les locaux de la S.N.E.C.M.A., à Melun-Villaroche).

1.16.2.1. Restitution des paramètres moteurs lors de la remise de gaz

Les paramètres caractéristiques de l'accélération des moteurs après la remise de gaz ont été restitués à partir de trois moyens indépendants :

- les paramètres moteurs enregistrés sur le D.F.D.R. ;
- l'analyse spectrale des dernières secondes d'enregistrement du C.V.R., les fréquences caractéristiques des régimes moteurs étant enregistrées par le micro d'ambiance de la cabine de pilotage ;

- l'analyse spectrale de la bande sonore d'un film vidéo pris par un spectateur au sol.

Les résultats de ces exploitations sont parfaitement cohérents et montrent que les moteurs sont remontés en puissance dès la commande de remise de gaz.

Les derniers régimes moteur restitués par le C.V.R. et le D.F.D.R. sont respectivement 84,4 p. 100 N1 sur le C.V.R., 83 et 84 p. 100 N1 sur le D.F.D.R. La bande sonore du film vidéo permet de restituer quelques secondes supplémentaires après l'impact sur les arbres (alors que les enregistreurs de bord ne fonctionnaient plus) : la dernière valeur du régime maximal, clairement identifiée avec ce moyen, est de 91 p. 100 N1.

1.16.2.2. Comparaison avec les bases de certification

Les réponses des moteurs étant ainsi restituées sans ambiguïté, la commission a vérifié leur conformité aux bases de certification.

Les règlements de certification demandent notamment que la pente de montée de l'avion en configuration atterrissage, tous moteurs en fonctionnement, soit au moins égale à 3,2 p. 100 avec la poussée disponible 8 secondes après commande de la remise de gaz. Cette exigence réglementaire se traduit par une valeur de poussée minimale, et donc de régime N1 minimal, tenant compte des caractéristiques de traînée de l'avion. Dans les conditions du vol du 26 juin, cette valeur de régime N1 minimal est 94 p. 100 (valeur qui doit être obtenue 8 secondes après commande de la remise de gaz).

Dans le cas de ce vol, l'impact avec les arbres est intervenu avant que 8 secondes ne se soient écoulées après commande de la remise de gaz (cf. ci-après). La commission a donc recherché les valeurs de régime N1 minimal observées lors de remises de gaz permettant de satisfaire l'exigence réglementaire entre 5 et 8 secondes après le début de la manœuvre de remise de gaz dans les conditions du vol. Ces valeurs sont portées sur la courbe figurant en fin de paragraphe.

L'instant précis de commande de la remise de gaz par le pilote lors du survol d'Habsheim a été déterminé de la façon suivante :

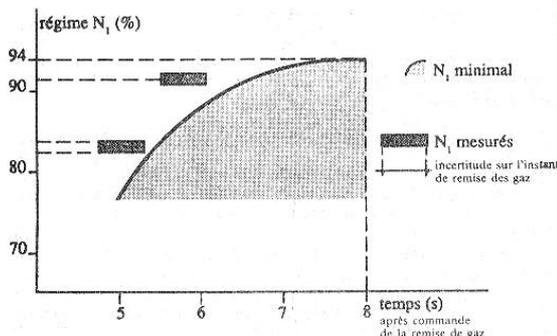
- la position des manettes enregistrée par le D.F.D.R. toutes les deux secondes indique : position ralenti vol à 12 h 45 mn 33 s, position Toga à 12 h 45 mn 35 s. Entre 12 h 45 mn 34 s et 12 h 45 mn 35 s, le régime N2 et le débit du moteur 1 ont commencé à croître (ces informations sont prises en milieu de cycle) ;
- l'enregistrement d'ambiance dans le poste d'équipage par le C.V.R. précise que les manettes sont placées dans le cran Toga à 12 h 45 mn 34 s 5/10 ;
- les témoignages font état d'une manœuvre de remise de gaz franche et rapide.

Sur ces bases, il peut être estimé que le début de la remise de gaz a dû être effectuée entre les temps 12 h 45 mn 34 s et 12 h 45 mn 34 s 4/10.

Les régimes N1 enregistrés sur le D.F.D.R. au temps 12 h 45 mn 39 s sont respectivement 83 et 84 p. 100 pour les moteurs 1 et 2 (soit 5 à 5,4 s après le début de la remise de gaz).

Les régimes mesurés par moyen externe sont 91 p. 100, 0,6 s après avoir atteint 83 p. 100.

Dans ces conditions, la courbe ci-dessous compare ces régimes enregistrés aux régimes minimaux pour satisfaire l'exigence de certification. Elle permet de conclure que l'accélération des moteurs était conforme à cette exigence.



Il a ainsi été vérifié que le défaut d'accélération des moteurs parfois constaté dans certains cas de vol à basse altitude sur A 320 ne s'était pas manifesté lors du vol du 26 juin. Les conditions nécessaires d'occurrence n'étaient d'ailleurs pas réunies (vitesse très inférieure à 250 kt).

1.16.2.3. Expertise des moteurs

L'expertise des moteurs a montré qu'ils étaient pratiquement arrêtés lors de l'impact final. En effet :

- aucune trace de rotation du fan n'est constatée alors qu'après l'impact les aubes mobiles sont en contact avec des parties fixes ;
- des traces de rotation à faible vitesse du corps HP au moment de l'impact au sol sont visibles ;
- toutes les vanes de décharge (VBV) des compresseurs basse pression non détériorées sont en position ouverte, c'est-à-dire correspondant au régime ralenti ou arrêté.

On constate par ailleurs que les chambres de combustion sont presque totalement obstruées par un mélange compact de débris de bois et de feuilles partiellement calcinés.

Ces éléments étant établis, il faut souligner que le fait que les moteurs aient été pratiquement à l'arrêt lors de l'impact final n'est pas contradictoire avec leur fonctionnement normal avant l'impact avec les arbres : la chute de l'appareil dans la forêt a conduit à une ingestion massive de branches et de feuilles par les entrées d'air, ce qui a causé l'arrêt des moteurs par obstruction des chambres de combustion. Dans ce cas, les régimes des moteurs ont rapidement baissé et le système de régulation, commandé notamment par le régime N2, a amené les VSV et VBV dans une position adaptée à un régime N2 faible, ce qui explique que l'on ait retrouvé les VSV et VBV dans une position correspondant au régime ralenti.

1.16.2.4. Conclusion concernant le fonctionnement des moteurs

En résumé, la commission d'enquête a établi que l'accélération des moteurs lors du vol de l'accident était parfaitement conforme aux bases de certification et que le fonctionnement de ceux-ci avait été normal jusqu'au moment où, après l'impact avec les arbres, ils ont commencé à absorber des débris végétaux pendant la chute finale de l'appareil dans la forêt.

1.16.3. Investigations complémentaires

Dans ses recherches pour vérifier si le fonctionnement de l'avion avait été correct le 26 juin, la commission d'enquête a été conduite par ailleurs à étudier les raisons qui pouvaient expliquer la séquence d'annonces radiosonde apparemment non conforme : 200 pieds, 100 pieds puis 40 pieds (alors qu'on aurait attendu d'abord 50 pieds), puis 50 pieds...

Sur les appareils destinés à Air France, les annonces orales prévues par le programme sont (hauteur en pieds) :

200, 100, 50, 40, 30, 20, 10, 5 ;

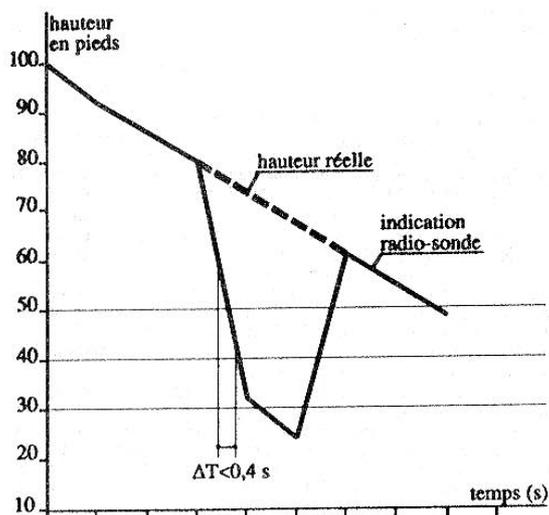
Et pour les approches pour lesquelles l'équipage a affiché une hauteur de décision DH (approche en conditions de visibilité faible) : Hundred Above au passage de DH + 100 pieds, et Minimum au passage de DH.

Le déclenchement des annonces prédéterminées a lieu 10 pieds au-dessus des altitudes à annoncer pour celles supérieures ou égales à 100 pieds et 2 pieds au-dessus pour celles inférieures à 100 pieds.

Le temps nécessaire pour générer une annonce à partir du seuil de déclenchement est de 0,4 seconde en moyenne. Si une annonce est commencée (voix synthétique ayant commencé à parler), elle est prononcée entièrement. Si, avant qu'elle ait commencé, la détection d'une autre hauteur associée à une autre annonce se produit, l'émission de la première annonce n'a pas lieu, priorité étant donnée à la deuxième valeur à annoncer. L'annonce orale est également inhibée si les deux radiosondes sont inopérantes, si l'altitude radiosonde est inférieure à 3 pieds ou si l'altitude radiosonde augmente.

Au-dessus de 50 pieds, des annonces intermédiaires (répétition d'une annonce identique lorsque le seuil suivant n'est pas franchi) sont générées toutes les 11 secondes. Au-dessous de 50 pieds ce temps est égal à 4 secondes.

Dans le cas du vol du 26 juin, alors que la hauteur réelle de l'avion a décliné de façon continue de 100 à 50 pieds entre 12 h 45 mn 15 s et 12 h 45 mn 23 s, l'information radiosonde a présenté une discontinuité entre 12 h 45 mn 18 s et 12 h 45 mn 19 s. L'évolution des indications a été conforme à la courbe ci-dessous :



Cette discontinuité provient du survol d'un bosquet peu avant la piste. Dès lors l'annonce 50 pieds, déclenchée au passage de la hauteur de 52 pieds, a été inhibée car le déclenchement de l'annonce 40 pieds au passage de 42 pieds est intervenu moins de 0,4 seconde après le déclenchement de l'annonce 50 pieds.

L'annonce 40 pieds a donc été faite sans que l'annonce 50 pieds ait eu lieu et avant que l'annonce 30 pieds ne soit déclenchée. Cette dernière a été inhibée car au moment où elle aurait dû être prononcée, l'altitude radiosonde augmentait.

Au-delà du temps 12 h 45 mn 20 s, la séquence d'annonces ne présente pas d'irrégularité. On peut noter toutefois la répétition de l'annonce 30 pieds à des intervalles de temps très rapprochés pendant la dernière phase du vol. Ces répétitions ne peuvent être expliquées que par de très faibles oscillations de hauteur radiosonde autour de la valeur de 30 pieds, l'annonce étant redéclenchée chaque fois que la hauteur de 32 pieds est franchie dès lors qu'une augmentation d'altitude, même très brève, a été constatée antérieurement (ces très faibles oscillations d'altitude pouvant être pilotées ou résulter de très faibles variations de l'altitude du terrain survolé : il suffit d'un échelon de 8 cm de hauteur et de 3,5 m de largeur pour réarmer l'annonce).

2. ANALYSES

2.1. Considérations générales

La commission a constaté que l'appareil était en état de navigabilité, que la masse et le centrage étaient dans les limites autorisées et, plus généralement, qu'aucune défaillance mécanique ou instrumentale (antérieure aux premiers impacts avec les arbres) susceptible de mettre en cause la sécurité n'avait été mise en évidence. Elle a au contraire acquis la conviction que le fonctionnement de l'appareil avait été, en tous points, conforme aux données de la certification, et que la trajectoire suivie était en accord avec les ordres de pilotage donnés par l'équipage au travers des commandes de vol.

Elle a, par ailleurs, déterminé que les conditions météorologiques et les conditions d'éclairage n'avaient joué aucun rôle dans l'accident, non plus que l'infrastructure des aérodromes, les aides à la navigation ou les télécommunications. L'équipage, normalement qualifié pour le pilotage des Airbus A 320, n'a fait l'objet d'aucune constatation d'ordre médical ou pathologique susceptible d'avoir eu une influence sur le vol.

La commission a été ainsi conduite à centrer son étude sur les conditions de la préparation des passages et sur les éléments susceptibles d'avoir influencé le comportement de l'équi-

page au cours du vol, celui-ci ayant fait effectuer à l'avion une trajectoire sensiblement différente de celle qu'il avait explicitement prévue avant le vol.

2.2. Préparation du vol

2.2.1. Etude de faisabilité du survol de l'aérodrome d'Habsheim

Selon les services de la compagnie Air France chargés de la préparation du vol, les passages à basse hauteur ont été étudiés dans le cadre des prescriptions de la note interne Air France DO ND 50420. L'étude aurait notamment consisté à vérifier le franchissement des obstacles en cas de panne moteur.

Toujours selon la compagnie, ces passages ont été étudiés pour le survol de la piste 02.

Cette déclaration appelée de la part de la commission les observations suivantes :

1. La piste 02, en dur, de Mulhouse-Habsheim n'était pas utilisable par l'A 320, en raison, notamment, de sa trop faible résistance ;
2. La piste à utiliser n'était pas prévisible au moment de la préparation du vol par les services concernés (conditions météorologiques inconnues et piste choisie par les organisateurs non communiquée à la compagnie Air France).

La note DO ND 50420 avait été établie par la compagnie Air France pour éviter que, lors de vols de présentation, des hauteurs de survols trop basses ne soient pratiquées. Elle précise, en outre, que tout ou partie de vol à but touristique ou de présentation doit faire l'objet : « d'une définition précise des conditions de réalisation (distance, altitude, configuration...) et de la répartition des tâches correspondantes ».

L'élaboration de ces consignes aurait dû être faite par la division de vol, mais :

- d'une part, ce n'est que le vendredi après-midi que le dossier du vol a été remis, par l'agent chargé de sa préparation, à l'adjoint technique de la division au moment du départ de ce dernier. Cette réception semble donc avoir été fortuite ;
- d'autre part, les responsables de la division de vol ne s'en sont pas occupés plus tôt probablement en raison de leur charge de travail liée à la mise en exploitation de l'avion ;
- au vu du dossier (qui ne faisait pas état de difficulté particulière), ils ont estimé que Michel Asseline était parfaitement capable d'assurer lui-même la préparation de ce vol, compte tenu de ses fonctions et de sa forte personnalité, lesquelles l'amenaient à avoir un domaine d'action beaucoup plus vaste que ne le faisait apparaître l'organigramme de la compagnie.

En conséquence, le dossier a été transmis en l'état à l'équipage. Il ne comportait aucun des éléments requis par la note DO ND 50420 ni aucune indication de hauteur ou d'axe de survol à respecter non plus qu'aucun moyen de contact direct avec les organisateurs de la manifestation.

La commission a considéré que, en l'absence de semblables indications, l'équipage devait se référer à la note DO ND 50420.

Cette note fait état de l'obligation de respecter « une hauteur minimale de survol de piste de 100 pieds en configuration atterrissage ».

La commission observe que :

1. La note n'est pas jointe au dossier remis à l'équipage, même si son existence s'y trouve rappelée dans un message ;
2. La hauteur de 100 pieds n'était pas applicable dans le cadre du survol de Mulhouse-Habsheim dont aucune des pistes n'est utilisable par l'A 320 ;
3. Par ailleurs le choix d'une hauteur de 100 pieds est en contradiction avec les règles de l'air qui imposent une hauteur minimale de survol de 170 pieds en règles de vol VFR (pour cette phase de vol l'appareil évoluait à vue tout en étant sous plan de vol IFR).

La commission observe en outre que dans le cadre de vols touristiques ou de présentation, la hauteur de 100 pieds au-dessus du sol avait déjà été retenue par Air France pour l'exécution de nombreux survols, y compris de pistes en herbe (plus de vingt depuis 1987), lors de manifestations aériennes en France et à l'étranger.

La commission d'enquête a constaté que la hauteur de survol au-dessus des aérodromes sur lesquels se déroulaient des manifestations aériennes, bien que non réglementaire, n'avait pas provoqué de réactions de l'administration, ni des organisateurs de ces manifestations (sauf à une occasion où les conditions de réalisation du passage et la hauteur, inférieure au minimum

fixé, avaient entraîné des actions de la commission interministérielle de contrôle [intérieur, défense, aviation civile] compétente).

2.2.2. Diffusion des résultats de l'étude et information de l'équipage

Le service ayant réalisé l'étude a informé par messages la direction des opérations aériennes et le service de la sécurité des vols d'Air France, ainsi que le C.R.N.A. Est, la tour de Bâle-Mulhouse. Puis il a remis le dossier à la division de vol A 320.

En raison du court délai, l'adjoint technique n'a pu commenter verbalement le dossier au commandant de bord qui était en activité aérienne le 25 juin. Le copilote, en repos, n'a pas été joint.

Les pilotes avaient été choisis pour ce vol en raison de leur appartenance à l'encadrement. Il n'a été prévu à aucun moment de reconnaissance de l'aérodrome d'Habsheim par l'équipage.

La rencontre réglementaire prévue à l'initiative de celui-ci entre le directeur des vols de la manifestation aérienne et l'équipage n'a pas eu lieu, privant ainsi ce dernier d'informations qui lui auraient été utiles (particularités du terrain, axe utilisé, emplacement du public...).

L'organisateur avait bien tenu le matin même une réunion de préparation avec l'ensemble des autres pilotes concernés, mais ne s'était pas inquiété de l'absence de l'équipage de l'A 320 compte tenu du bon déroulement des vols lors des participations d'Air France aux précédentes manifestations à Habsheim et de la libération prévue de l'espace aérien dès le décollage de l'avion de Bâle-Mulhouse.

L'équipage n'avait donc reçu aucune information ou commentaire oral sur le dossier préparé à son intention.

2.2.3. Préparation du vol par l'équipage

2.2.3.1. L'étude du dossier (comportant un numéro d'autorisation préfectorale, les photocopies de la carte au 1/500 000 de vol à vue, carte au 1/100 000 IGN, carte VAL du terrain de Mulhouse-Habsheim) n'a été entreprise par les deux pilotes que le dimanche matin 26 juin. Ceux-ci ont donc fait cette préparation de vol uniquement à partir d'éléments différents de leur documentation de travail habituelle, et décrivant un aérodrome et ses environs qu'ils ne connaissaient pas et sur lequel, en l'absence de directives, ils avaient liberté de manœuvre.

Aucun des deux pilotes n'avait réalisé de présentation auparavant.

La commission note qu'ils ne semblent pas avoir cherché d'informations supplémentaires concernant ces passages.

Il est probable que le commandant de bord, au vu du dossier, a jugé que les passages ne présentaient pas de difficulté et qu'il n'avait pas besoin d'autres éléments. Par ailleurs, les personnels d'Air France directement concernés, s'agissant d'un dimanche, n'étaient sans doute pas facilement contactables.

2.2.3.2. A Bâle-Mulhouse, lors du roulage au sol, le commandant de bord effectue l'exposé (briefing) des deux passages à basse altitude sur le terrain d'Habsheim. L'axe de piste qui sera finalement choisi en vue du terrain et du public n'est pas mentionné. Les deux passages sont prévus sans survol préalable du terrain, l'un à basse vitesse, l'autre à grande vitesse.

Les conditions de réalisation des passages sont également explicitées comme suit :

Le premier passage s'effectuera :

1. A 100 pieds ;
2. Avec les volets en position 3 et le train sorti ;
3. En palier décélééré jusqu'à l'incidence maximale permise par le système de commandes de vol de l'A 320 ;
4. Avec débrayage de la protection automatique de remise de gaz à incidence élevée (Alpha Floor) ;
5. Avec assistance au pilotage demandée au copilote au cas où le maintien de l'effort au manche deviendrait inconfortable (« ... si je te dis que c'est dur... ») ;
6. Avec maintien du vol en palier à l'aide des moteurs par le copilote ;
7. Avec remise de gaz par le copilote sur l'ordre du commandant.

Le deuxième passage sera exécuté :

8. Par le copilote, à 100 pieds également, à grande vitesse et avion lisse.

Ces huit points appellent les commentaires suivants :

1. Comme on l'a vu au paragraphe 2.2.1, la hauteur de survol de 100 pieds, bien que non réglementaire, est conforme à la note interne DO ND 50420. Pour l'équipage, voler à cette hauteur pouvait donc être considéré comme autorisé, et donc comme normal.

On note qu'il n'est pas fait mention de la référence choisie pour les 100 pieds : hauteur barométrique (QFE) ou hauteur radiosonde.

2. Cette configuration de volets et de train est une des configurations normales d'atterrissage.

3. La décélération en palier était prévue jusqu'à la vitesse minimale de vol correspondant à l'incidence maximale permise par les systèmes de commandes électriques de l'avion. Ceci témoigne de la part du commandant de bord du désir de mettre en valeur l'A 320 en démontrant ses possibilités spécifiques.

L'instruction délivrée aux pilotes met l'accent sur toutes les protections dont bénéficie l'A 320 quant à sa sustentation, ce qui peut leur donner un sentiment, d'ailleurs justifié, de sécurité accrue. En particulier, la démonstration de l'activation des sécurités et protections de cet avion peut amener à considérer le vol au voisinage d'une des limitations (celle liée à l'incidence en particulier) comme une condition de vol envisageable puisque la sustentation est garantie.

Par contre l'accent n'a peut-être pas été suffisamment mis sur le fait que, si la limite ne peut être dépassée, elle n'en existe pas moins et qu'elle intervient toujours au niveau des performances, c'est-à-dire de la possibilité du changement de trajectoire de l'avion. Comme pour les avions classiques le facteur de charge disponible à la vitesse minimale en palier n'est que de 1 (manœuvrabilité nulle en ressource ou en virage) et la traînée à cette vitesse est très importante (deuxième régime), ce qui limite fortement les pentes de montée, l'excédent de poussée disponible étant naturellement faible.

Au cours de leur formation sur les avions de la génération précédente, on sensibilise les pilotes aux dangers du vol à basse vitesse et on leur inculque la règle fondamentale du respect d'une marge par rapport à la vitesse minimale. Les pilotes n'auraient donc probablement pas envisagé sur ces types d'appareils une telle manœuvre à une vitesse aussi proche du décrochage. Par contre, pour le vol de l'accident, l'équipage n'a pas hésité à prévoir un passage à basse hauteur et à une vitesse inférieure à la vitesse d'approche (vitesse minimale d'utilisation normale) sans réaliser que, grâce aux protections, les limites de l'avion étaient atteintes sans risque de dépassement, mais que les performances étaient réduites tout autant que sur les avions classiques.

4. Le choix d'inhiber la protection automatique de remise de gaz (Alpha Floor) résulte de l'obligation d'éliminer cette protection si l'on prévoit de voler à 100 pieds, ou au-dessus, à une incidence plus forte que celle activant cette protection. L'inhibition dans ce cas ne peut pratiquement se faire qu'en maintenant appuyés les deux contacteurs placés sur les manettes de poussée. Après 30 secondes l'inhibition est permanente pour le reste du vol.

Cette décision est compatible avec l'objectif exprimé par le commandant de bord de maintenir une hauteur de 100 pieds, et semble confirmer que l'incursion en dessous de 100 pieds n'était pas envisagée par lui à ce stade. En effet, en dessous de 100 pieds cette protection n'est pas active.

5. La demande d'assistance au pilotage faite au copilote ne peut s'expliquer que par la crainte de l'inconfort d'une action à cabrer soutenue et de longue durée, ce qui paraît indiquer que le commandant de bord pensait avoir le temps de faire un palier prolongé au-dessus de la piste à l'incidence maximale stabilisée.

6. La demande faite au copilote de maintenir le palier en ajustant le régime des moteurs confirme la remarque précédente.

7. La remise en poussée des moteurs était prévue pour être faite par le copilote sur ordre (« au TOP ») du commandant. Celui-ci envisageait donc une remise de gaz depuis le régime moteur nécessaire au maintien du vol en palier, c'est-à-dire depuis un régime élevé.

Sur A 320, les démonstrations, à l'instruction, de comportement de l'avion à faible vitesse ne sont faites qu'à partir du vol stabilisé en palier à une vitesse voisine de la vitesse minimale, donc avec une poussée voisine de la poussée d'équilibre à l'incidence maximale. La remise des gaz s'effectue alors à partir d'un régime élevé et la reprise d'altitude apparaît comme immédiate, l'avion restant à l'incidence maximale. Il est à noter

que ce type de démonstration est très impressionnant : monter commandé de profondeur à plein cabré tout en effectuant des manœuvres de roulis donne un sentiment de grande sécurité.

8. La hauteur de 100 pieds prévue pour le deuxième passage à grande vitesse n'est pas conforme avec la note DO ND 50420, qui prévoit une hauteur minimale de 300 pieds pour ce type de passage. Le choix de la hauteur de 100 pieds a donc, peut-être, été fait en fonction d'une connaissance partielle de cette note.

La commission observe que :

- l'objectif de palier prolongé tel qu'il est évoqué en 5 n'est pas réalisable (longueur de piste). Il y a par ailleurs imprécision quant au point de remise de gaz.

Ces deux éléments mettent en évidence le caractère incomplet de la préparation du vol :

- la répartition des tâches en ce qui concerne la vigilance extérieure et la surveillance instrumentale n'est pas évoquée ; même si cette répartition pouvait sembler évidente pour chacun des pilotes, cet aspect aurait dû être traité en raison du caractère du vol (vol de présentation et, de plus, équipage de deux commandants de bord instructeurs) ;
- le commentaire du commandant de bord indiquant qu'il a déjà fait cette manœuvre vingt fois est vraisemblablement pertinent quant au nombre, mais non quant à la hauteur à laquelle la protection d'incidence a été activée lors de ses entraînements et séances d'instruction.

2.3. Déroulement du vol

Après une attente de six minutes en raison du trafic, l'appareil s'aligne sur la piste et décolle à 12 h 41. Il vire à droite immédiatement après pour prendre le cap vers le terrain d'Habsheim. Le décollage et la montée vers 2 000 pieds QNH durent deux minutes, pendant lesquelles les pilotes sont occupés par la gestion du vol et par des alarmes intempestives entraînant, de la part du commandant de bord, des remarques qui confirment sa très bonne connaissance de la machine.

Puis l'équipage s'emploie à repérer le terrain d'Habsheim, qu'il ne connaît pas ; la mise en descente ne se fait (avec une vitesse au départ de 190 kt) qu'à une distance de 5,5 Nm de celui-ci, distance qui s'est révélée trop courte pour réaliser la perte de hauteur et la décélération souhaitées suffisamment rapidement pour permettre le palier stabilisé.

Pendant la descente, le copilote prend contact avec la tour d'Habsheim et lui indique : « on fait le passage basse altitude et basse vitesse », ce qui correspond au briefing et ne suscite pas de remarque de la part du commandant de bord ; le contrôleur indique alors le calage altimétrique QFE ; les deux pilotes le répètent et indiquent qu'ils l'ont affiché et vérifié.

Le commandant de bord demande au copilote de lui confirmer qu'il s'agit bien du terrain alors qu'il passe 450 pieds mesurés au radioaltimètre.

On peut expliquer cette demande par l'habitude d'effectuer des vérifications à toutes les phases du vol, notamment pendant l'approche.

D'autre part, à ce moment, le pilote est sans doute en train de rechercher la piste au-dessus de laquelle il doit évoluer. Ce n'est qu'en voyant la foule des spectateurs qu'il décide, selon ses déclarations, de survoler la 34 R, sans toutefois le préciser au copilote.

L'annonce du GPWS à 300 pieds radiosonde provient du fait que ce dernier n'était pas en mode « volets 3 ». Le gong qui suit correspond, d'après l'équipage, à la coupure du GPWS. Cette manœuvre a été effectuée au lieu de la sélection du mode « volets 3 », vraisemblablement pour éviter toute alarme ultérieure pendant la présentation.

A 12 h 45 mn 11 s, le copilote fait un commentaire sur l'officier de sécurité des vols d'Air France, dont la fonction consiste, entre autres, à étudier les vols pour lesquels les marges de sécurité n'ont pas été respectées. Ce commentaire peut être interprété de différentes manières : soit il s'agit d'autosatisfaction anticipée devant la présentation prévue, soit, plus probablement, selon la commission, d'une mise en garde destinée au commandant de bord.

On note que le copilote s'interrompt au milieu de sa remarque, au moment de l'annonce sonore « 200 pieds » de la radiosonde. Les pilotes perçoivent donc cette annonce (sans peut-être l'identifier) dont le volume sonore est suffisant pour justifier l'interruption de la phrase en cours, bien que tous deux utilisent leurs écouteurs (l'annonce de la radiosonde n'est diffusée que par le haut-parleur du poste de pilotage et non dans les écouteurs, mais ceux-ci, d'un type léger, sont perméables aux bruits d'ambiance).

A 12 h 45 mn 14 s, le copilote prévient le commandant de bord qu'ils atteignent la hauteur prévue pour le palier : « Bon, t'arrives à 100 pieds, fais, fais... ».

Là encore, le copilote s'interrompt au moment de l'annonce 100 pieds de la radiosonde, ce qui montre qu'il a perçu le son de celle-ci. De plus, cette coïncidence indique que soit il utilisait la radiosonde comme référence altimétrique, soit les indications de l'altimètre étaient cohérentes avec celles de la radiosonde.

Compte tenu de la remarque de 12 h 45 mn 32 s (« Fais gaffe aux pylônes en face... ») on peut penser que le « Fais, fais... » correspond au début d'un nouvel avertissement, l'avion arrivant à la hauteur choisie avec une vitesse de descente encore importante (600 pieds/mn environ).

Le commandant de bord aux commandes ne réagit ni aux annonces radiosondes de 50 et 40 pieds, ni à une éventuelle lecture instrumentale, quant à l'avertissement relatif aux pylônes, il l'écarte d'une courte phrase (« Ouais, ouais, t'inquiète pas »).

La radiosonde restant par la suite inférieure à 100 pieds, la protection Alpha Floor se trouve automatiquement désactivée.

Un problème de référence se pose pour la marge de survol à 100 pieds : les indications du radioaltimètre ne sont valables qu'en terrain plat ou en profil topographique connu à des points bien balisés radioélectriquement (approches ILS). Par ailleurs, l'altimètre est un instrument dont la précision intrinsèque est à basse altitude de l'ordre de 30 pieds. En effet, la pression de référence altimétrique est fournie à 0,5 hPa près, ce qui correspond à 15 pieds. Un survol basse hauteur basé sur l'altimètre n'est donc pas, *a priori*, réalisable de façon précise.

Ces considérations ont pu conduire l'équipage à n'accorder qu'une confiance limitée à ces deux indications instrumentales.

Si la descente constatée au-dessous de la hauteur prévue n'est pas volontaire, cela suppose que le commandant pilote à vue et qu'il n'a pas enregistré les annonces orales de la radiosonde, étant occupé par d'autres tâches. Il est intéressant de préciser les différents facteurs ayant pu l'induire en erreur :

- il évolue sur un terrain qu'il ne connaît pas et qu'il n'a pas eu la possibilité d'étudier puisqu'il ne l'a pas reconnu auparavant (ni au sol, ni en vol). Il n'a eu également que peu de temps pour consulter son dossier, au demeurant fort succinct. Il n'a donc pas de repères géographiques précis ;
- alors qu'il a l'habitude d'utiliser des pistes de 2 à 3 000 mètres de longueur, avec des tours de contrôle de 100 pieds de hauteur environ, il se trouve sur une bande gazonnée de 800 mètres de longueur avec une tour haute de 40 pieds ; l'effet d'échelle peut donc créer une fausse impression et lui laisser penser qu'il est à la hauteur prévue ;
- compte tenu de l'assiette très cabrée de l'avion, les yeux du pilote se trouvent beaucoup plus haut que la partie arrière du fuselage et son impression visuelle, quant à la marge de hauteur de l'avion par rapport aux obstacles, est faussée ;
- de plus, les arbres n'entraînent, en début de survol, qu'une perception de changement de couleur, et non de relief, par rapport à l'herbe de la piste ; l'équipage ne les a sans doute perçus comme obstacle que très tardivement, comme l'indique la remarque du copilote qui se préoccupe des pylônes se trouvant à 1,5 kilomètre environ, mais pas des arbres tout proches.

D'autre part, à travers sa réponse à la mise en garde précédente : « Ouais, ouais, t'inquiète pas », et de sa remarque pendant le briefing : « Je l'ai fait 20 fois », on sent le pilote très confiant. On peut essayer d'expliquer cet état d'esprit par les considérations suivantes :

- du fait de sa participation à la mise au point des simulateurs A 320 et au développement de l'avion, il connaît mieux l'A 320 que la majorité de ses collègues ;
- il a souvent effectué des manœuvres similaires en altitude et au simulateur ; il connaît toutes les protections particulières introduites dans les lois de pilotage de l'A 320, notamment la protection contre le décrochage, il a donc pu se croire totalement protégé pour son passage à grande incidence, même à très basse hauteur ;
- ces mêmes manœuvres étant généralement effectuées avec un régime moteur stabilisé très supérieur au ralenti, la poussée s'établit très rapidement, permettant un gain d'altitude immédiat.

De plus, un meeting aérien est une situation idéale pour la démonstration des possibilités de l'A 320, dont il est un ardent promoteur. Le choix d'un passage à l'incidence maximum

résulte peut-être aussi de l'ambiance créée par la « fête aérienne » au sol et à bord, et de la présence de passagères dans le poste de pilotage.

A 12 h 45 mn 26 s, alors qu'il met l'avion en palier, le commandant de bord indique qu'il dégage l'autopoussee ; cette opération a déjà été effectuée à 12 h 41 mn 58 s. Le commandant a précisé ultérieurement qu'il s'agissait là « d'un coup de sécurité », destiné à garantir l'application de la pleine poussée dès qu'il le souhaiterait.

On peut noter que cette action était inutile pour l'objectif recherché : quelle que soit la situation de l'autopoussee, la montée en puissance des réacteurs est identique lorsque les manettes sont amenées dans le cran TOGA.

A 12 h 45 mn 34 s 5/10, alors que l'avion passe par le travers de la tour de contrôle, le commandant de bord met rapidement les manettes de gaz dans le cran correspondant à la poussée maximale (TOGA). Ce n'est pas conforme au programme qui prévoyait une remise des gaz progressive et partielle effectuée par le copilote pour tenir le palier à l'incidence maximale puis une remise de gaz jusqu'à TOGA par le copilote également.

Trois secondes après avoir remis les gaz, il amène progressivement la commande de profondeur à fond à cabrer.

Il est probable que ces actions (remise de gaz et ordre à cabrer) du commandant de bord ont été motivées par la soudaine prise de conscience du danger.

A ce moment l'appareil se trouve à faible vitesse, et à très basse hauteur, il n'a plus de réserve d'énergie, ni cinétique ni potentielle.

D'autre part les moteurs, au ralenti vol au moment de la remise de gaz, ne peuvent fournir instantanément une poussée importante en raison de leur inertie. On explique très bien l'impression de non-réponse des moteurs qu'ont eue les pilotes (impression également ressentie par les membres de la commission lors des vols de reconstitution). L'accélération des moteurs est en effet plus lente aux faibles régimes : il faut quatre secondes pour passer de 29 p. 100 N1 à 67 p. 100 N1 et seulement une seconde pour passer de 67 p. 100 N1 à 83 p. 100 N1, régime obtenu au moment du premier contact avec les arbres cinq secondes après le début de remise de gaz.

Les régimes des moteurs augmentent au moins jusqu'à 91 p. 100 (dernière valeur obtenue par analyse spectrale de la bande sonore de l'enregistrement vidéo de l'accident) mais, à ce moment là, la partie arrière du fuselage a déjà accroché les arbres, créant une traînée supplémentaire qui empêche l'avion de reprendre de l'altitude. Par la suite les moteurs absorbent une grande quantité de feuilles et branches, qui sont hachées au niveau du compresseur et viennent colmater l'entrée des chambres de combustion provoquant l'arrêt des deux moteurs. L'appareil s'enfonce dans les arbres qui le freinent rapidement.

3. CONCLUSIONS

3.1. Faits établis par l'enquête

L'appareil était en état de navigabilité.

La masse et le centrage étaient dans les limites autorisées ; les erreurs dans leur calcul n'ont eu aucune influence sur le vol.

La commission n'a mis en évidence aucun défaut de fonctionnement de l'avion ou de ses équipements qui aurait pu contribuer à mettre en cause la sécurité ou augmenter la charge de travail de l'équipage pendant la phase finale du vol.

L'équipage détenait les brevets, licences (en état de validité) et qualifications requis pour l'exploitation de l'appareil.

Les deux pilotes faisaient partie de l'encadrement dans leur compagnie et participaient, à des titres divers, au développement et à la mise en service de l'A 320.

Aucun des deux n'avait réalisé de présentation en vol auparavant.

Il n'a été mis en évidence, en ce qui concerne l'équipage, aucun facteur physiologique ou antécédent médical ayant pu jouer un rôle dans l'accident.

Le programme du vol prévoyait des passages au-dessus du terrain de Mulhouse-Habsheim dans le cadre d'une manifestation aérienne.

Pour préparer ce vol, l'équipage disposait d'un dossier succinct pour la partie qui concerne les passages.

L'équipage n'avait qu'une information partielle sur l'organisation de la manifestation aérienne, en particulier en raison de l'absence de contact préalable entre les organisateurs et l'équipage.

Pendant le roulage au sol à Bâle-Mulhouse avant le décollage, le commandant de bord avait précisé ses intentions pour les passages à Habsheim : passage à 100 pieds avec volets en

position 3 et train sorti, décélération en palier jusqu'à la vitesse minimale de vol correspondant à l'incidence maximale, stabilisation à cette vitesse minimale, puis remise de gaz sur ordre du commandant de bord. Puis un deuxième passage à grande vitesse à 100 pieds également.

L'équipage n'a localisé le terrain que tardivement.

La mise en descente s'est faite à 12 h 43 mn 44 s à 5,5 milles nautiques du terrain, les moteurs étant réduits jusqu'au ralenti vol pendant toute la descente au cours de laquelle la vitesse a régressé.

En arrivant à une hauteur de 100 pieds, le taux de descente était encore de 600 pieds/mn environ.

Le pilote a fait un palier à une hauteur de 30 pieds environ, moteurs au ralenti vol, assiette en augmentation. Il n'a pas eu le temps de stabiliser l'incidence à la valeur maximale qu'il avait choisie.

La remise des gaz, rapide, a eu lieu entre 12 h 45 mn 34 s et 12 h 45 mn 35 s, l'incidence étant alors de 15° et la vitesse de 122 nœuds.

La réponse des moteurs a été normale et conforme aux obligations de la certification.

L'appareil a touché les arbres entre 12 h 45 mn 39 s et 12 h 45 mn 40 s avec la partie arrière du fuselage puis s'est enfoncé lentement dans la forêt par suite de la traînée induite et de la perte de puissance des moteurs consécutive à l'ingestion de feuilles et branches.

Un incendie très violent s'est déclenché immédiatement, principalement à droite de l'appareil, et les flammes ont pénétré dans la cabine dès l'arrêt de l'avion.

L'évacuation a immédiatement été déclenchée par l'équipage commercial par les portes avant et arrière gauche.

Trois passagers n'ont pu sortir de la cabine et ont péri carbonisés.

3.2. Causes probables

3.2.1. Cause

La commission estime que l'accident résulte de la conjonction des conditions suivantes :

- hauteur de survol du terrain très faible, et inférieure aux obstacles environnants ;
- vitesse très lente, en régression pour atteindre l'incidence de vol maximale possible ;
- régime des moteurs au ralenti vol ;
- remise des gaz tardive.

Cette conjonction de conditions a conduit à l'impact de l'avion avec les arbres.

Elle estime également que si la descente en dessous de 100 pieds n'a pas été délibérée, elle a pu découler d'une mauvaise prise en compte des informations visuelles ou sonores susceptibles de préciser la hauteur de l'appareil.

3.2.2. Autres facteurs

La commission a noté, en outre, que les divers facteurs suivants ont contribué à placer l'équipage dans une situation qu'il n'a pas su maîtriser :

- la préparation du vol a été insuffisante, notamment en raison du caractère succinct du dossier fourni tardivement et de l'information concernant la manifestation aérienne ;
- la répartition des tâches prévue pour le survol par l'équipage a été incomplète et n'a pas été respectée ;
- l'ambiance de fête tant pour les passagers que pour les spectateurs a pu se transmettre au commandant de bord ;
- l'A 320 présente des caractéristiques nouvelles qui ont pu induire dans l'esprit du commandant de bord un excès de confiance ;
- ces caractéristiques nouvelles de l'avion ont été parfois attaquées et le commandant de bord voulait le défendre ;
- aucun des deux pilotes n'avait l'expérience de telles présentations en vol ;
- l'identification tardive du terrain a entraîné une certaine précipitation des événements et la réalisation de la descente puis de la totalité du passage au-dessus de la piste avec les moteurs pleins réduits et sans stabilisation des paramètres de vol ;
- aucun des deux pilotes n'avait l'expérience de remise de gaz à partir du ralenti vol dans des conditions similaires.

4. RECOMMANDATIONS

4.1. Préparation administrative et technique des vols

4.1.1. La commission d'enquête a constaté que le vol de l'accident avait fait l'objet d'une préparation succincte sans réelle concertation, ni entre les services intéressés, ni avec l'équipage.

La commission recommande que :

- la préparation de tels vols (participation à des manifestations aériennes) comprenne au minimum, et en plus des actions déjà explicitement prévues par la réglementation :
- l'établissement d'un dossier de sécurité complet précisant les paramètres de vol à respecter et les consignes à appliquer en cas de panne ;
- une réunion entre l'équipage et les services ayant participé à la préparation du vol, organisée avec un délai raisonnable avant la date programmée du vol ;
- une reconnaissance effective des lieux où le vol doit se dérouler,
- et, si possible, une ou des répétitions sur simulateur de vol représentatif, comportant une sensibilisation sur les aspects critiques pouvant résulter du non-respect des paramètres de vol, en particulier en cas de panne.

4.1.2. La présence de passagers à bord, prévue par le contrat d'affrètement de ce vol, a contribué, lors de l'accident, à aggraver les conséquences pour les personnes.

La commission d'enquête recommande que :

- ce type de vol (participation à des manifestations aériennes) soit effectué sans passagers avec un équipage minimum comprenant uniquement les personnels nécessaires à la conduite du vol, les seules manœuvres autorisées avec passagers étant celles prévues au manuel d'exploitation.

4.1.3. La commission a constaté que la note interne Air France DOND 50420 fixait certaines règles non conformes à la réglementation.

La commission recommande :

- la vérification de la conformité des règlements internes des compagnies aériennes avec la réglementation officielle.

4.2. Formation des équipages

4.2.1. Personnel navigant technique

4.2.1.1. La commission d'enquête a constaté que les pilotes avaient prévu d'effectuer une évolution aux limites du domaine de vol, et que, par ailleurs, le rôle de chacun n'avait pas été prévu avec précision.

La commission recommande que :

- il soit rappelé aux pilotes de ligne que leur tâche consiste à appliquer avec rigueur des procédures standard et bien définies ;
- en conséquence, leur formation soit davantage axée sur le souci de la sécurité nécessitant le maintien permanent de conditions standard de vol ;
- pour la formation A 320 en particulier, les pilotes soient sensibilisés sur le fait que les limitations en performances demeurent, comme pour tout autre avion, malgré les nombreuses protections automatiques (notamment vis-à-vis du décrochage et des cisaillements de vent) ;
- dans les cas des vols avec des membres d'équipage de même niveau hiérarchique, la fonction de chacun et la répartition des tâches soient particulièrement bien explicitées.

4.2.1.2. L'enquête a montré qu'aucun des membres d'équipage n'avait auparavant effectué de présentation en vol ni suivi une formation ou un entraînement spécifique.

La commission recommande que :

- les équipages devant éventuellement effectuer des présentations en vol reçoivent une formation et un entraînement spéciaux et adaptés, lesquels ne sont du ressort ni de la formation de base ni de la qualification de type.

4.2.2. Personnel navigant de cabine

4.2.2.1. Au cours des entretiens avec des personnels navigants, impliqués ou non dans l'accident, il est apparu qu'à l'issue du stage de spécialisation sur A 320 il subsistait pour certains personnels navigants de cabine des doutes, au sujet de certains équipements de communication et de sécurité, ces doutes n'étant levés qu'avec la pratique en ligne grâce à des explications d'autres personnels et à des manipulations sur avion pendant les escales.

La commission recommande que :

- le stage de qualification machine soit renforcé, et qu'on insiste sur l'emplacement et l'utilisation des équipements de sécurité (issues de secours, système de communication, mégaphone, cagoules anti-fumée...). Une manipulation de chacun des équipements de sécurité devrait être effectuée par chaque stagiaire sur avion réel ou sur maquette de démonstration.

4.2.2.2. L'évacuation s'est mieux déroulée à l'arrière qu'à l'avant de l'appareil. L'expérience du personnel de cabine qui y était placé, et qui avait déjà été confronté à une situation similaire, y a certainement contribué de façon significative.

La commission recommande que :

- soient étudiés des moyens de simulation d'ambiance réalistes pour la formation et l'entraînement des personnels navigants de cabine.

4.2.2.3. Plusieurs passagers ont indiqué dans leurs témoignages que la maîtrise et les paroles rassurantes des personnels navigants de cabine les avaient aidés à évacuer rapidement et dans le calme.

La commission suggère que :

- les personnels navigants de cabine soient davantage sensibilisés à l'effet psychologique que peuvent avoir leurs paroles et leur comportement.

4.3. Aéronef

4.3.1. La commission a constaté que certaines anomalies de fonctionnement n'ayant joué aucun rôle dans l'accident (défauts mentionnés dans les comptes rendus mécaniques) avaient été corrigées depuis sur les appareils en service. Elle n'estime donc pas avoir à formuler de recommandation à leur sujet.

4.3.2. La commission a constaté que les annonces sonores de la radiosonde et les alarmes sonores n'étaient transmises que par les haut-parleurs du poste d'équipage et non par les casques des pilotes.

La commission recommande :

- d'étudier s'il serait judicieux de transmettre l'ensemble des alarmes et annonces sonores dans les casques des pilotes.

4.3.3. Lors de l'accident, les deux enregistreurs se sont arrêtés presque simultanément avant l'arrêt final de l'avion et sa destruction par le feu ; la cause exacte de ces arrêts n'a pu être déterminée, toutefois l'hypothèse la plus probable envisage la rupture des câbles d'alimentation des deux enregistreurs, ceux-ci se trouvant dans le même toron de câbles.

La commission recommande que :

- dans le cas d'enregistreurs de conversations et de paramètres séparés, les cheminements des câbles soient également séparés.

4.3.4. Compte tenu des circonstances de l'accident, les matériels de communication n'ont pas été utilisés. Toutefois l'étude des comptes rendus d'aménagement cabine et les entretiens avec divers personnels navigants de cabine amènent la commission à recommander que :

- le système de fixation du combiné sur la paroi de la cabine soit renforcé ;
- le système d'interphone cabine et appels PNC/PNT/PNC soit ramené automatiquement dans la fonction « Public Address » chaque fois que le combiné est raccroché sur son support, de manière que les personnels navigants de cabine puissent transmettre aux passagers les messages d'urgence très rapidement et en utilisant une seule main (actuellement, le système est remis à zéro après chaque utilisation, deux opérations sont donc nécessaires pour parler : sélection de la fonction choisie puis pression sur la pédale du combiné pour parler).

Par ailleurs, la commission a constaté que l'erreur de programmation de l'allumage automatique de l'éclairage de secours a été corrigée ; elle n'estime donc pas avoir à faire de recommandation.

4.3.5. Dans leur réponse au questionnaire sur l'évacuation, 11 passagers ont indiqué qu'ils avaient eu du mal à ouvrir leur ceinture et pour certains avaient dû se faire aider ; ces difficultés tenaient à leur méconnaissance de la procédure d'ouverture de la boucle de ceinture.

Par ailleurs, il faut noter que, pour ouvrir ce type de ceinture, il faut soulever une palette puis écarter les deux demi-sangles.

En conséquence, la commission recommande que :

- au cours des démonstrations de sécurité avant chaque vol, on montre comment utiliser la ceinture de sécurité (fermeture, serrage, ouverture) ;
- ces procédures soient également indiquées dans la notice contenant les consignes de sécurité destinée aux passagers ;
- l'attention des constructeurs de ceintures de sécurité soit attirée sur l'intérêt de prévoir des systèmes de déverrouillage tels qu'une seule action simple provoque à la fois le déverrouillage et la séparation des deux demi-sangles.

4.3.6. Parmi les passagers ayant répondu au questionnaire mentionné ci-dessus, 50 p. 100 (soit 49 personnes) ont déclaré qu'ils avaient heurté de la tête le dossier du siège les précédant, entraînant pour certains une perte de connaissance partielle.

La commission recommande que :

- des études soient entreprises pour que la conception des futurs sièges prenne en compte ce problème potentiel.

4.4. Organisation des secours

Après l'accident, les véhicules de secours ont eu des difficultés à rejoindre la zone de l'accident, l'unique voie d'accès au lieu de la manifestation aérienne (et également au lieu de l'accident) étant encombrée par de très nombreux véhicules particuliers.

De plus, les camions de lutte contre l'incendie n'ont pu accéder à l'épave, leur taille étant trop importante pour qu'ils puissent emprunter les chemins forestiers, et seuls quelques petits véhicules ont pu arriver jusqu'à l'avion.

La commission d'enquête recommande que lors de l'organisation d'une manifestation aérienne :

- on préserve un libre accès à l'aérodrome pour les véhicules de secours ;
- les moyens de secours mis en place soient adaptés à l'environnement.

5. APPROBATION DU RAPPORT

Le présent rapport a été adopté à l'unanimité par les membres de la commission d'enquête le 30 novembre 1989.

Le président de la commission,
CLAUDE BÉCHET

Le vice-président de la commission,
FRANÇOIS GONIN

L'ingénieur général de la météorologie,
BERNARD FARTHOUAT

Le médecin général,
ROBERT AUFFRET

*Le pilote inspecteur, membre de l'organisme
du contrôle en vol,*
PHILIPPE GOURGUECHON

L'ingénieur en chef de l'aviation civile,
PAUL ARSLANIAN

L'ingénieur du bureau Enquêtes-accidents,
JEAN-PAUL DE VILLENEUVE

Note de l'auteur du site

Suivent ensuite 32 pages d'annexes dont 5 pages de cartes et photos impossibles à reproduire vu leur mauvaise qualité de reproduction et d'impression.

Puis 8 pages de retranscriptions radio entre la tour de contrôle de Bâle-Mulhouse, puis celle de Habsheim avec l'avion. Seules les dernières minutes du vol sont reproduites ici, les seules apportant des renseignements sur les causes de l'accident.

Suivent ensuite 18 pages de listing de paramètres, sans aucune courbe de synthèse. Seule la première page est reproduite ici.

Enfin, la note de H Petit autorisant l'avion à voler à 100 pieds

TEMPS	DE	CONVERSATIONS	RADIO	BRUITS, ALARMES commentaires
12 h 44' 17"	Copi		OK, on fait le passage basse altitude et basse vitesse 296 Q.	Bruits aérodynamiques du train.
12 h 44' 22"	CTL		Bien reçu.	
12 h 44' 23"	CDB	Volets 2.		Clac.
12 h 44' 27"	CTL		Le QNH est à Habsheim 1012 Fox Echo 9.8.4.	
	CDB	D'accord.		
12 h 44' 31"	Copi		Reçu.	
12 h 44' 32"	CDB	9.8.4 tu mets 9.8.4.		
12 h 44' 34"	Copi	9.8.4 affiché QFE !		
12 h 44' 37"		Bon le train est sorti ; volets 2 !		
12 h 44' 42"	CDB	Volets 3.		
12 h 44' 45"	Copi	Volets 3 !		
	CDB	C'est bien ça le terrain, tu confirmes ?		
12 h 44' 48"	Copi	Affirm.		
12 h 44' 51"	Copi	Tu le vois LL 01, on arrive dessus là t'es à 1 nautique, c'est ça.		
12 h 44' 55"	CDB			GONG. (Nose Wheel Steering Valve selon l'équipage.)
	Copi	OK !		« Too Low Terrain », (GPWS). Gong (coupures GPWS selon l'équipage).
12 h 45' 04" 7/10				« Two hundred » (radiosonde allusion à l'officier de sécurité des vols de la compagnie.
12 h 45' 05" 7/10				
12 h 45' 11"	Copi	P... G... !		
12 h 45' 11" 4/10				« Two hundred » (radiosonde).
12 h 45' 12"	Copi	G... y va b... hein !		Continuation de la réflexion précédente.
12 h 45' 14"	Copi	Bon, t'arrives à 100 pieds là fais, fais.		
12 h 45' 15" 3/10				« One hundred » ! (radiosonde).
12 h 45' 19" 1/10				« Forty » (radiosonde).
12 h 45' 23" 8/10				« Fifty » (radiosonde).
12 h 45' 26"	CDB	Bon, j'y vais bien là, débrayer l'auto-manette.		
12 h 45' 27" 5/10				« Forty » (radiosonde).
12 h 45' 32"	Copi	Fais gaffe aux pylônes en face, hein ! t'as maté ?		
12 h 45' 33"	CDB	Ouais, ouais, t'inquiète pas.		
12 h 45' 34" 5/10				Crac ! Crac ! Crac ! (cran manettes puissance.)
12 h 45' 35" 3/10				« Thirty » (radiosonde).
12 h 45' 36" 2/10				« Thirty » (radiosonde).
12 h 45' 37"	Copi	TOGA/SRS		
12 h 45' 38" 3/10				« Thirty ! » (radiosonde).
12 h 45' 39"	Copi	Go around track.		Augmentation des régimes moteurs.
12 h 45' 39" 9/10	CDB	M... !		Bruits d'impact dans les arbres.
12 h 45' 41" 5/10		FIN DE BANDE		

ANNEXE IX

DIRECTION DES OPÉRATIONS AÉRIENNES
Commandement
N° RÉF. DO.ND 50 420/JGJSJ

Roissy, le 19 octobre 1987

Destinataire : DO.VB - DO.VH - DO.VA - DO.VN - DO.VS - CEP.PN - CAR.GN

Ampliataires : DG.DT - DG.GN - DT.TI - DO.NR - DO.NY

Codes de réf.

Objet : vols à des fins touristiques ou de présentation.

P.J.

L'étude de plusieurs cas de vols à basse altitude en commission d'analyse des vols nous amène à vous rappeler que tout vol, ou partie de vol, à but touristique ou de présentation doit faire l'objet successivement :

- 1° D'une définition précise, par la division de vol concernée, des conditions de réalisation (distance, altitude, configuration,...) et de la répartition des tâches correspondantes en fonction de l'objectif visé ;
- 2° D'une autorisation écrite de DO.ND avec information à DO.NY ;
- 3° D'une préparation minutieuse au sol et d'un briefing complet de l'équipage avant l'exécution de la phase de vol concernée.

Les règles générales à respecter sont :

- une hauteur minimale d'évolution de 600 ft sonde ;
- une hauteur minimale de survol de piste de 100 ft en configuration atterrissage et de 300 ft en lisse.

D'autres règles plus restrictives tenant compte des conditions (météo, type d'avion, environnement, relief, trafic,...) pourront être retenues.

La non-application de l'une de ces règles conduirait à la présentation du cas en commission d'analyse des vols.

Il en serait bien évidemment de même pour toute anomalie au sens habituel de l'analyse systématique des vols (inclinaison ou vario excessifs, GPWS, dépassement des limitations (VFE, EGT, etc.).

Ces vols, importants du point de vue de notre image de marque, doivent être préparés et réalisés avec grand soin et ces quelques règles sont de nature à y contribuer.

Je suis convaincu que vous aurez à cœur de les respecter.

H. PETIT