

RAPPORT relatif à l'accident survenu le 20 janvier 1995 sur l'aérodrome du
Bourget
au Falcon 20 E immatriculé F-GHLN exploité par la Compagnie LEADAIR UNIJET

F-LN950120

AVERTISSEMENT

Le présent rapport exprime les conclusions techniques auxquelles est parvenu le Bureau Enquêtes-Accidents sur les circonstances et les causes de cet accident. Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, l'analyse de l'événement n'a pas été conduite et les conclusions et recommandations de sécurité n'ont pas été formulées de façon à établir des fautes ou évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Leur seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents. Dans cette démarche, parce que le doute doit profiter à la sécurité, certaines des recommandations proposées peuvent concerner des points dont la démonstration rigoureuse n'a pas toujours pu être apportée, ou qui sont même parfois sans relation directe avec les causes de l'accident. De plus, ce rapport a été rédigé au terme d'investigations approfondies et s'appuie donc sur des connaissances qui peuvent différer notablement de celles qui prévalaient au moment de l'accident. Enfin, bien que les personnes et organismes dont la consultation a été jugée opportune aient été invitées à présenter leurs observations en temps utile, l'enquête n'a pas été menée de façon contradictoire. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention de futurs accidents pourrait conduire à des interprétations erronées.

SYNOPSIS

Date de l'accident

Le vendredi 20 janvier 1995

vers 16h30 UTC

Aéronef

Falcon 20 E "Fan Jet Falcon Série E"

immatriculé F-GHLN

Lieu de l'accident

Aéroport du Bourget (LFPB)
93359 Le Bourget

Propriétaire

Société Lyonnaise de Crédit Bail "SLIBAIL"

Nature du vol

Transport public de passagers

(non régulier)

Exploitant

LEADAIR UNIJET

Personnes à bord

7 passagers
2 PNT
1 PNC

Résumé

Au cours du décollage en piste 25, immédiatement après la rotation, une avarie non contenue du moteur gauche se produit à la suite d'une ingestion d'oiseaux. Des éléments du moteur, éjectés à grande vitesse, perforent le fuselage et les nourrices de carburant qui y sont placées. Un incendie se développe dans le compartiment arrière de l'avion. La tour de contrôle alerte le service sécurité incendie et sauvetage et avise l'équipage qu'il peut atterrir à sa convenance. L'avion vire par la gauche pour un atterrissage d'urgence en

piste 25. Pendant tout le circuit, de nombreux témoins voient l'arrière de l'avion en feu. Celui-ci s'écrase à hauteur du seuil de la piste 21, glisse sur environ 400 mètres et brûle.

Conséquences

	<i>Blessures mortelles</i>	<i>Matériel</i>	<i>Chargement</i>
<i>Equipage</i>	3	détruit	détruit
<i>Passagers</i>	7		

1- RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 20 janvier 1995, le Falcon 20 E immatriculé F-GHLN exploité par LEADAIR UNIJET doit effectuer un vol IFR entre le Bourget et Sibiu (Roumanie) sous l'indicatif opérationnel LEA 001N.

L'équipage technique est composé de deux pilotes, l'équipage commercial d'une hôtesse. Il y a sept passagers qui doivent participer à une chasse et dont les bagages comprennent en particulier des fusils et des munitions. Compte tenu de l'exiguïté de la soute, un des sièges de la cabine a été utilisé pour y arrimer une partie des bagages.

L'avion décolle en piste 25 vers 16h30 après avoir attendu la fin d'un orage qui a sévi sur le terrain de 16h00 à 16h25. Le balisage de piste est allumé.

Le contrôleur ayant l'avion en contact radio aperçoit une lueur au niveau du réacteur gauche aussitôt après que l'avion ait effectué la rotation, puis, quelques secondes plus tard, une flamme beaucoup plus importante. L'alerte rouge est déclenchée. Le contrôleur informe l'équipage que les pompiers sont prévenus et qu'il peut se poser à sa convenance. L'équipage annonce "qu'il se repose en 25". Le contrôleur voit passer l'avion au dessus du seuil de piste 07 (cf.) et virer à gauche pour passer en vent arrière. Pendant ce trajet, de nombreux témoins voient l'arrière de l'avion en feu.

A environ 16h32, l'avion heurte le sol à l'intersection des deux pistes au travers du seuil de piste 21 et glisse sur plus de 400 mètres (cf. [annexe 1](#)). Le poste d'équipage et la cabine sont la proie des flammes. Le véhicule du Service Sécurité Incendie et Sauvetage de l'aéroport arrive sur les lieux vers 16h33 et entreprend de combattre l'incendie. Les pompiers constatent qu'il n'y a pas de survivants.

Des débris de réacteur jonchent les abords de la piste 07/25. Des débris divers de l'aéronef sont également découverts sous sa trajectoire.

Une quinzaine de vanneaux huppés morts sont découverts à l'intersection des pistes.

1.2 Tués et blessés

	équipage	passagers
blessures mortelles	3	7

N.B. : un chien, présent à bord, a également été tué dans l'accident.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été entièrement détruit par l'impact et par l'incendie.

1.4 Autres dommages

Au seuil de la piste 21, le revêtement de la piste est endommagé sur environ 100 m². Quatre feux blancs omni directionnels de bord de piste ont été détruits.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Equipage de conduite

Conformément au manuel d'exploitation, l'équipage de conduite était constitué de deux pilotes.

Le copilote, en place gauche, était le pilote en fonction (PF), le commandant de bord accomplissant les tâches dévolues au pilote non en fonction (PNF). Cette situation respecte les procédures définies dans le manuel d'exploitation (partie Ligne).

La société LEADAIR UNIJET étant basée au Bourget, ses pilotes ont une grande expérience de cet aéroport.

1.5.1.1 Commandant de bord

Agé de 51 ans, le commandant de bord était employé par LEADAIR UNIJET depuis le 11 mars 1991 en tant que salarié.

1.5.1.1.1 Brevets et Licences

Brevet de pilote privé n° 18897 du 26 juin 1966 ; brevet de pilote professionnel avion n° 4289 du 14 avril 1972 ; brevet de pilote de ligne n° 5408 du 30 septembre 1994 ; licence validée jusqu'au 31 mars 1995 ; apte médicalement.

1.5.1.1.2 Qualifications

- qualification de vol aux instruments le 6 juillet 1972 ;
- qualification de radiotéléphonie internationale le 20 juillet 1977 ;
- qualification de classe D (réacteurs) le 21 septembre 1990 ;
- qualifications de type :

BE 58 le 6 juillet 1972
BN2 le 9 janvier 1973
C310 le 7 juin 1974
Fk 27 le 19 juillet 1978
DA 20 (Falcon 20) le 21 septembre 1990
BE 90 le 6 mars 1991
DA 10 le 1er avril 1991
BE 10/20 le 6 mai 1991

1.5.1.1.3 Expérience

HEURES DE VOL	sur tous types d'avion	dont sur DA 20
totales	6191	668
dans les derniers 90 jours	69	18
dans les dernières 24 heures	2*	0

* sur DA 10

Stage au sol de qualification DA 20 à FLIGHT SAFETY (Le Bourget), effectué du 6 au 24 août 1990.
Instruction en vol du 15 au 20 septembre 1990.

Le maintien et le contrôle des compétences ont été exécutés en conformité avec la réglementation en vigueur (arrêté du 5 novembre 1987) :

- dernier contrôle en ligne sur DA 20 le 19 mai 1994 ;
- dernier contrôle hors ligne sur DA 20 le 9 octobre 1993, et sur DA 10 le 20 juillet 1994.

1.5.1.1.4 Carrière aéronautique

Après des stages de formation en 1969, le commandant de bord a exercé la fonction d'instructeur, puis de pilote dans une société privée, et enfin d'officier pilote de ligne dans diverses compagnies. Sa carrière aéronautique a été interrompue de 1984 à 1989, période durant laquelle il a exercé une fonction technico-commerciale.

Il a été employé ensuite par AIR ENTREPRISE INTERNATIONAL basée au Bourget avant d'entrer à LEADAIR UNIJET en 1991.

1.5.1.1.5 Conditions de travail

Les conditions de travail, en ce qui concerne les horaires de service et périodes de repos, sont conformes à la réglementation (code de l'Aviation Civile). Le commandant de bord avait notamment effectué 31 heures de vol le mois précédent et 12 heures dans le mois en cours.

1.5.1.2 Copilote

Agé de 48 ans, le copilote était employé par LEADAIR UNIJET depuis le 15 janvier 1991 en tant que pilote vacataire.

1.5.1.2.1 Brevets et Licences

Brevet de pilote professionnel avion n° 4183 du 10 février 1972. Licence validée jusqu'au 28 février 1995.
Brevet de pilote professionnel hélicoptère n° 965 du 10 février 1977. Licence non validée.
Apte médicalement.

1.5.1.2.2 Qualifications

- qualification de vol aux instruments le 25 septembre 1991 ;
- qualification de radiotéléphonie internationale le 20 juillet 1977 ;
- qualification de classe D (réacteurs) le 17 mai 1988 ;
- qualifications de type :

MD 312 le 10 février 1972
BE 10/20 le 6 mai 1991
DA 20 le 25 janvier 1992
ND16 (Transall) le 10 février 1992

1.5.1.2.3 Expérience

HEURES DE VOL	sur tous types d'avion	dont sur DA 20	sur hélicoptères
totales	3130	451	2300
dans les derniers 90 jours	15	15	
dans les dernières 24 heures	0	0	

Stage au sol de qualification DA 20 au Bourget, effectué du 6 au 23 janvier 1992. Vol sur DA 20 pour l'obtention de la qualification de type le 25 janvier 1992. Adaptation en ligne du 30 janvier au 10 février 1992.

Le maintien et le contrôle des compétences ont été exécutés en conformité avec la réglementation en vigueur (arrêté du 5 novembre 1987) :

- dernier contrôle en ligne sur DA 20 le 8 septembre 1994 ;
- dernier contrôle hors ligne sur DA 20 le 7 mai 1994.

1.5.1.2.4 Carrière aéronautique

Le copilote a débuté sa carrière aéronautique en 1968 dans l'armée de l'air où il a effectué 2600 heures de vol sur avions (CM 170, T 33, MD 312, ND16, DH6...) et 2300 heures de vol sur hélicoptères (Alouette II, Alouette III et H 34).

Il a suivi le stage PP1/FPC au Centre d'Instruction des Equipages de Transport (CIET-Toulouse) en 1974.

Il était en congé du personnel navigant.

1.5.1.2.5 Conditions de travail

Les conditions de travail, en ce qui concerne les horaires de service et périodes de repos, sont conformes à la réglementation (code de l'Aviation Civile). Le copilote n'avait effectué aucun vol dans le mois en cours.

1.5.2 Personnel navigant commercial

L'équipage commercial se limitait à une seule personne, âgée de 23 ans, employée par la société EXAIR depuis le 6 novembre 1994. Elle était titulaire du certificat de sécurité et sauvetage n° 2721893 délivré le 3 septembre 1993.

Les informations sur l'emplacement et l'utilisation du matériel de secours lui avaient été données par le commandant de bord du F-GHLN.

1.5.3 Personnel du contrôle de la circulation aérienne

1.5.3.1 Tour de contrôle

L'armement prévu de l'organisme du contrôle de la circulation aérienne était de cinq agents plus un en renfort. Quatre ingénieurs du contrôle de la navigation aérienne (ICNA) étaient présents :

- en position "LOC", (aéronefs au décollage et à l'atterrissage) : 43 ans, contrôleur d'approche, qualifié pour tenir la position ;
- en position assistant "LOC", (coordination téléphonique, préparation bande de progression, transfert,..) :

38 ans, contrôleur d'approche, qualifié pour tenir la position ;

- en position "SOL", (circulation des aéronefs au sol, des véhicules) : 37 ans, contrôleur d'approche, qualifié pour tenir la position ;
- en position "PREVOL", (autorisation de mise en route, négociation des clairances de départ avec l'approche de Roissy Charles de Gaulle pour les aéronefs sous plan de vol IFR, mise à jour de l'ATIS) : 32 ans, contrôleur d'approche, qualifié pour tenir la position.

Le Chef de quart était absent. Conformément au manuel d'exploitation, cette fonction était tenue par le contrôleur le plus qualifié, le contrôleur en position " LOC ".

L'agent prévu en renfort était malade.

1.5.3.2 Bureau de piste

L'armement de l'organisme du contrôle de la circulation aérienne, en fonction au bureau de piste (BDP) le 20 janvier correspondait au tableau de service du jour (service de 08h00 à 20h00 locale).

Le BDP du Bourget se compose de deux entités, le BIA et le BDP/CDP.

Les fonctions du BIA (information aéronautique), étaient assurées par deux personnes :

- un chef de quart BIA, âgé de 40 ans ;
- un agent polyvalent, âgé de 39 ans.

Les fonctions du BDP/CDP (bureau de piste, en charge du contrôle des pistes et de la prévention du péril aviaire) étaient assurées par trois personnes :

- un chef de quart BDP/CDP, âgé de 37 ans ;
- un agent polyvalent, âgé de 27 ans ;
- un agent polyvalent, âgé de 32 ans.

D'autre part, dans le cadre général de l'organisation de la prévention du péril aviaire, le chef du BDP/CDP du Bourget était "coordonnateur local" (cf. paragraphe 1.16.1.1). A ce titre, il était le correspondant du STNA pour l'aérodrome.

1.5.4 Personnel du SSIS

1.5.4.1 Organisation et fonctionnement général

L'organisation et le fonctionnement du service sécurité incendie et sauvetage (SSIS) sont conformes à l'arrêté du 5 septembre 1979 et à l'instruction n°20943 DNA/2/G du 11 septembre 1979, modifiée par les instructions complémentaires n° 1,2,3 et 4, l'instruction complémentaire n°4 étant du 19 mai 1994.

Le SSIS du Bourget constitue une antenne rattachée à la section SSIS de Roissy-Charles de Gaulle. Cette antenne arme un véhicule incendie à mousse et à poudre (VIM.P). L'équipe de permanence comprend deux agents.

1.5.4.2 La permanence SSIS du 20 janvier 1995

Dans l'après-midi du 20 janvier 1995, la permanence était assurée par :

- un pompier ayant la qualification pompier hautement qualifié (HQ) appelé "pompier en pied", ayant une grande connaissance de l'infrastructure et une bonne expérience d'intervention sur l'aéroport. Il y effectue deux vacations sur dix,
- un second pompier ayant la qualification pompier hautement qualifié (HQ) effectuant une vacation au Bourget sur vingt-trois en moyenne.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Cellule

Constructeur : Dassault Aviation

Type : Falcon 20 E (DA 20)

Numéro de série : 255

Avion construit en juin 1972

Immatriculation : F-GHLN

Certificat d'immatriculation B 21092 du 10 juillet 1991

Certificat de navigabilité validé le 14 septembre 1993 jusqu'au 19 novembre 1996 " situation V "

Dernière visite de maintenance périodique (type C) en septembre 1994 dans les locaux de Jet Aviation, à Bâle Mulhouse

Temps d'utilisation total : 7865 heures

1.6.2 Moteurs

Constructeur : General Electric Aircraft Engines USA (GE) ;

Type : CF 700-2D-2 à 4500 lbs ;

Type de carburant utilisé : JET A1 (kérosène) ;

Les deux moteurs ont été montés sur le F-GHLN le 4 mars 1994 :

- le moteur gauche totalisait à cette date 5092h/3657 cycles ;

- le moteur droit totalisait à cette date 3171h/2982 cycles.

1.6.3 Entretien de l'avion

L'avion avait été acheté en 1990 par LEADAIR UNIJET à son propriétaire australien (l'avion était basé à Melbourne). Jusqu'au mois de janvier 1990, il a été entretenu par la société australienne JET CARE PTY-Ltd basée à Brisbane.

Par la suite, le F-GHLN a été entretenu par LEADAIR UNIJET. Cette compagnie possède l'agrément pour effectuer l'ensemble des visites prévues au manuel d'entretien. Cependant LEADAIR UNIJET a fait exécuter les visites "C" (6 ans) et "Z" (2 ans) par d'autres entreprises : DFS et JET AVIATION.

Le cycle d'entretien du Falcon 20 est basé sur cinq visites :

- une visite A (toutes les 300 h de vol ou 6 mois) ;
- une visite B (toutes les 1 200 h de vol) ;
- une visite Z (toutes les 2 ans ou 2 400 h de vol) ;
- une visite C (tous les 6 ans) ;
- une visite corrosion impérative à 24 ans.

Le suivi de l'entretien chez LEADAIR UNIJET est réalisé à l'aide du système informatique "ANDROMEDA" (application du système "CAMP" de maintenance assistée par ordinateur). Ce système permet la gestion prévisionnelle optimale de la maintenance des avions. Il édite également les cartes de travail pour chaque visite en fonction du dernier standard applicable à la date de l'intervention.

Pour chaque type de visite le tableau ci-dessous donne les dates (et/ou heures de vol) de la dernière intervention effectuée et de la prochaine à exécuter.

TYPE VISITE	DERNIERE VISITE		PROCHAINE VISITE		première limite
	date	heures cellule	date	heures cellule	atteinte = *
A	26 sep-94	7806	26 mar-95	8106	*
2A	26 sep-94	7806	26 mar-95	8106	*
2A+	26 sep-94	7806	26 mar-95		
-	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	

B	26 sep-94	7806		9006	
Z	26 sep-94	7806	26 sep-96	10206	*
C	26 sep-94	7806	26 sep-00°		

° (an 2000)

Par ailleurs, les compte-rendus de vol ne font pas apparaître d'événement pouvant avoir eu une incidence sur la compréhension de l'accident.

1.6.4 Entretien des moteurs

Le vieillissement et les dernières opérations d'entretien des moteurs font l'objet du tableau ci-après :

	GAUCHE	DROIT
numéro de série	304454 B	304530 B
heures de fonctionnement	5279 h	3357 h
cycles de fonctionnement	3803 cycles	3127 cycles
dernière révision générale SECA* le Bourget	3828 h en juillet 1989	—
dernière visite des parties chaudes SECA* le Bourget	4720 h le 22 mai 1991	2925 h le 31 août 1992
dernière visite LEADAIR UNIJET	visite 200 h : 5198 h le 31 mai 1994	visite 400 h : 3298 h le 30 août 1994

* Société d'Exploitation et de Constructions Aéronautiques

1.6.4.1 Moteur droit

Historique du moteur n° 304 530 B

Ce moteur est sorti d'usine le 20 décembre 1979. Il a été monté sur six avions de différentes nationalités avant son acquisition par LEADAIR UNIJET en 1990.

Entretien

On a retracé ci-dessus l'entretien récent de ce moteur.

1.6.4.2 Moteur gauche

Historique du moteur n° 304 454 B

Ce moteur est sorti d'usine le 28 mai 1977. Il a été monté sur le Falcon 20 n°361, immatriculé SU-AYD de l'armée de l'air égyptienne. Il a été entretenu par l'Egypte (entretien courant) et par la SECA au Bourget (entretien type VPC-1000 h et RG-4000 h) pendant toute son utilisation.

Il a été repris par la société GARRETT (USA) lors de la remotorisation du SU-AYD par des TFE-731. Il totalisait alors 5002,46 heures.

Il a été revendu par GARRETT à la société suisse "DREAM-AIR".

Il a été testé (contrôle des performances) et réparé (à la suite d'un problème de vibrations) par FR-AVIATION, en Grande Bretagne.

Ce moteur a été acheté par LEADAIR UNIJET, alors qu'il totalisait toujours 5002,46 heures, et a été monté sur le Falcon 20 n° 314 le 27 novembre 1990. Il a été monté sur le F-GHLN le 4 mars 1994.

Entretien

Les livrets moteur ont été tenus à jour par les exploitants et les sociétés ayant assuré la maintenance, ce qui a permis de retracer l'historique de l'entretien du moteur.

Ce moteur a été entretenu par la SECA pour toutes les interventions majeures : visites parties chaudes (VPC) et révision générale (RG). L'entretien courant a été effectué par les exploitants successifs : armée de l'air égyptienne puis LEADAIR UNIJET.

1.6.5 Masse et centrage

L'avion avait une masse de 28 100 livres au décollage, valeur proche de la masse maximale autorisée (28 660 livres), et au centrage de 22,8 % Medium Aerodynamical Chord (MAC), valeur dans la tranche médiane de l'enveloppe de centrage. Le plein complet avait été effectué pour ce vol (8 800 livres). L'appareil était donc à l'intérieur des limites autorisées pour le décollage.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Situation générale

La situation était caractérisée par un flux d'ouest assez fort généré par une dépression située au nord de l'Irlande, à laquelle était associé un front froid instable.

Sur la région parisienne cette zone d'instabilité présentait un caractère orageux marqué avec nuages à plusieurs niveaux de base entre 1700 et 2500 pieds et cumulonimbus de base 1500 pieds. Fortes averses de pluie et grêle accompagnées d'orages.

1.7.2 Conditions sur l'aérodrome du Bourget

L'équipage avait attendu la fin de l'orage (de 16h00 à 16h25) pour décoller. L'observation du Bourget de 16h30 correspondait aux éléments suivants :

Vent du 200° pour 20 kt, visibilité supérieure à 10 km, ciel constitué de 3/8 de cumulonimbus à 2300 pieds et 6/8 de cumulus à 2400 pieds. Température 6 °C, point de rosée 3 °C, QHN 1013 hPa.

1.7.3 Dossier de prévision remis à l'équipage pour la préparation du vol

Avant le départ, le service "Opérations" de la compagnie avait préparé un dossier de vol à l'intention des pilotes. Il contenait notamment l'observation de 14h30 et la prévision pour l'aérodrome du Bourget :

METAR de 14h30 : vent du 220 pour 14 kt, visibilité supérieure à 10 km, ciel morcelé par des cumulus à fort développement à 3500 pieds, température 10 °C, point de rosée 3 °C, QNH 1012 hPa.

TAF édité à 14h00 et valable pour la période allant de 15h00 à 24h00 : vent du 220 pour 15 kt rafales à 25 kt, visibilité supérieure à 10 km, ciel morcelé à 3000 pieds.

Temporairement entre 16h00 et 22h00 : vent du 220 pour 20 kt rafales à 30 kt, visibilité 8000 m, averses de pluie sous un ciel constitué de cumulonimbus épars à 1500 pieds et de cumulus à fort développement vertical morcelés à 2000 pieds. Le reste de la prévision se rapporte à la période allant de 21h00 à 24h00.

1.7.4 ATIS

Avant la mise en route des moteurs, l'équipage avait reçu l'information "Juliette" diffusée par l'ATIS à 15h30 qui annonçait : piste 25, départ standard 8C, niveau de transition 50, vent du 200 pour 16 à 20 kt, visibilité supérieure à 10 km, nuages SCT à 1500 pieds, BKN à 3500 pieds, température +9, point de rosée +3, QNH 1012 hPa, QFE seuil 25 1005 hPa.

L'information "Kilo" de 16h00 différait peu de la précédente, si ce n'est par un changement de valeur du QFE (1006 hPa).

Les informations "Juliette" et "Kilo" ne comportaient pas d'élément relatif au péril aviaire.

1.7.5 Conditions d'éclairement

Au Bourget, le coucher du soleil avait eu lieu à 16h27 (décollage du F- GHLN à 16h30). La nuit aéronautique débutait à 16h57. Cependant la luminosité ambiante était fortement réduite par la présence de nuages orageux.

1.8 Aides à la navigation

1.8.1 Installations de radionavigation au sol

Tous les moyens de radionavigation au sol fonctionnaient au moment de l'accident. Cependant, en raison de la situation de détresse de l'aéronef, l'équipage a effectué une trajectoire à vue.

1.8.2 Equipement radar

A la tour de contrôle du Bourget, les contrôleurs bénéficient d'un déport d'image pour assurer la surveillance radar des mouvements dans la zone d'aérodrome. Ces informations radar sont issues des calculateurs de Roissy Charles de Gaulle, où elles sont également enregistrées. Ainsi la trajectoire de l'avion, estimée d'après les observations des témoins et d'après la localisation des débris, a pu être confirmée par les enregistrements des paramètres radar (cf. [annexe 1](#), trajectoires "2D" et "3D").

1.9 Télécommunications

1.9.1 Radiotéléphonie

Au cours de la préparation de l'avion, puis pendant le roulage, le décollage et le vol, l'équipage s'est mis en écoute sur la fréquence de l'ATIS et a été en contact avec l'organisme du contrôle de la circulation aérienne du Bourget. Les messages diffusés par l'ATIS et les radio communications ont été enregistrés dans les locaux techniques de la tour de contrôle.

1.9.2 Transmission d'une situation d'urgence

En application du manuel d'exploitation les contrôleurs ont déclenché l'alerte rouge lorsque les flammes sont apparues à l'arrière de l'appareil. L'alerte rouge consiste, par des circuits spéciaux et des alarmes, à alerter le Bureau de piste, la brigade de gendarmerie des transports aériens (BGTA), la DICILEC, les SSIS du Bourget et de Roissy Charles de Gaulle.

1.9.3 Téléphone

La tour de contrôle du Bourget est reliée par ligne directe spécialisée aux SSIS de l'aérodrome et de Roissy. Ceux-ci ont donc été immédiatement informés de l'état de détresse du F-GHLN.

D'autres lignes spécialisées (vers le Centre de Contrôle Régional, vers des organismes de la Circulation Aérienne de Roissy et d'Orly, vers le Bureau de Piste et la station météorologique du Bourget, vers l'organisme de traitement des plans de vol) ont été utilisées, notamment pour faire connaître la fermeture des installations au trafic extérieur après l'accident.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

En tant qu' aéroport parisien, l'aérodrome du Bourget est exploité par "Aéroports de Paris" (ADP), établissement public doté de l'autonomie financière, placé sous l'autorité du ministre chargé de l'aviation civile.

C'est un aérodrome civil ouvert à la circulation aérienne publique. Principalement destiné à la desserte de la région parisienne par l'aviation d'affaires, il était classé en catégorie 3 le jour de l'accident pour ce qui concerne la protection incendie et sauvetage. Plusieurs sociétés de transport à la demande ainsi que des établissements ayant des activités liées à l'aéronautique sont basées sur la plate-forme. De plus, il accueille des organismes dépendant des ministères de la défense et des finances (base aéronavale et douanes).

Les installations sont à une altitude de 217 pieds. L'infrastructure est notamment constituée de trois pistes munies du balisage diurne et nocturne réglementaire :

- une piste 07/25, orientée au 071/251, de dimensions 3000 x 45 mètres, balisée de nuit par des feux basse et haute intensités,
- une piste 03/21, orientée au 028/208, de dimensions 2665 x 60 mètres, balisée la nuit par des feux basse intensité,
- une piste 09/27 de 1845 mètres, construite mais non encore en service.

Des chemins de roulement, balisés la nuit par des feux bleus, relient pistes et parkings.

La piste 07 est munie d'une approche aux instruments ILS et la piste 25 d'approches aux instruments LOC DME et VOR DME. Les routes standards de départ et d'arrivée s'appuient sur les moyens de radionavigation environnants et sur le VOR DME du Bourget.

L'aérodrome est situé dans un espace aérien de classe D. Conformément au statut de cette classe d'espace, tous les vols y sont contrôlés. L'espace contrôlé du Bourget est inclus dans l'espace de classe A de la région parisienne.

1.10.2 Les services de la circulation aérienne rendus

L'organisme du contrôle de la circulation aérienne du Bourget rend les services du contrôle de la circulation aérienne, d'information de vol et d'alerte au bénéfice des aéronefs en contact radio ou connus de cet organisme au titre du contrôle d'approche et du contrôle d'aérodrome. Ces services sont rendus à partir de la tour de contrôle sur les fréquences suivantes :

- LOC : 119.1 MHz
- SOL : 121.9 MHz
- PREVOL : 118.4 MHz
- ATIS :120.0 MHz

En outre, une fréquence "sol véhicules" 71.7625 MHz est attribuée aux véhicules de piste.

Pour les aéronefs au départ et à l'arrivée, deux organismes assurent le contrôle, l'information de vol et l'alerte. Ce sont :

- pour l'espace de classe A entourant la zone d'aérodrome du Bourget : le contrôle d'approche de Roissy

Charles de Gaulle,

- pour l'espace de classe D du Bourget : le contrôle d'aérodrome sur la fréquence TOUR 119.1 MHZ.

L'ATIS diffuse des messages comportant différents éléments utiles pour l'exécution des vols, notamment la piste en service, les conditions météorologiques, les calages altimétriques, les renseignements essentiels pour l'exploitation (présence d'oiseaux). Au Bourget la mise à jour de l'ATIS est dévolue au contrôleur en position Prévol.

Les aéronefs au roulage au sol sont contrôlés sur la fréquence Sol.

L'autorisation de mise en route et les instructions relatives à la trajectoire de départ sont transmises sur la fréquence Prévol.

1.10.3 Matériels de la section SSIS du Bourget

L'arrêté du 5 septembre et l'instruction n° 20943 du 11 septembre 1979 actualisée définissent l'organisation et le fonctionnement des services de sauvetage et de lutte contre l'incendie d'aéronefs sur les aérodromes.

Le SSIS du Bourget dispose d'un véhicule appartenant à la famille des véhicules incendie à mousse et à poudre (VIM.P.). Ses capacités sont les suivantes :

- 5400 litres d'eau
- 700 litres d'émulsifiant
- 300 kg de poudre

Cette capacité en agent extincteur principal (quantité d'eau et d'émulsifiant) et en agent complémentaire (poudre) correspond à un classement du Bourget dans la catégorie 5, assurant le niveau de protection 5().

1.11 ENREGISTREUR DE BORD

1.11.1 Récupération sur l'épave

En conformité avec la réglementation en vigueur, l'avion était équipé d'un seul enregistreur protégé. Il s'agissait d'un enregistreur phonique ou Cockpit Voice Recorder (CVR) de marque COLLINS, type 642-C1 référence 522 405 7001, numéro de série 21. Cet enregistreur a été retrouvé à son emplacement dans la queue de l'avion, en zone non pressurisée.

1.11.2 Opérations d'ouverture

L'enregistreur présentait des marques d'exposition au feu et des traces de choc. La bande magnétique à l'intérieur du boîtier protégé n'était pas endommagée.

Les opérations d'ouverture du CVR et de copies de la bande originale se sont déroulées au BEA le 21 janvier 1995 en présence d'un officier de police judiciaire. Ce dernier, venu avec l'enregistreur sous scellés, est reparti avec la bande originale et l'enveloppe du CVR remplacées sous scellés.

1.11.3 Exploitation

1.11.3.1 Transcription du contenu

Méthode utilisée

La bande originale a fait l'objet de deux copies ; l'une sur bande quart de pouce de quatre pistes et l'autre sur bande un pouce de huit pistes. Ces copies sont des copies "brutes", exemptes de filtrage ou de modification du niveau d'enregistrement.

La vitesse de défilement de la bande origine a été calée par analyse spectrale de l'interférence du réseau électrique de bord (400 Hz). La synchronisation ultérieure, faite en comparant les temps relatifs des émissions radio avec l'enregistrement du contrôle aérien n'a pas présenté de difficulté. Le temps UTC

fourni par l'enregistrement des communications de la tour a donc pu être précisé.

L'équipage ne communiquait pas au moyen de microphones à perche. Ses conversations ont donc été enregistrées par l'intermédiaire du microphone d'ambiance (Cockpit Area Microphone). L'utilisation de technique de filtrage numérique a permis la compréhension de certaines phrases. De plus, une reconnaissance par écoute par plusieurs personnes connaissant l'équipage (notamment le chef pilote de la société LEADAIR UNIJET) a permis l'identification des voix et facilité la compréhension des dialogues entre les membres d'équipage et la distinction des différentes alarmes sonores typiques de cet avion.

Le contenu

Dans sa logique de fonctionnement, ce type de CVR enregistre sur bande magnétique les trente dernières minutes (en fait, un peu plus) avant coupure de l'alimentation électrique. Dans le cas présent, ces trente minutes se rapportent en totalité au vol de l'accident.

Ainsi, par référence au temps relatif CVR (écrit par convention " MM.SS " en minutes et secondes) les étapes successives de l'enregistrement sont les suivantes :

- 00.00 à 17.00 avion à l'arrêt sous tension
- 17.00 mise en route des moteurs, roulage, alignement
- 29.27 augmentation des régimes moteur pour le décollage puis début du roulage
- 29.55 fin du bruit de roulement correspondant au décollage
- 29.59 premier bruit sourd suivi d'une diminution du régime moteur
- 30.09 second bruit sourd précédé d'une augmentation du régime moteur
- 30.16 alarme feu jusqu'à la fin de l'enregistrement
- 30.45 arrêt de l'enregistrement.

La transcription de l'enregistrement fait l'objet de l'annexe 4.

1.11.3.2 Analyse spectrale

Jusqu'au temps CVR 29.59 l'enregistrement ne contient pas de bruits pouvant être des indices de situations anormales. Les montées en régime moteur, lors du roulage ou du décollage notamment, sont bien perçues et synchronisées. L'écoute met en évidence deux bruits sourds (temps CVR 29.59 et 30.09) juste après la rotation.

Le moteur CF 700 2D-2 se compose d'un générateur de gaz et d'un étage "fan", turbine libre/soufflante. Cet étage dégage la plus grande énergie acoustique notamment dans les phases de rapides décélération ou accélération. Il est alors possible de déterminer la vitesse de rotation de l'étage grâce à l'analyse spectrale.

La courbe jointe en annexe 4 montre la décroissance puis l'accélération de la vitesse de rotation du disque de soufflante. Le temps relatif de lecture du CVR est donné en abscisses (minutes:secondes:100èmes de seconde) et la vitesse de rotation du disque de soufflante en ordonnées (tours par minute).

On obtient la première information de rotation à partir du temps CVR 29:59:90 lors du premier bruit sourd. La vitesse décroît alors très rapidement de 8556 tr/mn à 3840 tr/mn en un peu plus d'une seconde. Au temps CVR 30:06:50 on peut de nouveau déterminer la variation de la vitesse de rotation : le disque de soufflante accélère de 6660 tr/mn à 15456 tr/mn en trois secondes. A cet instant le second bruit sourd intervient avec une perte brutale de l'information sur la vitesse.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'avion a touché le sol au travers du seuil de la piste 21, à la limite de la surface enrobée. Les traces sur la piste, peu profondes, montrent que l'avion s'est présenté au sol en léger piqué avec une inclinaison à gauche de l'ordre de 15°.

A partir de cet impact initial, la trajectoire au sol de l'avion jusqu'à l'arrêt s'incurve légèrement sur la droite.

En suivant les traces que l'avion a laissées dans l'herbe, on trouve d'abord la partie arrière du fuselage (en B, annexe 1 - cliché 2 de l'annexe photographique), sectionnée en oblique du cadre 38 au cadre 40, au

droit du bord d'attaque de la dérive. La dérive repose à l'envers, 150 mètres environ après le seuil de piste 21. Les gouvernes de direction et de profondeur sont complètes et ne paraissent pas endommagées. Il existe des traces de feu importantes sur le flanc gauche de la gouverne de direction et, alors que le plan horizontal droit est pratiquement intact, le gauche, surtout à l'intrados, est tel que les plaques de revêtement sont déformées par la chaleur. Le cône de queue, conteneur du parachute, est manquant.

L'examen de l'intérieur de cette partie arrière montre que son flanc droit ne présente pas de traces de feu alors que son flanc gauche en présente. La ligne de détection incendie est rompue en plusieurs endroits. Le câblage électrique qui chemine sur le flanc gauche montre d'importantes traces de surchauffe. Les gaines de protection et d'isolation sont détruites par le feu. Le gros faisceau de câbles électriques est fortement endommagé.

Quelques mètres plus loin, on trouve la tuyère du moteur gauche, peu endommagée par le feu.

Le radôme radar repose à 315 mètres du seuil de piste 21 (en C, [annexe 1](#)).

L'épave principale (en D, [annexe 1](#)) se trouve à 430 mètres du point d'impact initial, à plat. Ainsi que le montre le [cliché 2](#), elle a été totalement détruite par l'incendie violent qui a ravagé le compartiment arrière, la cabine, le poste de pilotage, l'aile droite et le réacteur droit. Comparativement, la voilure gauche et le réacteur gauche sont moins endommagés.

Le toit de la cabine et du poste de pilotage est détruit sur toute sa longueur, totalement consumé par le feu. Entre le poste de pilotage et la cabine, le fuselage est partiellement sectionné, ouvert dans un plan vertical en arrière de la porte passagers. Celle-ci gît, ouverte, déverrouillée du fait de la rupture partielle du fuselage. En arrière de la cabine, la cloison de pressurisation est fortement endommagée, effondrée vers l'avant avec des traces évidentes d'incendie. Le poste de pilotage est autant ravagé par le feu que la cabine. Le tableau de bord et la console centrale sont tels que les façades des instruments sont calcinées. Il a été impossible de procéder à des relevés de paramètres. Seuls les éléments suivants ont pu être établis :

- la manette de sélection des volets est sur 25 ° ;
- la commande de train est en position train sorti ;
- le sélecteur d'électropompe de secours est en position intermédiaire gauche (du côté du circuit hydraulique N°1) ;
- les quatre interrupteurs de commande des extincteurs du tableau incendie sont en position normale (position basse), les fils à casser étant en place, intacts ;
- les deux manettes des robinets coupe-feu sont en position non active, c'est-à-dire non tirées vers l'arrière ;
- la commande "écope d'air dynamique" est en position fermée ;
- les deux interrupteurs de commande des robinets d'isolement P3 sont en position ouvert.

Sur la console centrale, les manettes de puissance des deux moteurs sont en position secteur avant, décalées mais libres. Compte tenu des interventions de sauvetage entreprises, les positions de ces manettes ne peuvent être considérées comme représentatives de leur position à l'instant de l'accident.

Les volets de bord de fuite sont en position intermédiaire ; les becs de bord d'attaque et les aérofreins sont sortis.

Le moteur gauche est resté solidaire du fuselage par son mât. Sa partie arrière (c'est-à-dire le disque de soufflante, le redresseur de flux et le cône intérieur de la tuyère) a disparu. Ces composants manquants ont été retrouvés sur le terrain :

- le redresseur de flux, le cône interne de la tuyère et des morceaux d'aubes du disque de soufflante, sur la piste ou en bordure immédiate de celle-ci (E et F, [annexe 1](#)) ;
- le disque de soufflante, entier mais dépouillé de la plupart de ses aubes, à 515 mètres à gauche de la piste 25 (G, [annexe 1](#)), à la suite d'une opération spéciale de ratissage.

Le moteur droit est dépouillé de ses capotages, complètement fondus. Extérieurement ce moteur apparaît complet.

Les deux moteurs ont été envoyés en expertise au Centre d'Essais des Propulseurs (CEPr).

L'épave de l'avion a été mise sous hangar pour que puissent être entrepris les examens approfondis de la cellule et le démontage pour expertise des équipements dont l'état le permettrait.

Les résultats de ces travaux sont décrits au chapitre 1.16.5.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Les sept passagers et les trois membres d'équipage ont péri dans l'accident. Les passagers ont été retrouvés à leur place, sanglés, les passagers assis à gauche étaient penchés vers l'allée centrale (cf. l'installation des passagers en cabine en [annexe 5](#)).

Le copilote en place gauche, le commandant de bord à droite et l'hôtesse sur le strapontin étaient sanglés. Les pilotes ne portaient pas le masque à oxygène de secours.

Certains corps sont carbonisés alors que d'autres ne présentent pas de brûlures graves apparentes. Les occupants ont tous respiré dans le foyer d'incendie.

Les médecins qui ont procédé aux autopsies ont relevé l'existence de lésions traumatiques viscérales ou ostéo-articulaires graves. Cinq victimes, dont les deux pilotes, présentent des lésions crânio-cérébrales ou cardio-vasculaires (rupture d'aorte, rupture de l'oreillette droite notamment). Trois victimes présentent des fractures de la colonne vertébrale. Deux victimes situées en zone arrière ne présentent pas ou peu de lésions significatives.

1.14 Lutte contre l'incendie

Les deux pompiers en alerte au poste d'incendie du Bourget (poste situé à proximité de la tour de contrôle cf. trajectoire "2D" [annexe 1](#)) ont été informés de l'accident par le déclenchement de l'alerte rouge à 16h30 (signal sonore et signal lumineux).

Ils décrivent les événements de la façon suivante :

Armant leur véhicule VIM.P., les deux pompiers progressent sur l'ancienne piste 09/27. Sur leur droite ils voient l'avion dont l'arrière est en feu amorcer une descente vers la gauche, descente qu'ils estiment dangereuse. Depuis la position "H" (cf. trajectoire "2D" [annexe 1](#)) ils voient l'avion heurter violemment le sol, "une boule de feu se dégageant de l'appareil", la partie arrière de l'avion se détachant tandis que l'avion glisse.

Le VIM.P. emprunte la piste 03/21 puis la 07/25 et chemine en tout terrain pour se positionner par l'ouest (avec le vent) pour attaquer l'incendie violent qui embrase la totalité de la cellule (position "I"). Les pompiers constatent à cet instant que la porte passagers est ouverte et que la partie supérieure du fuselage, au niveau de la cabine, est crevée sous l'action des flammes. Il est 16h33. L'incendie est d'une extrême violence.

A partir de la lance tourelle, les pompiers déversent sur le foyer les 6000 litres de solution de mousse dont ils disposent. Il est 16h36. La très forte diminution de l'intensité du foyer leur permet alors de s'approcher de la cellule et de constater que son état ne peut laisser supposer l'existence de survivants à l'intérieur.

Le VIM.P. repart vers le poste SSIS pour refaire les pleins en produits extincteurs en suivant la trace laissée par l'avion sur l'herbe pour découvrir d'éventuelles victimes éjectées.

A 16h44 l'engin Fourgon Tonne Pompe (FTP) des sapeurs pompiers de Garges (qui avaient été alertés par un témoin à 16h34) se présente au portail C de l'aéroport. Les sapeurs pompiers attaquent les flammes qui subsistent sur la cellule et les foyers résiduels à l'arrière de l'épave avec deux lances à mousse manuelles. Le FTP de Garges est par la suite alimenté par un FTP arrivé de Gonesse.

A 16h49 le premier engin de la Brigade de Sapeurs Pompiers de Paris/Aulnay se présente au point de ralliement "Z1".

A 16h55 le VIM.P. du Bourget revient sur le site et projette de la mousse avec la lance tourelle puis avec une lance latérale.

A 17h08 le feu est totalement éteint, avec présence de fumée.

A 17h56 l'alerte rouge est transformée en alerte restreinte. L'aéroport reste fermé au trafic aérien.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La cabine et le poste de pilotage ont été complètement ravagés par un feu intense (cf. paragraphe 1.12).

L'exposition au feu de kérosène pendant les 400 mètres de glissade de l'avion au sol suffit à expliquer le décès des passagers qui auraient survécu aux conséquences de l'impact initial. L'hypothèse d'une mort instantanée est retenue en raison de la propagation fulgurante de l'incendie et des températures atteintes.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Organisation de la prévention du péril aviaire dans l'aviation civile

1.16.1.1 Généralités

En application d'un arrêté relatif à la prévention du péril aviaire sur les aérodromes dont l'affectataire principal est le ministre chargé de l'aviation civile (cf. [annexe 6](#)), l'instruction ministérielle du 24 juillet 1989 fixe les règles suivant lesquelles doit être rendu le service de prévention du péril aviaire sur les aérodromes. Pour l'essentiel :

- la direction de la navigation aérienne (DNA) élabore la doctrine en matière de prévention du péril aviaire.

Le service technique de la navigation aérienne (STNA) met en oeuvre la politique définie par la DNA. Il est particulièrement chargé :

- . de la détermination et du suivi des moyens de protection à mettre en place sur les aérodromes,*
- . des études ornithologiques et écologiques locales permettant de déterminer les actions à entreprendre sur le milieu et les matériels à mettre en place,*
- . des études et expérimentations des dispositifs et méthodes susceptibles de réduire les risques de rencontre oiseaux/aéronefs,*
- . de la formation de base de l'ensemble des personnels participant à la lutte aviaire sur les aérodromes (avec le concours de l'école nationale de l'aviation civile pour l'organisation de certains stages) et de la formation spécifique et continue en assistance à l'encadrement local,*
- . de l'assistance aux aérodromes pour la mise en place et l'exploitation des moyens,*
- . de l'établissement et de la tenue à jour de la liste des matériels qui doivent être utilisés,*
- . de la synthèse annuelle des rencontres d'oiseaux enregistrées, et de l'analyse statistique des incidents,*
- . de participer aux enquêtes relatives aux accidents d'avions résultant d'une collision avec les oiseaux,*
- . de l'organisation d'opérations particulières sur les aérodromes, telles que l'empoisonnement d'oiseaux, lorsqu'elles sont jugées indispensables.*

Le chapitre 5 de l'instruction précise :

"L'environnement ornithologique local se caractérise principalement par :

- les espèces d'oiseaux rencontrées,*
- les périodes d'activité aviaire, pouvant présenter un caractère continu, saisonnier ou épisodique,*
- les densités de population d'oiseaux.*

L'analyse des caractéristiques de cet environnement, du volume du trafic commercial et des différents types d'aéronefs conduit à fixer, pour chaque aérodrome sur lequel il est nécessaire de rendre le service de prévention aviaire, une dotation minimale de moyen (personnels et matériels) de prévention et de lutte aviaire."

Dans ce contexte, l'instruction en son annexe 1 a défini cinq groupes (de A à E), le groupe E étant celui correspondant au péril aviaire le plus important.

Les catégories de personnels chargés de rendre le service de prévention du péril aviaire comprennent (paragraphe 1.2 et 2.1 de l'instruction) :

- un coordonnateur local, agent de l'Etat, qui a acquis la compétence nécessaire et qui a des fonctions d'encadrement au sein de l'organisme de la circulation aérienne de l'aérodrome,
- les personnels de l'organisme de la circulation aérienne chargés de rendre le service de contrôle ou d'information de vol,
- des personnels (agents d'exécution du gestionnaire ou dans certains cas particuliers agents de l'organisme de la circulation aérienne), chargés des missions de lutte aviaire sur la plate-forme. Les personnels sont soit affectés exclusivement à la lutte aviaire, soit exercent une activité autre sur l'aérodrome.

Les moyens en matériels permettant de rendre le service de prévention du péril aviaire se composent de moyens mobiles (véhicules équipés de matériels électroacoustiques permettant la diffusion de cris de détresse spécifiques, tirs de fusées crépitantes au moyen de pistolets à amorces, tirs sélectifs d'espèces autorisées avec des fusils de chasse et des cartouches à plomb) et de moyens fixes (systèmes automatiques d'effarouchement des oiseaux par diffusion tout au long d'une piste de signaux acoustiques gênants pour les oiseaux afin de leur interdire de se poser. Ces dispositifs sont dits "bruiteurs"). La décision d'installer un moyen fixe sur un aérodrome résulte d'une étude préalable du STNA.

Selon l'article 6 de l'arrêté du 24 juillet 1989, le service de la prévention du péril aviaire est rendu pendant les heures de fonctionnement de l'organisme de la circulation aérienne de l'aérodrome, à l'exclusion de la période nocturne.

1.16.1.2 Le risque aviaire au Bourget

1.16.1.2.1 Environnement et situation ornithologique

L'aéroport du Bourget est situé à une quinzaine de kilomètres au nord de la capitale, dans une zone fortement urbanisée. Il occupe une surface de près de 800 hectares dont plus de la moitié n'est pas revêtue. Ces surfaces non revêtues sont occupées par des cultures ou des zones en herbe. Cette situation favorise la fréquentation de la plate-forme par des oiseaux dangereux pour la navigation aérienne (pigeons venant de Paris en période estivale, mouettes et vanneaux en hiver).

Afin de supprimer ce qui peut favoriser la présence d'oiseaux dangereux pour la navigation aérienne, les actions suivantes ont été entreprises depuis 1983 :

- interdiction des cultures dites "attractives" (blé, orge, colza, tournesol, petits pois...),
- limitation des cultures aux seules cultures sarclées, maraîchères, d'avoine et de maïs,
- entretien des surfaces en herbe (par le service entretien d'ADP) pour favoriser une hauteur minimale de 20 à 30 centimètres ne comportant pas de plantes attractives (trèfles, ...),
- couverture par un filet du bassin de rétention des eaux (en 1994) .

A partir des éléments statistiques qui lui sont communiqués, le STNA a constaté que la situation ornithologique du Bourget s'est améliorée depuis 1990, le nombre de pigeons observés en été a beaucoup diminué tout comme le nombre de vanneaux en hiver.

Cependant, un élément défavorable est apparu en 1994 : les travaux entrepris pour la création de la nouvelle piste et les chemins de roulement attenants ont occasionné des mouvements importants de terre et la création de zones dénudées qui n'ont été réensemencées qu'à l'automne. De nombreuses flaques d'eau sont apparues au cours de l'hiver, favorisant la venue de mouettes, goélands et vanneaux. Un NOTAM allant du 19 décembre 1994 au 22 février 1995 avait d'ailleurs été émis, signalant la présence de nombreux oiseaux.

A noter également la présence de plusieurs centaines de lapins à proximité de l'intersection des pistes 07/25 et 03/21. Cette présence provoque la disparition quasi totale du couvert végétal, favorisant là encore la fréquentation de cette zone par les oiseaux. Des battues de chasse sont régulièrement organisées pour essayer de réduire cette population.

Il convient aussi, pour estimer la situation ornithologique du terrain, de tenir compte de l'existence à l'extérieur de l'emprise aéroportuaire de plusieurs zones sans droit de regard des autorités aéronautiques, zones attractives pour les oiseaux :

- le parc de la Courneuve situé au sud,

- la station d'épuration par lagunage dans l'approche de la piste 03,
- les zones cultivées au nord et à l'est,
- des décharges d'ordures de la patte d'oie de Gonesse.

Ces divers facteurs attractifs entraînent le survol de la plate-forme par des oiseaux se déplaçant des zones d'orties aux zones de nourrissage matin et soir. Ces oiseaux peuvent aussi venir régulièrement se reposer sur l'aérodrome qui leur assure une certaine tranquillité.

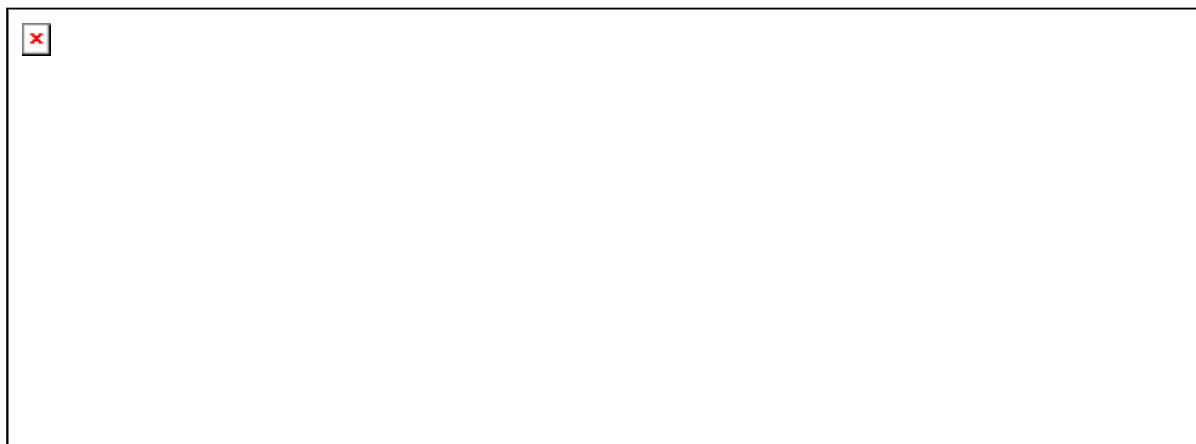
1.16.1.2.2 Eléments statistiques

Au Bourget

- le premier accident dû aux oiseaux survenu en France à un appareil civil s'est produit au Bourget le 6 décembre 1982 (collision d'un Lear 35 avec des mouettes avec interruption du décollage et sortie de piste, accident décrit en annexe 7).

Le graphe ci-après présente l'évolution du nombre de rencontres d'oiseaux au Bourget depuis 1985. Selon le STNA, ce relevé appelle les remarques suivantes :

- le nombre total de collisions enregistrées après 1992 résulte principalement d'une meilleure collecte des données,
- en 1993, aucun moteur n'a été endommagé,
- en 1994, sur les vingt-quatre comptes-rendus d'incidents, dix ont été rédigés par le bureau de piste à partir de dépouilles d'oiseaux trouvées sur la piste.



Au niveau mondial

Une étude britannique de 1990 (CAA. Birdstrike Committee Europe) dresse une liste des accidents de l'aviation civile dans l'ensemble du monde provoqués par des collisions avec des oiseaux entre 1960 et 1989 (cf. annexe 7).

Cette liste appelle les remarques suivantes :

- si quelques accidents se produisent en croisière, la majorité se produit au décollage,
- sur dix-huit accidents signalés, dix intéressent des avions d'affaires dont trois des Falcon 20. Sur les dix accidents d'avions d'affaires, huit ont concerné les moteurs.

1.16.1.3 Moyens en matériel

Pour la prévention du péril aviaire, l'aéroport du Bourget dispose des moyens suivants, correspondant au groupe D de l'instruction ministérielle du 24 juillet 1989 :

Moyens mobiles

- un véhicule tout terrain équipé de matériels électroacoustiques permettant la diffusion de cris de détresse spécifiques ;
- deux pistolets à amorces permettant le tir de fusées crépitantes ;

- deux fusils de chasse, calibre 12, et leurs cartouches à plomb.
Ces moyens étaient disponibles le 20 janvier 1995.

Moyens fixes (bruiteurs)

La piste 07/25 est équipée d'une ligne de haut-parleurs/bruiteurs à 10 mètres à droite du bord de la piste 25.

Cette ligne se compose de cinq secteurs, chacun d'eux comprenant 16 haut-parleurs/bruiteurs espacés de 35 mètres. Derrière chaque haut-parleur est disposé un panneau réfléchissant de 0,8 m x 1 m, faisant office d'écran antibruit. Cet écran a pour but d'éviter le retour sonore vers les riverains des communes avoisinantes (cf. annexe 3, photo d'un ensemble haut-parleur/bruiteur/panneau antibruit).

Selon le STNA et le commandant de l'aéroport, de multiples difficultés de maintien en conditions opérationnelles de ce système se sont succédées depuis sa première mise en oeuvre au printemps 1992 :

- la proximité des communes de Dugny, Garges les Gonesse et, dans une moindre mesure Bonneuil en France, a nécessité de réduire la puissance sonore émise pour tenir compte des nombreuses plaintes des riverains ;

Pour remédier à cet inconvénient, le commandant d'aérodrome a demandé, en 1992, l'installation d'un système d'asservissement au vent pour diminuer automatiquement la puissance en direction des zones sensibles. D'autre part, fréquemment durant cette période, les secteurs de bruiteurs proches de Dugny n'ont pas été activés de façon à diminuer la gêne sonore ;

- la ligne de bruiteurs a été régulièrement endommagée à chaque décollage de gros porteur en 1992 et 1993. Il a été constaté que les panneaux, trop près du bord de piste, étaient très vulnérables au souffle des réacteurs de ces avions. A titre de comparaison, les mêmes bruiteurs installés à Orly en piste 08/26, ne sont pas positionnés à 10 mètres d'un bord de piste mais à 25 mètres() ;

- des indisponibilités ont été également provoquées par les nombreux lapins présents sur le site qui grignotaient les câbles électriques reposant alors à même le sol. Ce problème a été réglé en 1993, lors de la réfection du balisage de piste.

En bref, il s'avère que, pour des raisons divers, les bruiteurs ont été fréquemment indisponibles depuis leur mise en service. Ils n'étaient pas en état de fonctionner le 20 janvier 1995, et ce depuis environ une année.

Ces bruiteurs réparés, renforcés et remis en service durant février 1995 donnent maintenant satisfaction. D'autre part, le système d'asservissement au vent, évoqué précédemment, a été installé.

1.16.1.4 Mise en oeuvre

Au Bourget, le service de prévention du péril aviaire est confié au bureau de piste. Il convient de noter que par la lettre 022045 STNA/2N du 3 avril 1991 relative à l'instruction des personnels chargés de la lutte aviaire sur certains aéroports parisiens, adressée aux opérations d'ADP, le STNA exprimait des réserves en ce qui concerne l'aérodrome du Bourget, considérant en particulier que l'effectif du BDP était insuffisant. La DNA, pour tenir compte de cette mission spécifique a alors renforcé l'effectif du BDP.

Le personnel du BDP, du fait de sa mission particulière en matière de prévention du péril aviaire, avait été instruit par le STNA. Cette instruction avait consisté, pour chacun, en un cours théorique d'une heure environ et en travaux pratiques de maniement des armes de chasse et pistolets à amorces.

Les agents du BDP disposaient également d'un fascicule édité par le STNA : "Les oiseaux des aérodromes français - Prévention du péril aviaire". Ce petit livre, d'une soixantaine de pages, permet aux personnes chargées de la lutte aviaire sur les aérodromes de s'initier à la connaissance de la plupart des espèces qui les fréquentent. Outre la représentation de soixante-sept espèces d'oiseaux, l'ouvrage donne des conseils sur les méthodes d'effarouchement les mieux adaptées pour chaque espèce en insistant sur les plus dangereuses pour la navigation aérienne.

L'arrêté du 24 juillet 1989 a fait l'objet des textes d'application suivant :

- la consigne intérieure n° 298/OG-A-LB qui indique :

"à compter du 1er octobre 1991, dans la mesure où le tableau de service le permet, deux agents chaque jour seront détachés afin d'assurer les missions relatives au péril aviaire conformément au nouveau classement du terrain du Bourget. Un système de demi-journée sera adopté: le matin de 08h00 LOC à 12h00 LOC, l'après-midi de 14h00 à 18h00 LOC.

Il est bien évident que tous les jours de 12h00 LOC à 14h00 LOC, le samedi et le dimanche, en raison du manque d'effectif au bureau de piste, le terrain sera déclassé et l'effarouchement aviaire sera effectué à la demande. Les informations seront notifiées par Notam."

- la consigne intérieure n° 301/OG-A-LB/91, qui précise :

"dans la mesure où le tableau de service le permet, deux agents chaque jour seront chargés de la lutte aviaire (voir consigne intérieure n° 298/OG-A-LB/91)".

et ajoute :

"Pendant la période critique qui s'étale du 1er octobre au 31 mars, les horaires des agents chargés de la lutte aviaire seront de 8h-12h LOC/14h-18h LOC. De 12h LOC à 14h LOC, et le week end, la lutte aviaire se fera à la demande".

En fait, dans la réalité quotidienne, ce service était assuré de la façon suivante : selon l'horaire théorique (8h00- 12h00 LOC - 14h00- 18h00 LOC), les agents du bureau de piste assuraient successivement le service de prévention du péril aviaire sans qu'un d'entre eux soit nommément désigné selon le système de la demi-journée : c'est le chef de quart BPD/CDP qui désignait les agents au fur et à mesure.

La relève de l'agent "descendant" par l'agent "montant" s'effectuait dans les locaux du bureau de piste. Cette procédure permettait la passation des consignes mais impliquait une discontinuité effective du service à chacune des relèves de l'ordre d'un quart d'heure à une demi-heure.

Remarque : l'article 6 de l'arrêté ministériel du 24 juillet 1989 précise que la prévention du péril aviaire est assurée en dehors de la période nocturne. Au sens aéronautique du terme, cela signifie que ce service doit être assuré de 30 minutes avant le lever du soleil à 30 minutes après le coucher du soleil.

Cependant, une certaine ambiguïté existait du fait que le STNA, dans la diffusion des consignes de lutte aviaire en janvier 1993 s'était référé à la nuit éphéméride. Cette anomalie a été corrigée postérieurement à l'accident.

1.16.1.5 La situation au Bourget, le 20 janvier 1995

Le 20 janvier, tous les matériels de lutte contre le péril aviaire n'étaient pas disponibles puisque la ligne de bruiteurs fixes de la piste 07/25 était indisponible depuis un an environ.

Un des agents ayant assuré le service du matin avec le véhicule spécialisé était intervenu pour effaroucher des vanneaux en tirant quinze cartouches à plomb.

Un autre agent avait assuré le service de 13h à 15h. Il avait observé au cours de sa première ronde la présence de 3 à 400 vanneaux huppés, remisés (c'est à dire posés) sur une parcelle à l'état de labour à proximité du seuil de piste 25 entre le point d'attente et le chemin de roulement 8N (cf. annexe 1 - Trajectoire "2D"). Vers 14h, il avait tiré vingt fusées crépitantes, faisant ainsi fuir les vanneaux vers le nord-est de la plate-forme. Jusqu'à 15h, patrouillant sur le terrain, cet agent n'avait plus constaté (ce qui l'avait d'ailleurs surpris) la présence de vanneaux, que ce soit sur la parcelle labourée d'où ces oiseaux avaient été chassés ou en d'autres endroits de la plate-forme.

A 15h, cet agent, ne se sentant pas bien, était retourné au bureau de piste puis était rentré chez lui, avec l'accord du chef de quart.

A partir de quinze heures, il n'y a plus eu de rondes. Aucune activité aviaire inhabituelle n'a été signalée par les équipages. Par ailleurs un agent du BDP qui a été amené à convoier un essencier sur la piste 21, n'a pas observé la présence d'oiseaux.

1.16.1.6 Le vanneau huppé

Le fascicule "Les oiseaux des aérodromes français. Prévention du péril aviaire" décrit (cf. [annexe 2](#)) les caractéristiques du comportement du vanneau huppé.

Retenons que ces oiseaux affectionnent les grands espaces à l'état de labour ou de végétation rase (tels les accotements de piste) où ils se remettent en bandes qui peuvent être importantes. Ils se déplacent aussi bien de jour que de nuit, dans toutes les directions, sans règle définie. Ils se posent sur les pistes dans certaines conditions météorologiques (notamment après la pluie).

En matière de prévention, le fascicule donne les conseils suivants :

- employer simultanément la pyrotechnie ou les cartouches à plomb pour renforcer l'effarouchement,
- attendre après une intervention, pour s'assurer de la fuite effective des oiseaux qui peuvent tourner parfois très haut et retomber dès que la voiture s'éloigne,
- ne pas laisser les vanneaux s'installer en hiver, en harcelant tous les nouveaux arrivants,
- rester très vigilant matin et soir, durant leurs déplacements habituels.

1.16.2 Description sommaire de l'avion et de ses moteurs

1.16.2.1 L'avion

Le Falcon 20 est un avion à cabine pressurisée conçu pour transporter en version standard huit passagers et deux hommes d'équipage.

Le fuselage est divisé en deux parties, le poste d'équipage et la cabine passagers, séparées par l'entrée. (L'annexe 8, réalisée à partir de la documentation Dassault Aviation, donne en trois vues les dimensions de l'appareil).

Le Falcon 20 a été construit en 476 exemplaires entre 1965 et 1990. Motorisé à l'origine par le moteur General Electric CF 700, certains avions ont été remotorisés par des moteurs GARRETT (ATF 3 pour les Falcons des US Cost Guard, TFE 731 pour la version Falcon 20-(X)5). Actuellement 326 avions motorisés par des CF 700 sont encore en service. Les systèmes concernés par l'accident, objet de [l'annexe 8](#), sont sommairement décrits ci-après.

1.16.2.1.1. Protection contre l'incendie

Il existe cinq zones de détection d'incendie :

- chacun des réacteurs (compresseur, relais d'accessoires, chambre de combustion, réchauffeur du carburant),
- le compartiment arrière, non pressurisé,
- les deux compartiments des soutes de train principal,
- le groupe auxiliaire de puissance (APU).

Les poignées des robinets coupe-feu des réacteurs gauche et droit encadrent, au tableau de bord, le tableau incendie qui regroupe les cinq voyants rouges correspondants aux zones de détection précitées (cf. [annexe 8](#), Protection contre l'incendie). Sous ces voyants sont situés les quatre interrupteurs de commandes des extincteurs. Les interrupteurs correspondants aux réacteurs sont à trois positions tandis que ceux correspondants au compartiment arrière et à l'APU sont à deux positions. Ils sont freinés sur la position "repos" par un fil à casser.

1.16.2.1.2. Circuit carburant

[L'annexe 8](#) présente la répartition des réservoirs de carburant du Falcon 20.

La capacité utilisable est de 8832 livres ainsi réparties :

- réservoirs de voilure : 2 X 3686 livres
- nourrices : 2 X 730 livres

Chacune des deux nourrices alimentant un réacteur par une pompe électrique basse pression est constituée d'un réservoir souple contenu dans un caisson structural ventilé. Ces nourrices se situent dans

la partie non pressurisée du fuselage, à l'arrière, au niveau des réacteurs. Elles sont pressurisées par de l'air de prélèvement réacteur au travers d'un détendeur.

1.16.2.1.3. Commandes de vol

Description des commandes principales

Les commandes de vol principales sont des commandes irréversibles entièrement assistées. La timonerie de commande, constituée par des bielles rigides et des guignols usinés, relie les commandes du poste de pilotage aux servocommandes hydrauliques à double corps, une pour la direction, une pour la profondeur et une pour chaque aileron. Les servocommandes sont à double corps indépendant, chacun alimenté par un circuit hydraulique différent. Le pilotage de l'avion au moyen des commandes hydrauliques reste donc possible en cas de panne de l'un des deux circuits hydrauliques. En cas de panne hydraulique totale, les gouvernes peuvent être manoeuvrées manuellement, mais avec une certaine perte d'efficacité. Comme aucun asservissement aérodynamique ne lie les gouvernes aux commandes du poste de pilotage, un système de ressorts assure une restitution artificielle d'effort. La tension des ressorts est automatiquement modifiée en fonction de la vitesse, de façon à augmenter les efforts aux commandes sur les axes de roulis et de tangage aux vitesses élevées. Les gouvernes ne comportent aucun tab d'aucune sorte, mais une compensation est réalisée électriquement sur les trois axes.

Plan horizontal

Le plan horizontal réglable (PHR), à incidence variable, sert à la compensation longitudinale de l'avion et son fonctionnement est strictement électrique. Deux circuits de commande, l'un normal (non délesté) et l'autre de secours (délesté), commandent les mouvements du plan horizontal depuis le poste de pilotage par l'intermédiaire d'interrupteurs et de câblages séparés.

Becs sortis, les plages de débattement du plan horizontal avec le circuit de commande normal sont les suivantes : 0° maximum piqué ;

- 7°45' maximum cabré.

Dispositifs hypersustentateurs et hyposustentateurs

Les dispositifs décrits ci-dessous sont les volets de bord de fuite, les becs de bord d'attaque, les aérofreins.

Volets de bord de fuite

Ces volets à fente se composent de quatre sections entièrement métalliques, deux pour chaque voilure, reliées entre elles par une liaison mécanique. La sortie des volets consiste en un mouvement vers l'arrière et vers le bas. Les volets sont commandés électriquement et actionnés hydrauliquement par le circuit N° 1. Un moteur hydraulique actionne un arbre en torsion entraînant des vérins à vis : un pour chaque volet interne et deux pour chaque volet externe.

En cas de panne du circuit N° 1, les volets peuvent être manoeuvrés par le vérin de transfert au moyen du bouton poussoir "FLAPS EMERG" du pylône.

Becs de bord d'attaque

Les becs basculants s'étendent sur chaque voilure du fence à la carène.

Les becs sont à commande électrique et sont actionnés par deux vérins hydrauliques, un dans chaque bord d'attaque. Ces vérins sont alimentés par le circuit N° 1. Les becs sont soit sortis (25°) soit rentrés, selon l'ordre donné par la manette de commande des volets. Les vérins incorporent des dispositifs de verrouillage de fin de course de sorte que, en cas de panne hydraulique, ils restent verrouillés dans la position où ils se trouvaient au moment de la panne.

Manette de commande des volets et des becs

Cette manette, située à la partie arrière droite du pylône, comporte quatre positions commandant

électriquement la manoeuvre des volets et des becs. La position "CLEAN" correspond à la position rentrée des volets et des becs. Les trois autres positions correspondent à la position "sortie" des becs associée aux trois positions "sortie" des volets : 15° ; 25° ; 40°.

Aérofreins

Les aérofreins sont constitués de deux sections montées à l'extrados de chaque voilure. Ils sont commandés électriquement par l'intermédiaire d'une commande sur le pylône et actionnés par le circuit hydraulique N° 1. En cas de panne de ce circuit hydraulique, le vérin de transfert assure leur fonctionnement.

Les aérofreins ont deux positions : sortis (70° ou moins selon la vitesse) et rentrés.

1.16.2.1.4. Circuit électrique

Le circuit électrique de l'avion est à la fois continu et alternatif.

Le circuit électrique de base en courant continu 28,5 volts () est alimenté en vol par deux génératrices entraînées par les réacteurs et utilisées également comme démarreurs et par deux batteries couplées en parallèle et utilisées en cas de surcharge temporaire ou de panne des deux génératrices. En utilisation normale, une génératrice suffit à couvrir le bilan électrique de l'avion.

A noter l'existence d'une électropompe hydraulique de secours branchée sur une barre non délestée.

Les deux batteries sont montées dans le compartiment arrière, dans un coffret isolé et ventilé.

1.16.2.1.5. Circuit hydraulique

Les deux circuits hydrauliques sont indépendants sans communication possible entre eux. Chaque circuit() est normalement alimenté par une pompe individuelle entraînée par un réacteur, et la pression d'utilisation est de 200 bars. Une troisième pompe électrique (électropompe) peut délivrer une pression hydraulique de secours de 115 à 150 bars pour alimenter uniquement les servocommandes en remplacement du circuit N°1, ou pour alimenter du côté circuit N°2 uniquement les servocommandes et l'amortisseur de lacet (cf. planche circuit hydraulique en annexe 8).

Le circuit hydraulique N°1 alimente l'un des corps des servocommandes à travers un clapet antiretour. Il alimente en outre les volets, les becs de bord d'attaque, les aérofreins, le freinage normal, la dirigeabilité et la sortie et rentrée du train.

Le circuit hydraulique N°2 alimente le deuxième corps des servocommandes, ainsi que l'amortisseur de lacet, les Arthurs de profondeur et de gauchissement, la sortie du train en secours et le freinage de secours et de parking.

Il est également possible, grâce à un vérin de transfert actionné par le circuit N°2, de délivrer une pression réduite suffisante pour une manoeuvre de train (rentrée ou sortie), ou pour le fonctionnement des aérofreins et le freinage normal à l'atterrissage. Le vérin de transfert est également utilisable pour la manoeuvre des volets (au lieu du train ou des freins) grâce à une électrovanne commandée depuis le poste de pilotage.

Electropompe de secours

L'électropompe de secours est alimentée en courant continu à partir de la barre bus principale. L'électropompe de secours est commandée par un sélecteur de commande à cinq positions monté sur le panneau central de la planche de bord (cf. planche circuit hydraulique en annexe 8). Ce sélecteur a une position centrale neutre, et deux autres positions pour chaque circuit, une "essai" et une "marche".

Quand le sélecteur est en position centrale "neutre", l'électropompe est coupée, les circuits d'alimentation et de distribution isolés.

Quand le sélecteur est en position premier cran à gauche ou à droite "test", l'électropompe démarre si la pression est inférieure à 110 bars et aspire le liquide hydraulique de la capacité de secours du réservoir N°

1 ou N°2. L'accumulateur du circuit de secours est alors chargé.

Quand le sélecteur est en position à fond à gauche "Marche", l'électropompe alimente les servocommandes côté circuit N°1, les becs du bord d'attaque, les volets, les manoeuvres du train et le freinage.

Quand le sélecteur est en position à fond à droite "Marche", l'électropompe alimente les servocommandes côté circuit N°2 et l'amortisseur de lacet.

Vérin de transfert

Le vérin de transfert se compose de deux chambres distinctes dont les sections ont des surfaces différentes, la plus grande du côté du circuit N°1 et la plus petite du côté du circuit N°2. En raison de la différence des surfaces, la chambre N°1 est pleine lorsque les deux circuits sont en pression. Lorsque la pression baisse dans le circuit N°1, le piston entraîné par la pression existant dans la chambre N°2 chasse le liquide de la chambre N°1 vers les équipements sélectionnés, sous une pression maximale de 175 bars.

Les principaux équipements hydrauliques (les deux réservoirs, l'électropompe, les accumulateurs, le vérin de transfert) sont regroupés dans le compartiment arrière.

1.16.2.1.6. Pressurisation et conditionnement

Circuit pneumatique

Le conditionnement et la pressurisation de la cabine, du poste de pilotage et de la pointe avant sont réalisés grâce à l'air comprimé prélevé sur le compresseur de chaque réacteur. A une courte distance du point de prélèvement sur chaque réacteur, une faible partie de cet air est déroutée pour assurer la pressurisation des réservoirs de carburant et des réservoirs hydrauliques et pour permettre, par l'intermédiaire d'une vanne à commande manuelle montée sur la cloison arrière de pressurisation, d'alimenter en secours le conditionnement et la pressurisation de la cabine. La majeure partie de l'air comprimé parvient à la vanne de conditionnement après être passée par les robinets d'isolement P3 et les limiteurs de débit.

Robinet d'isolement P3

Deux robinets d'isolement P3, un pour chaque réacteur, sont actionnés électriquement au moyen de deux interrupteurs à deux positions montés sur la planche de bord. Ces robinets sont ouverts en fonctionnement normal et peuvent être fermés séparément par l'équipage de conduite en cas de fumée ou de feu réacteur.

Ecope d'air dynamique

Pour des cas particuliers d'urgence ou des vols sans pressurisation, la pointe avant, le circuit d'aération et le circuit de conditionnement peuvent être alimentés en air frais grâce à une écope d'air dynamique, escamotable, qui peut être sortie soit par un interrupteur sur le pylône soit, automatiquement, lorsque les extincteurs sont déchargés dans la soute arrière.

Les principaux équipements pneumatiques (dont les robinets P3) sont regroupés dans le compartiment arrière, en partie supérieure, dans une zone débouchant dans le pied de dérive.

Les deux soupapes de pressurisation qui assurent la régulation du débit d'air sont montées sur la cloison de pressurisation, à mi-hauteur (cf. planches conditionnement et pressurisation de l'[annexe 8](#)).

1.16.2.2 Les moteurs

Conception générale

Le moteur se compose d'un générateur de gaz CJ 610, monoflux, monocorps auquel a été ajouté à l'arrière un étage "fan turbine libre" (cf. [annexe 9](#), planche 1).

Cet étage (appelé soufflante dans la suite du texte), fonctionne en autorotation. Il est entraîné dans sa partie chaude (partie turbine) par les gaz chauds issus du générateur de gaz et joue le rôle de

compresseur pour l'air du flux froid (partie soufflante). L'air froid est comprimé dans un rapport 1,6 et se détend à travers un stator redresseur de flux. La poussée est ainsi augmentée de 57 % environ (soit 4500 lbs) par rapport à celle du CJ 610 (2850 lbs), pour une consommation spécifique diminuée d'environ 35 %

Régulation

Par conception, seul le générateur de gaz est régulé. La soufflante tourne librement autour de l'arbre secondaire qui porte uniquement le disque de soufflante (cf. [annexe 9](#), planches 2 et 4). Un capteur mesure la vitesse de rotation (les régimes du générateur de gaz et de la soufflante sont visualisés au poste de pilotage en pourcentage du régime maximum). Il n'y a, par conséquent, aucun autre moyen d'action sur le régime de rotation du disque de soufflante que la diminution du régime du générateur de gaz par la manette des gaz.

Les régimes de rotation respectifs du générateur de gaz et de la soufflante figurent sur le tableau ci-après :

	N1 générateur de gaz	N2 soufflante
régime maximum (100%)	16500 t/mn	9800 t/mn
ralenti (46% $\pm$ 1,5%)	# 7800 t/mn	2550 t/mn < N2 < 2940 t/mn soit 26% < N2 < 30%

Protection

La régulation de ce moteur comporte les protections habituelles : vannes de décharge pour le compresseur et limiteur mécanique de la vitesse de rotation du générateur de gaz. En cas de surchauffe de la turbine, il n'y a pas de protection automatique. Ce paramètre est surveillé par l'équipage.

Pour parer à l'éventualité d'une rupture d'une aube de soufflante, un anneau de rétention en acier renforce le carter (cf. [annexe 9](#), planche 2). Le risque de libération d'une aube qui percerait le carter est couvert par le dispositif suivant : une canalisation torique reliée à la prise de pression du générateur de gaz (dite "ligne P3") est disposée dans le plan du disque de soufflante dans une gorge de l'anneau de rétention. Lorsque ce tube est sectionné ou percé, le paramètre P3 est ramené à la pression ambiante, ce qui a pour effet de commander au régulateur le retour au régime de ralenti (cf. [annexe 9](#), planches 2 et 3).

1.16.3 Certification

1.16.3.1 Le Falcon 20

1.16.3.1.1 Les textes de 1965

Le Falcon 20 a été certifié selon le règlement AIR 2051 équivalent au règlement CAR 4b de la FAA : certificat de navigabilité de type n° 35 du 9 juin 1965.

Le Grand Livre de Certification récapitule l'ensemble des textes du règlement AIR 2051 applicables en page gauche et, en regard, en page droite, la réponse de l'avionneur pour satisfaire au règlement.

Les deux chapitres essentiels concernés par l'installation des groupes motopropulseurs sont repris ci-après :

Chapitre 5.01.4 AIR 2051: Protection contre les aubes de turbine

Les installations de turbomachines devront comporter une protection telle qu'en cas de rupture d'une aube de turbine d'un moteur quelconque, le fonctionnement des autres moteurs ne soit pas affecté par cette rupture, et que l'avion puisse encore être utilisé avec sécurité, à moins que le Certificat d'homologation du moteur ne spécifie qu'on a établi que le carter de la turbine était capable d'empêcher les dégâts résultants

de la rupture d'une aube de turbine de s'étendre à l'extérieur.

En page droite, la réponse correspondante est : "condition satisfaite, le réacteur CF 700 est certifié avec mention de la résistance à la rupture des aubes (voir CF 700 type certificate data sheet n° E7EA)".

Chapitre 5.01.5 AIR 2051: Protection contre les disques de turbine

On devra prendre des précautions, dans la conception de l'avion, pour réduire le plus possible le risque de détruire la sécurité de l'avion dans le cas de la rupture de la roue de la turbine, à moins que le Certificat d'homologation du moteur ne spécifie qu'on a démontré :

- que les roues de turbine présentent une résistance suffisante pour supporter, sans rupture, des causes d'avaries telles que celles pouvant résulter de vitesses de rotation de la turbine, de températures ou de vibrations excessives,
- et que la conception et le fonctionnement des circuits de l'installation motrice associés aux dispositifs, aux circuits et aux instruments de contrôle du moteur sont tels qu'ils procurent une certitude raisonnable que les limites d'emploi du moteur ayant une influence défavorable sur le maintien de l'intégrité de la structure de la roue de turbine ne seront pas dépassées en service.

En page droite, la réponse correspondante est : "condition satisfaite, le réacteur CF 700 est certifié avec mention de la résistance à la rupture des disques de turbine (voir note 9 de "CF 700 type certificate data sheet n° E7EA")".

1.16.3.1.2 Analyse des risques d'incendie dans le compartiment arrière

L'avionneur a précisé comment avaient été conçus et installés les équipements situés dans le compartiment arrière pour pallier le risque d'incendie. Le document de certification (DTM n° 567) est reproduit en annexe 10.

Ce document procède d'abord à la description du compartiment arrière en rappelant l'ensemble des équipements installés (équipements électriques, hydrauliques, pneumatiques, APU, commandes de vol). Il fait ensuite l'analyse des risques d'incendie correspondants et définit les consignes données dans le manuel de vol en cas de feu réacteur ou d'échauffement dans le compartiment arrière. Ces consignes, en vigueur dans le manuel d'exploitation de LEADAIR UNIJET font l'objet de l'annexe 11, annexe complétée des consignes en cas de panne d'un réacteur au décollage et des méthodes de travail à bord.

En résumé, les consignes en cas de feu dans le compartiment arrière sont les suivantes :

Phase 1 - En cas de signalisation par voyant FIRE REAR COMP et/ou avertisseur sonore :

- batteries 1 et 2 coupées,
- airframe ANTI-ICE coupée,
- manettes des gaz réduites
- interrupteurs BLEED AIR fermés (cette fermeture évite la remontée de fumées dans le circuit de conditionnement d'air dans la cabine),
- APU coupé,
- inspecter le compartiment arrière par le regard des toilettes,

Si le feu est évident (flamme ou fumée apparente) :

Phase 2 - extincteur feu compartiment arrière : position 1

Cette sélection provoque (cf. annexe 8) la décharge des deux extincteurs dans le compartiment arrière, l'arrêt de l'APU et la sortie automatique de la RAM AIR.

En nota (section 2 sous section 01 - page 4), il est précisé que : "bien que le compartiment arrière ne soit pas considéré comme zone de feu, la présence de câblages électriques et d'organes vitaux n'a pas permis d'éliminer l'éventualité d'un feu, d'où la possibilité d'utiliser les extincteurs normalement prévus pour les réacteurs".

1.16.3.1.3 Manoeuvrabilité de l'avion en cas de perte totale des générations hydraulique et/ou électrique

L'avionneur a précisé les capacités de manoeuvre du Falcon 20 dans les trois cas suivants :

- perte totale de génération hydraulique,
- perte totale de génération électrique,
- perte totale et simultanée des générations hydraulique et électrique.

Cette étude, qui corrobore les données de la certification prend en compte la configuration de l'avion lors de l'accident (masse de 28100 livres, centrage, volets sortis à 25°, PHR calé à -4°, -4,5°, - 5,5°) . Elle est reproduite en annexe 12.

En cas de perte totale et simultanée des générations hydraulique et électrique la manoeuvrabilité de l'avion est théoriquement assurée au prix des efforts au manche donnés par la courbe de l'annexe 12.

1.16.3.2 Le moteur

Le moteur CF 700 2D-2 a été certifié par la FAA selon le règlement CAR 13 amendement 13.5 (Engine type certificat number E7EA du 18 septembre 1963), règlement accepté par les autorités françaises.

En ce qui concerne :

- les ingestions d'oiseaux,
- les protections contre les survitesses,
- les protections contre les ruptures d'aube de soufflante,

le motoriste a communiqué quelles étaient à l'époque les exigences de la réglementation américaine et les solutions techniques retenues pour y répondre. L'annexe 13 récapitule la réglementation d'alors (colonne FAA Requirement) et la réponse du motoriste (GE Substantiation).

Pour ce qui est des disques de turbine, on y relève :

13-216 Turbine rotors. To minimize the probability of failure of turbine rotors, the provisions of paragraph (a) and (b) of this section shall be complied with.

(a) Turbine rotors shall be demonstrated to provide sufficient strength to withstand damage inducing factors such as those which might result from abnormal speeds, temperatures or vibration.

(b) The design and functioning of engine control devices, systems, and instrumentation shall be such as to give reasonable assurance that those engine operating limitations which affect turbine rotor structural integrity will not be exceeded in service.

La note 9 de la "data sheet" E7EA du certificat de type américain est reprise ci-dessous :

These engines meet FAA requirements for operation in icing conditions, for adequate turbine and fan disc integrity and rotor blade containment and do not require airframe mounted armoring.

Les ingestions d'oiseaux

A cette époque, il n'existait pas de spécification imposant au motoriste de procéder à des démonstrations de résistance du moteur aux ingestions d'oiseaux (cf. annexe 13, page 1). Cependant, GE a procédé à des essais d'ingestion dans le générateur de gaz et dans la soufflante. Un résumé des essais réalisés en 1964 en ce qui concerne la soufflante fait l'objet de l'annexe 14.

Les protections contre les survitesses

La réponse de GE pour satisfaire à ces exigences (cf. annexe 13 GE Substantiation - page 3) est la suivante : en cas de panne double du système de régulation de carburant et du régulateur de survitesse, à la vitesse maximum du générateur de gaz de 19 140 t/mn, le disque de soufflante doit être conçu pour tourner à la vitesse de 10 380 t/mn. Les essais réalisés ont satisfait à ces critères : vitesse du disque de 10 950 t/mn tenue pendant 5 minutes 40 secondes.

Les protections en cas de rupture d'aube de soufflante

Le processus par lequel la certification du moteur a été acquise est résumé ci-après:

- GE a effectué quatre essais de rétention d'aube sur un autre type de moteur, le GE CJ 805-23(), essais ayant permis de mettre au point l'anneau de rétention et le système de réduction automatique de puissance en cas de séparation d'aube.

- à partir des résultats positifs de ces essais, la certification du CF 700 a été acquise par similitude, le CF 700 reprenant à échelle réduite la même conception que le CJ 805-23 (cf. [annexe 13](#) - page 4 ² conclusion²).

Le résumé de ces quatre essais fait l'objet de [l'annexe 15](#).

1.16.4 Historique des événements dus aux ingestions d'oiseaux

1.16.4.1 Statistique des incidents et accidents

Le motoriste a communiqué les données suivantes qui récapitulent les événements provoqués par les ingestions d'oiseaux. Ces statistiques concernent la période 1964 - 1994 pour les moteurs avionnés sur Falcon 20 et Sabreliner 75A (taux rapporté à 100.000 décollages).

	Nombre d'événements	Taux pour 100 000 décollages
Ingestion d'oiseau(x) dans le(s) moteur(s)	236 (*)	5,79
Changement moteur (total)	188	4,61
Changement d'un seul moteur	174	4,27
Changement des deux moteurs	7	0,17
Accident résultant de la chute de puissance des deux moteurs (atterrissages forcés)	4 (**)	0,10

(*) estimation (**) : trois accidents de Falcon 20, un accident de Sabreliner 75A

1.16.4.2 Conséquences des ingestions d'oiseaux

Le motoriste a communiqué les données suivantes qui permettent d'illustrer les conséquences des ingestions d'oiseaux sur les différents composants du moteur. Le tableau ci-après porte sur 147 moteurs endommagés par des ingestions d'oiseaux depuis 1981.

Partie du moteur endommagé	Nombre d'événements	%
Dommages limités au disque de soufflante	24	16,3
Dommages à la fois au disque de soufflante et au générateur de gaz	12	8,2
Dommages limités au générateur de gaz	71	48,2
Dommages pour lesquels la partie du moteur touchée n'est pas connue	10	6,8

non connus		
Dommages tels que ni le disque de soufflante, ni le générateur de gaz ne sont touchés	30	20,5
TOTAL	147	100,0

Le motoriste a précisé d'autre part qu'environ 80 % des ingestions d'oiseaux connues ont provoqué des dommages au moteur.

Quant aux conséquences des ruptures d'aubes de soufflante (partie haute de l'aube, dans le flux froid), GE a apporté les précisions suivantes recueillies par son centre de maintenance de Strother (période 1986 - 1994). Sur les dix cas connus de ce centre de maintenance, les observations suivantes ont été faites :

- dans cinq cas, le nombre d'aubes rompues est limité à cinq (le disque comporte cinquante-quatre aubes) ; dans les cinq autres cas, toutes les aubes sont rompues,
- les dommages subis par le générateur de gaz sont importants dans sept cas et ne sont pas connus dans les trois autres cas. Dans les cinq cas où toutes les aubes sont rompues, le générateur de gaz a subi d'importants dommages(),
- le carter de soufflante a été perforé dans la plupart des cas correspondant aux aubes rompues, mais les fragments ont été contenus par l'anneau de rétention qui enveloppe le carter de soufflante,
- l'étendue des dégâts causés par impacts sur le bord d'attaque des aubes redresseur de sortie varie de faible à importante (cas où la totalité des aubes est rompue),
- aucun des dix cas de ruptures d'aubes ne présente d'indices de survitesse.

1.16.4.3 Description sommaire des accidents provoqués par des ingestions d'oiseaux dans les deux moteurs

Les quatre accidents provoqués par une chute de puissance des deux moteurs (cf. paragraphe 1.16.4.1) à la suite de l'ingestion d'oiseaux sont brièvement évoqués ci-après.

Ces quatre accidents ont ceci de commun que :

- les avaries moteurs ont été contenues,
- aucun phénomène de survitesse de disque de soufflante n'a été rapporté.

Falcon 20 N50CA, le 28 juillet 1968 aux USA

Au décollage de Cleveland (Ohio), l'appareil entre en collision avec un vol massif de mouettes (poids moyen 450 grammes). Les deux moteurs ingèrent des oiseaux. A la suite de la double perte de puissance consécutive, l'équipage fait un amerrissage forcé dans le lac Erie. Aucun blessé.

Les deux entrées d'air moteur sont déformées et couvertes de débris d'oiseaux. Très importants dommages des générateurs de gaz et des soufflantes des deux moteurs (nature des dommages non précisée).

Falcon 20 LN-FOE, le 12 décembre 1973 en Angleterre (aérodrome de Norwich)

Après le décollage, vers 200 pieds de hauteur, le pilote évite deux vols de mouettes rieuses et de goélands cendrés (respectivement de poids moyens 275 grammes et 420 grammes), mais ne peut éviter une troisième formation. EGT (Exhaust Gas Temperature) en diminution sur les deux moteurs et baisse du régime. Train sorti, l'équipage décide l'atterrissage forcé après un virage à gauche. L'avion évite des arbres et atterrit dans le champ visé. Le train est fauché. L'avion s'immobilise sur le ventre. Evacuation des trois membres d'équipage, légèrement blessés, et des six passagers indemnes.

Sur le moteur gauche, onze aubes de soufflante sont totalement cassées et huit partiellement. Les dommages très importants du générateur de gaz sont à l'origine de la chute de puissance.

Sur le moteur droit, à l'évidence, le générateur de gaz a subi l'ingestion de plusieurs oiseaux qui sont à l'origine de dommages majeurs des deuxième et troisième étages du compresseur, expliquant le

décrochage et la chute de puissance.

Sabreliner 75A, le 14 juin 1975 à Watertown USA

Pendant le décollage de Watertown (Dakota du sud), l'avion entre en collision avec une formation de mouettes de Franklin (poids moyen 260 grammes). Les deux moteurs perdant une partie de leur puissance, l'équipage effectue un atterrissage forcé dans un champ labouré. Six personnes sont blessées.

Les deux moteurs ont ingéré des oiseaux. Le détail des dommages moteurs n'est pas connu.

Falcon 20 N27R le 12 novembre 1976 USA

Au décollage de Naples (Floride), l'avion entre en collision avec un vol de goélands à bec cerclé (poids moyen 485 grammes). A la suite de la perte de puissance sur les deux moteurs, l'équipage fait un atterrissage forcé. Les onze personnes à bord sont blessées.

Le moteur droit a ingéré trois oiseaux (endommagements non précisés). Le moteur gauche n'est pas endommagé malgré des traces d'ingestion au niveau de l'entrée d'air.

1.16.5 Les expertises sur l'épave

1.16.5.1 L'avion

Cellule

Rappelons que le fuselage a été totalement ravagé par un incendie intense, incendie qui a rendu difficiles les investigations et a limité le nombre des expertises possibles, de nombreux équipements ayant été totalement détruits.

Le compartiment arrière a été soigneusement fouillé. La planche en annexe 16 le représente en trois vues dans la zone des moteurs et de leur nourrice de carburant. Cette planche est renseignée du résultat des fouilles entreprises : aux endroits légendés 1), 2), 3) de la nourrice gauche et 4) de la nourrice droite, des aubes du disque de soufflante ont été trouvées, entières ou fractionnées. Les flèches indiquent quels ont été les axes de cheminement de ces projectiles à haute énergie pour atteindre l'intérieur des nourrices après avoir transpercé le capotage moteur, le revêtement du fuselage et les caissons structuraux des nourrices. Ces axes sont pratiquement dans le plan du disque de soufflante (en 4)) ou légèrement en avant ou en arrière (en 1),2),3)).

Commandes de vol

- les servocommandes de gauchissement gauche et droite, la servocommande de direction et la servocommande de profondeur, passées au banc hydraulique, sont en état de fonctionnement,
- le distributeur de l'électropompe (situé dans le compartiment arrière) est tel que la position de la came crantée de commande des tiroirs confirme la position du sélecteur au tableau de bord (position intermédiaire gauche, activation du circuit 1),
- le trim de direction est en état de fonctionnement. La position relevée sur la tige du vérin indique que le trim est calé à zéro, ce qui correspond à un réglage de la direction au neutre,
- la course relevée sur la tige du vérin électrique du PHR permet de mesurer son incidence qui est de -4°; le vérin fonctionne de façon nominale,
- l'examen du piston interne du vérin de transfert indique que celui-ci n'a pas été sollicité (vérin en position normale d'attente - circuit hydraulique n° 1 activé),
- l'examen des vérins externe et interne du volet gauche confirme la position du sélecteur : les volets sont sortis à 25°,
- le vérin électrique de commande d'écope d'air dynamique est dans la position correspondant à l'écope en position fermée,
- il n'a pas été possible, compte tenu de l'état de l'épave, de s'assurer de la continuité des timoneries des commandes de vol permettant le pilotage manuel en cas de perte totale de la génération hydraulique.

Protection contre l'incendie

L'état de l'épave n'a permis d'expertiser que les trois bouteilles extincteurs, leurs circuits respectifs ayant

été totalement détruits.

L'expertise des trois bouteilles retrouvées vides amène aux conclusions suivantes :

- les trois cartouches des têtes de percussion de la bouteille du moteur gauche ont été mises à feu sous l'effet de la chaleur,
- la tête de percussion n°1 de la bouteille du moteur droit n'est plus en place et les cartouches des têtes de percussion n° 2 et 3 ont été mise à feu sous l'effet de la chaleur,
- la cartouche de la tête de percussion de la bouteille de l'APU n'a pas été percutée. La vidange du fréon résulte de la perte d'étanchéité consécutive à un choc.

Train d'atterrissage

Les expertises ont permis d'établir que le train était en début de séquence de sortie commandée.

1.16.5.2 Les moteurs

1.16.5.2.1 Moteur gauche

1.16.5.2.1.1 Aspect général

Le moteur était installé dans sa nacelle, avec son pylône de liaison avec le fuselage (cliché 3 de l'annexe "photographies").

Le moteur est séparé en deux parties au niveau du disque de la soufflante. Le disque de soufflante, les deux demi- arbres coniques du disque et la partie postérieure du module de soufflante se sont désolidarisés du moteur (cliché 4).

Le flanc gauche de la nacelle est brûlé sur toute sa longueur ; le flanc droit l'est également, dans une moindre mesure.

L'entrée d'air est écrasée dans sa partie inférieure gauche et déformée vers l'intérieur (cliché 3).

A l'arrière de cet ensemble, le distributeur de la turbine de soufflante a été déformé et déchiré. L'enveloppe extérieure du carter de soufflante est déchirée globalement de l'intérieur vers l'extérieur.

Le palier N° 4 (à l'avant de l'arbre de soufflante) est toujours en place ; l'arbre conique avant a été sectionné à la sortie du palier.

Le disque de soufflante a été découvert entier dans l'herbe (cliché 5 - disque en position G, trajectoire "2D", annexe 1).

La partie arrière du module de soufflante a été retrouvée sur la piste, découpée dans le plan du disque. Les bords d'attaque des aubes du redresseur du flux secondaire sont partiellement détruits (cliché 6).

Le demi-arbre conique arrière a été déchiré à partir du palier N° 5 et arraché du disque.

Le cône de sortie a été complètement aplati, sans doute lors de sa chute sous un angle proche de la verticale.

La tuyère est déformée. Elle a été entraînée par la mitre qui a été découpée dans le plan du disque de soufflante.

Parmi les éléments expertisés, les plus significatifs sont les suivants :

- l'anneau de rétention rompu en plusieurs endroits ;
- des fragments d'aubes du rotor de soufflante (parties chaudes et parties froides) comprenant 33 pieds ;
- deux morceaux du demi-arbre conique avant de la soufflante avec quatre fragments de leurs boulons de fixation sur le disque.

Sur le pylône, des fragments d'aube éjectés ont percé ou sectionné le corps du réchauffeur carburant, la tuyauterie d'alimentation en amont du réchauffeur et une tête de boulon sur son embase de fixation. Ces impacts se situent sensiblement dans le plan des aubes du disque de soufflante.

La vanne coupe-feu était fermée au trois quart.

1.16.5.2.1.2 Analyse des prélèvements

Des dépôts composés de fragments de plumes et de matières organiques ont été prélevés dans les veines d'air des flux froid et chaud, en particulier sur la paroi d'entrée d'air du générateur de gaz, dans le compresseur et sur le redresseur, derrière la soufflante.

L'expertise des fragments de plume a permis d'établir que les oiseaux ingérés étaient de l'espèce vanneau huppé (*Vanellus vanellus*).

1.16.5.2.1.3 Etat du disque de soufflante

Référence : Part Number 5002T40 P01
Numéro de série : WYR - WDB 01491

Aspect général

Le disque est encore pourvu de 18 pieds d'aubes rompus à quelques millimètres de leur plate-forme ([cliché 5](#)). Le contrôle dimensionnel (voir ci-après) a mis en évidence une dilatation du diamètre du disque dans son plan.

Les trois quarts des pieds sont situés sur une moitié du disque, la zone la plus démunie ne présente qu'un pied sur un secteur de 120°. Ces pieds d'aubes accusent un jeu important dans leur logement.

En dehors des sites encore munis des pieds d'aubes, tous les logements ont été plus ou moins endommagés lors de la désolidarisation de leur aube respective ([cliché 7](#)).

Ces endommagements sont caractérisés par des cisaillements et des arrachements des lobes des logements des pieds d'aubes, plus particulièrement ceux situés à la périphérie du disque et du côté correspondant à l'extrados des aubes du flux primaire.

Ces arrachements, ponctuels ou sur toute la largeur de la jante, s'accompagnent souvent d'un soulèvement du lobe supérieur vers l'extérieur, causé par le basculement ou la flexion de l'aube dans le sens inverse de la rotation du disque (cf. [cliché 8](#)). Ce sont les formes particulières de ces arrachements qui ont permis de replacer chaque pied d'aube dans son logement initial pour aboutir à la reconstitution de la planche correspondant au [cliché 10](#).

La coloration du matériau, plus soutenue à proximité de la jante, n'indique pas des niveaux de température excessifs. Un léger début de "peau d'orange" est à noter sur le voile au voisinage de la jante.

Des traces de frottement et d'arrachement, presque tangentielles, marquent l'intérieur de la jante sur les deux faces du disque, sur un secteur allant du poste 30 au poste 54.

L'intérieur de la jante présente également un profil déformé avec des ondulations (cf. [cliché 8](#)). Ces écarts entre ondes voisines, mesurés diamétralement, varient de 0,2 à 0,5 mm.

Les trous de passage des boulons de fixation sont plus ou moins ovalisés ; certains sont nettement déformés à leur sortie sur la face du disque par les boulons avant leur rupture ([cliché 9](#)).

Contrôles

- Des contrôles dimensionnels ont été réalisés. Par rapport aux cotes d'origine, la dilatation est de :

. 7,2 à 8 mm pour le diamètre extérieur du disque,

. environ 6 mm pour le diamètre du cercle des passages des boulons de fixation des deux demi-arbres.

En outre ces déformations ne sont pas uniformes.

Les déformations maximales affectent le secteur du disque correspondant aux aubes 11 à 21, ou aux trous de fixation 5 à 8.

Les déformations minimales sont situées sur un secteur qui ne leur est pas tout à fait opposé (aubes 46 à 3 et trous de fixation 18 à 2), comme indiqué sur le schéma simplifié ci-après :



- Un essai de ressuage a montré que le disque ne présentait pas de fissure ou d'amorce de rupture.
- Les mesures de dureté effectuées ont montré que les caractéristiques du matériau étaient conformes aux spécifications du constructeur, définies par une fourchette de 34 à 44 Rockwell C.
- L'analyse du matériau a été effectuée sur un prélèvement de copeaux obtenus par fraisage dans le voile du disque. Le disque a une composition conforme à celle de l'alliage base nickel dénommé "WASPALLOY".

1.16.5.2.1.4 Etat des aubes de soufflante

Différents fragments d'aubes ont été retrouvés. Les fragments ayant les dimensions les plus grandes sont constitués du pied d'aube, du profil d'aube (du flux chaud) et de la plate-forme intermédiaire (sept aubes ont été retrouvées dans cet état). Toutes les autres aubes retrouvées ont été brisées en plus de deux morceaux. Ces fragments d'aubes présentent en général de multiples impacts.

Tous les fragments issus de la partie froide des aubes ont été rompus au dessus de la plate forme intermédiaire. Aucun d'eux n'a été retrouvé dans le fuselage. Les cassures sont d'aspect statique.

Des cinquante-quatre aubes de soufflante, seuls trente-trois pieds d'aube ont été retrouvés au cours de l'inspection de la piste après l'accident et pendant les recherches postérieures sur l'épave et sur le terrain. Ils se répartissent en dix-huit pieds restés en place sur le disque, huit trouvés sur la piste, et sept qui avaient pénétré dans les nourrices de carburant. Aucune trace de rupture en fatigue n'a été mise en évidence : les ruptures des fragments examinés sont d'aspect statique. De nombreuses aubes ont été rompues ou déformées par des chocs avec des éléments voisins.

1.16.5.2.1.5 Anneau de rétention

L'anneau de rétention du disque de soufflante a éclaté. Les trois morceaux qui ont été retrouvés n'en reconstituent pas la totalité. Ces secteurs de l'anneau sont déroulés et vrillés. Ils présentent des déchirures et des impacts très marqués en creux sur leurs profils internes (voir [schéma](#) et [clichés 11](#) et 12). Certains trous de la bride de fixation sont ouverts, apparemment déchirés par les boulons.

De l'anneau de rétention avant, il n'a été retrouvé que deux morceaux qui ne présentent pas d'impact sur leur parois intérieure.

1.16.5.2.1.6 Arbre de la soufflante

Les deux demi-arbres coniques se sont rompus en statique sous l'effet d'un effort en flexion. Les paliers avant et arrière de l'arbre de la soufflante tournent librement.

1.16.5.2.1.7 Boulons d'assemblage du disque sur les deux demi-arbres

Un certain nombre de fragments de boulons de fixation ont été retrouvés sur le site.

Quelques uns de ces fragments sont présentés sur le [cliché 13](#). Ils présentent tous des déformations en flexion et des cassures en cisaillement.

1.16.5.2.1.8 Examen du carter de la soufflante

L'examen des différentes pièces du carter de la soufflante a montré que le disque s'était désolidarisé du moteur suivant une direction proche de 11 heures en regardant par l'arrière.

1.16.5.2.1.9 Le générateur de gaz

Configuration

Les vannes de décharge sont ouvertes, les aubes directrice d'entrée d'air sont au calage correspondant à la fermeture, vérins de commande en position rétractée : cette configuration correspond au régime de ralenti.

Etat du générateur de gaz

Le générateur de gaz a été entièrement démonté. Il n'a subi que des endommagements mineurs. Apparemment il était en état de fonctionner.

1.16.5.2.2 Moteur droit

Le moteur droit est entier. Il a davantage été endommagé par l'incendie que le moteur gauche. La nacelle a été presque totalement consumée ([cliché 14](#)).

Générateur de gaz

La rotation du générateur de gaz est bloquée par un amas d'alliage d'aluminium résultant de la fusion du carter d'entrée d'air. Il en est de même de la soufflante.

Aucun dommage significatif n'est à signaler sur l'entrée du compresseur et sur les parties visibles de la soufflante.

Les rotors, compresseur et soufflante, présentent de petits endommagements dont aucun n'est significatif. Leur rotation est normale. Ils ne présentent pas de trace de touche. L'ensemble turbine présente quelques traces de touche entre l'extrémité des aubes et les abradables. Le distributeur du deuxième étage présente des brûlures sur trois aubes. Les surfaces des pièces ont été altérées par l'incendie : présence de suie, dépôts d'huile brûlée. De la terre est trouvée dans le compresseur, ce qui indique qu'il tournait à l'impact au sol.

Configuration

Les vannes de décharges sont ouvertes, les aubes directrice d'entrée d'air sont au calage correspondant à la fermeture, vérins de commande en position rétractée : cette configuration correspond au régime de ralenti.

Le moteur droit était en état de fonctionner normalement avant l'impact au sol.

1.16.6 Départ d'un Falcon 50 après l'accident

Rappelons que le F-GHLN a établi sa première radiocommunication avec le Prévot du Bourget à 16h15 pour demander sa mise en route. L'accident s'est produit vers 16h32.

Dans le même créneau horaire, le Falcon 50 immatriculé HB-IAT avait obtenu la clairance pour un vol à destination de Genève. Il se trouvait au point d'arrêt, en piste 25, immédiatement derrière le F-GHLN.

L'équipage de l'avion suisse a ainsi assisté au décollage et à l'accident. A 16h31, il a dégagé la piste sur instruction du contrôleur. A 16h35, le contrôleur lui a proposé de décoller de la piste 21 en évitant d'utiliser sa partie nord, encombrée par les véhicules de sécurité et de secours.

La clairance de décollage en piste 21, assortie de nouvelles clairances pour la trajectoire de départ, lui a été transmise à 16h41. Deux minutes plus tard, son commandant de bord a informé le contrôleur qu'il avait subi une collision avec des oiseaux au moment du décollage en précisant que cet événement n'avait pas provoqué d'anomalie moteur décelable. L'avion a poursuivi son vol vers Genève où des dommages conséquents ont été constatés sur le réacteur droit. La soufflante du réacteur a dû être remplacée.

1.17 La compagnie LEADAIR UNIJET

LEADAIR UNIJET, société anonyme au capital de 24,1 MF, basée au Bourget, est autorisée depuis 1978 à effectuer du transport aérien public à la demande dans le monde entier, de passagers, de poste et de marchandises dans une limite de 3,4 tonnes de fret et vingt passagers par voyage. Elle est en possession de tous les documents réglementaires nécessaires pour effectuer du transport public.

A la date de l'accident, elle emploie soixante-trois personnes (dont quinze pilotes) et exploite une flotte de sept appareils (un Falcon 50, deux Falcon 20, quatre Falcon 10).

LEADAIR UNIJET possède un atelier d'entretien agréé qui lui permet d'effectuer elle-même la majorité des opérations d'entretien de ses appareils.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Témoignages

Outre les contrôleurs en poste à la tour, de nombreux témoins ont observé l'événement et notamment :

- l'équipage du Falcon 50 HB-IAT. Le commandant de bord a déclaré : " juste après la rotation, il y a eu une explosion, avec une flamme inouïe et une grosse fumée noire ".

L'équipage a observé la trajectoire de l'avion : " virage à gauche puis le DA 20 a continué à serrer son virage de base de telle façon qu'il est passé devant nous puis a continué, avec environ 30 à 40 degrés d'inclinaison et un pitch d'environ 15 à 20 degrés, nose down jusqu'à l'impact ".

- le chef pilote et des mécaniciens de Dassault Falcon Service, depuis le parking de la compagnie. Le chef pilote a suivi l'avion des yeux depuis le début de son virage à gauche jusqu'à la fin de sa branche vent arrière, l'avion était alors masqué par un des hangars avion. Il " estime que pendant toute cette phase l'avion était contrôlé ",

- les deux pompiers du SSIS. Ils ont vu l'avion " amorcer une descente vers la gauche, descente qu'ils ont estimée dangereuse ".

1.18.2 Chronologie des événements

Depuis la tour, l'accident a été vécu de la façon décrite dans le tableau suivant qui s'appuie sur les temps tour de contrôle.

Pour améliorer la compréhension du processus de l'accident, la trajectoire du Falcon 20 (cf. trajectoire "3D" en [annexe 1](#)) est renseignée des dialogues et des événements essentiels.

TEMPS CTL	EVENEMENTS
	L'équipage du DA 20 demande l'autorisation de mise en route
	Le contrôleur "PREVOL" approuve la mise en route et précise le code transpondeur à afficher
16.20.45	L'équipage du DA 20 demande l'autorisation de rouler
16.21.03	Le contrôleur "SOL" donne au DA 20 l'autorisation de rouler
16.27.09	L'équipage du DA 20 annonce qu'il approche du seuil de piste 25
16.27.12	Le contrôleur "SOL" fait passer le DA 20 sur la fréquence 119,10 (contrôleur "LOC")
16.27.30	Le contrôleur "LOC" fait aligner le DA 20 en piste 25 et le fait attendre
16.28.25	Le contrôleur "LOC" donne au DA 20 les consignes après décollage (poursuite dans l'axe vers le niveau 100, contact Roissy Charles de Gaulle sur 124,35)
16.28.48	Le contrôleur "LOC" donne au DA 20 l'autorisation de décollage (piste 25, vent 220°/20 Kt. Contacter Roissy Charles de Gaulle
16.29.10	L'équipage du Falcon 50 (DA 50) HB-IAT s'annonce "prêt au départ"
16.29.33	Décision de décollage du DA 20 (le pilote en fonction annonce "il est 30") Le contrôleur "LOC" constate, aussitôt après la rotation, l'apparition d'une lueur au niveau du réacteur gauche, puis une flamme à l'arrière de l'appareil.
vers 16.30	Le contrôleur "LOC" déclenche l'alerte rouge
16.30.49	Le pilote non en fonction du DA 20 contacte la tour
16.30.52	Le contrôleur "LOC" avise l'équipage du DA 20 des actions menées : pompiers prévenus, atterrissage à la convenance de l'équipage, Vent 190/25 Kt
16.30.59	L'équipage du DA 20 annonce "qu'il se repose en 25"
16.31.00	Le contrôleur "LOC" demande à l'équipage du DA 50 "dégagement immédiat de la piste"
16.31.08	Fin de l'enregistrement CVR
16.31.30	Le contrôleur "LOC" s'assure que le DA 50 a dégagé la piste - Réponse affirmative de l'équipage du DA 50
vers 16.32	Les contrôleurs et l'équipage du DA 50 sont témoins de l'accident
16.32.30	Le contrôleur "LOC" contacte l'équipage du DA 50 et lui demande de prévoir de l'attente pour son décollage. Il précise qu'il le recontactera dès que possible

	attente pour son décollage. Il précise qu'il le recommandera dès que possible
16.35.30	Le contrôleur "LOC" propose à l'équipage du DA 50 un décollage en piste 21 - L'équipage accepte. Suit un dialogue entre l'équipage du DA 50 et le contrôleur "LOC" pour faciliter le cheminement de l'avion vers la piste 21, en évitant d'utiliser sa partie nord encombrée par les véhicules de secours.
16.41.10	Le contrôleur "LOC" autorise le décollage du DA 50 piste 21
16.42.00	L'équipage du DA 50 accuse réception
16.43.10	L'équipage du DA 50 signale "qu'il a pris beaucoup d'oiseaux au décollage". Suit un dialogue pendant lequel le commandant de bord du DA 50 décrit la collision multiple avec des oiseaux, subie juste après la rotation au décollage, et fournit les précisions demandées par le contrôleur "LOC", compte tenu du fait qu'il a été témoin de l'accident.
16.54.00	Décision de fermeture du terrain du Bourget
17.56.00	L'alerte rouge est transformée en alerte restreinte.

1.18.3 Réglementation sur le transport de matières dangereuses

Les cartouches de chasse en cabine

Les passagers devaient participer à une chasse. Dans la cabine, il y avait sept fusils et différents types de cartouches de chasse. A cause de l'exiguïté de la soute qui ne pouvait contenir tous les bagages (cf. [annexe 5](#)), le siège libre en cabine a été utilisé pour y arrimer des bagages, dont des boîtes en carton, emballages d'origine des cartouches.

Les cartouches de chasse (cartouches pour armes de petit calibre classées 1.4.S) entrent dans la catégorie 1 des marchandises dangereuses (matières et objets explosibles). Le document OACI 9284 AN 905 intitulé "Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses" précise (en son annexe 5, chapitre 9) les conditions de transport de ces munitions par les passagers, en transport public :

Ces conditions sont les suivantes :

- transport effectué avec l'approbation de l'équipage,
- quantité inférieure à 5 kg par passager,
- en bagages enregistrés,
- en emballage en caisse (la caisse pouvant être l'emballage d'origine, en carton),
- à l'exclusion des projectiles explosifs ou incendiaires.

Les conditions réglementaires de transport des cartouches ont donc été respectées.

Les effets d'un incendie sur des cartouches

Certaines des cartouches soumises à l'incendie ont éclaté. Les étuis en laiton se sont ouverts "en chou fleur", du fait de la combustion de l'amorce et de la poudre noire. Les balles se sont dessertées. Selon les spécialistes du laboratoire de la Préfecture de Police, les vitesses initiales des balles, des débris d'étuis ou des plombs atteintes dans un tel incendie sont trop faibles pour présenter des risques majeurs tant pour les passagers en cabine que pour les personnes intervenant pour les secourir. Beaucoup des cartouches, protégées par leur emballage, n'ont pas été endommagées.

2 - ANALYSE

Aussitôt après le décollage, après avoir ingéré des vanneaux, le moteur gauche a subi une avarie non contenue qui a provoqué l'incendie du compartiment arrière. L'équipage a tenté, par un circuit très court, de revenir se poser. Cette tentative a échoué. L'intervention rapide du SSIS n'a pas permis de sauver les occupants de l'appareil. Les phases successives de ce scénario sont analysées ci-après. Elles sont complétées par l'analyse de la prévention du péril aviaire au Bourget et celle des actions de l'équipage et des contrôleurs.

2.1 L'avarie non contenue du moteur gauche

L'étude de fragments de plumes trouvés dans la veine d'air du moteur gauche a apporté la preuve que ce moteur avait bien ingéré des vanneaux huppés. Ce fait est cohérent avec la découverte des restes d'un vanneau dans le caisson du train principal gauche et d'une quinzaine de vanneaux morts à la croisée des pistes 07/25 et 03/21 ainsi qu'avec la collision avec des vanneaux du Falcon 50 décollant peu après, en piste 21.

L'expertise du moteur gauche a montré qu'il avait été coupé dans le plan du disque de soufflante, le disque lui-même ayant été retrouvé entier, environ 500 mètres à gauche de la piste. Les témoignages des contrôleurs de la tour et de l'équipage du Falcon 50 sont confirmés par l'écoute du CVR : l'avarie du moteur s'est produite juste après la rotation de l'avion, dans l'intervalle de temps CVR 29.59 - 30.09. Pendant ces 10 secondes, on constate successivement un premier bruit sourd, une décélération du disque de soufflante, puis, après un palier, une accélération de 6660 tr/mn à 15456 tr/mn en trois secondes. Au temps 30.09, un second bruit sourd est perçu.

Les contrôles dimensionnels du disque de soufflante ont montré que son diamètre avait augmenté de 7,2 à 8 millimètres, ceci ne pouvant être que la conséquence de la survitesse et de l'effet centrifuge. Par ailleurs, l'expertise du générateur de gaz a montré qu'il était en état de fonctionner à son régime nominal.

A partir de ces éléments factuels, il est possible d'établir le processus de l'avarie :

- immédiatement après la rotation, le moteur gauche a ingéré des vanneaux, leur répartition dans l'entrée d'air devant être telle qu'ils ont été happés en partie périphérique (flux froid) plutôt que dans le générateur de gaz (flux chaud). De ce fait, le générateur de gaz est resté intact tandis que les parties hautes des aubes ont été tout ou partie rompues par les chocs. Cette phase correspond au premier bruit sourd. Ensuite, le régime du disque de soufflante, freiné par ces ingestions, a diminué mais le moteur n'est pas passé au régime de ralenti, ce qui montre que la ligne P3 n'a pas été endommagée par une aube rompue.

- le générateur de gaz continuant à fonctionner à la puissance de décollage (l'équipage n'ayant pas réduit et la ligne P3 étant intacte), le disque de soufflante, déchargé par la disparition d'un nombre conséquent de parties hautes des aubes, a accéléré. La survitesse a atteint 15 456 t/mn en même temps que s'est créé un balourd.

- la survitesse a induit des charges qui ont dépassé celles démontrées par la certification (les essais correspondants en 1963 ont montré que le disque a résisté à une vitesse de 10 950 t/mn pendant 5 minutes 40 secondes). Les caractéristiques mécaniques de l'alliage constituant le disque lui ont permis de se dilater. Les logements des pieds de sapin fixant les aubes sur le disque ont suivi ces déformations et certains se sont écartés suffisamment pour permettre la libération des aubes correspondantes sous l'effet centrifuge. Ces aubes sont devenues des projectiles à grande vitesse initiale. Sept fragments, après avoir perforé le carter, le capotage moteur et le fuselage, ont crevé les caissons structuraux et les nourrices de carburant.

- le balourd s'est amplifié avec l'éjection de certaines parties basses des aubes. Ce balourd, associé à la survitesse, a provoqué des efforts intenses au niveau de l'arbre de fixation du disque qui s'est rompu en flexion. Cette rupture a permis au disque, qui concentrait une forte énergie cinétique du fait de la survitesse, de détruire l'anneau de rétention et de s'évader. Cette phase de rupture de moteur correspond au second bruit sourd.

De cette analyse, retenons en particulier que la ligne P3, conçue pour assurer la réduction automatique de puissance en cas de rupture d'aube de soufflante, n'a pas rempli son rôle.

2.2. La certification du moteur

La définition du CF 700 2D-2 résulte des normes de certification de 1963. A cette époque, il n'était pas spécifiquement demandé des démonstrations de résistance aux ingestions d'oiseaux. General Electric a cependant procédé à de tels essais, le plus significatif étant celui réalisé avec un goéland de 1kg100, le moteur tournant à 40 % de sa puissance nominale.

En ce qui concerne les protections en cas de rupture d'aube de soufflante, les démonstrations de rétention d'aube sont explicitement demandées par le règlement de certification. En fait, la certification du CF 700 a été effectuée par similitude avec celle du moteur CJ 805-23, moteur plus puissant de même conception. Ainsi, la définition du CF 700 avec son anneau de rétention d'aube associé à un système de réduction automatique de puissance résulte-t-elle du programme des quatre essais du CJ 805-23.

L'essai n° 3 du 15 novembre 1962 est tout particulièrement significatif en ce sens qu'il présente des similitudes avec le présent accident. En effet, le disque de soufflante est parti en survitesse jusqu'à 9500 t/mn (soit une survitesse de 160 %) et les deux demi-arbres du disque ont subi un flambage. Le système de réduction automatique de puissance monté pour l'essai a fonctionné, mais tardivement et par un concours de circonstances, à la suite d'un effet secondaire fortuit. Le constructeur en a conclu qu'il était indispensable de compléter l'anneau de retenue par un système automatique fiable de réduction de puissance. L'essai n° 4, avec une ligne P3 circonférentielle dans le plan de la soufflante s'étant parfaitement déroulé, il a adopté le dispositif associant l'anneau de rétention et le système de réduction automatique de puissance sur le CF 700.

2.3 Comportement du CF 700 à l'ingestion d'oiseaux

L'examen des données relatives aux ingestions d'oiseaux montre que le présent cas d'avarie non contenue du moteur par suite d'une survitesse du disque est le premier connu en 9,5 millions d'heures de vol effectuées par les flottes de Falcon 20 et Sabreliner depuis 1963.

Ces statistiques sont difficiles, sinon impossibles à interpréter au plan technique, tant est grande la variété des dommages rencontrés. Elles manquent également de précision en ce sens que les masses et les espèces des oiseaux qui ont provoqué ces dommages ne sont pas connues.

Un point particulier mérite d'être noté. Les dégâts sérieux aux parties hautes des aubes s'accompagnent généralement de dommages importants au générateur de gaz (cf. 1.16.4.2), ce qui, par la perte de puissance résultante, empêche le passage en survitesse. Or, le 20 janvier, le générateur de gaz n'a pas subi d'avarie.

Il résulte de ce qui précède que, dans les circonstances suivantes :

- ingestion d'une quantité d'oiseaux telle que l'effet de masse soit suffisant pour provoquer l'endommagement de la plupart des aubes de soufflante (moteur tournant à 100% et non à 40% comme pendant le test effectué au cours de la certification),
- répartition des oiseaux dans l'entrée d'air concentrant les ingestions dans le flux froid et permettant ainsi le fonctionnement nominal du générateur de gaz.

la seule protection qui puisse empêcher le passage en survitesse est la ligne P3. Le présent accident, qui présente des similitudes avec la survitesse survenue pendant l'essai n°3 du moteur CJ 805-23, montre que ce système automatique de réduction peut être inopérant. Une survitesse du rotor avec libération d'aubes est alors possible.

2.4 L'incendie de l'avion

Les témoignages des contrôleurs et l'exploitation du CVR permettent de situer l'avarie du moteur gauche aussitôt après la rotation, au moment de la rentrée du train. Pour ce qui est de l'incendie, le témoignage des contrôleurs est cohérent avec celui de l'équipage du Falcon 50 : un feu important s'est déclaré à l'arrière de l'avion aussitôt après le décollage. Selon tous les témoins, cet incendie a augmenté d'intensité au fur et à mesure que l'avion progressait dans son circuit de piste.

Ce feu a sévi dans la partie arrière gauche de l'avion, ainsi que le prouvent les traces d'incendie sur le flanc gauche de la direction et sur la partie gauche du PHR.

La découverte des morceaux d'aubes de disque de soufflante à l'intérieur des nourrices de carburant fournit l'explication de cet incendie : les fragments d'aubes éjectés ont crevé les deux nourrices, provoquant des fuites de carburant. Le carburant vaporisé dans le vent relatif s'est enflammé au contact des parties chaudes du moteur éventré après l'éjection du disque. Le feu s'est ensuite entretenu et développé à partir du carburant continuant à fuir des nourrices crevées.

Le compartiment arrière, bien que non considéré comme zone de feu, est protégé par la possibilité d'y décharger les extincteurs des moteurs. Nous savons que cette possibilité n'a pas été utilisée.

L'extension du feu a provoqué la perte de l'alimentation électrique par destruction des câblages et des deux batteries ainsi que la perte totale des générations hydrauliques. Le feu a attaqué aussi la cloison de pressurisation. La zone pressurisée, qui était protégée de la pollution due au feu par l'existence d'une surpression par rapport au compartiment arrière non pressurisé, ne l'a plus été dès lors que les membranes souples des deux soupapes de pressurisation montées sur la cloison ont été détruites. La pollution de la cabine et du poste de pilotage par la fumée et les vapeurs a dû commencer aussitôt après la destruction de ces soupapes.

A l'impact de l'avion au sol, la cloison de pressurisation fragilisée par le feu s'est effondrée et les caissons structuraux des nourrices de carburant se sont disloqués. Par effet d'inertie le carburant des deux nourrices (soit au début du vol 414 x 2 litres) a envahi brutalement la cabine et le poste de pilotage. L'ensemble a pris feu pendant que l'avion glissait au sol.

L'expertise des extincteurs des moteurs a montré qu'ils se sont déchargés spontanément sous l'effet de la chaleur. Dans un feu généralisé, ces décharges ne pouvaient être efficaces.

2.5 L'intervention du SSIS

La chronologie de l'intervention des pompiers a été étudiée au paragraphe 1.14.

Elle permet de constater que cette intervention a été rapide (trois minutes après le déclenchement de l'alerte, une minute après l'impact). Elle a été conforme à la tactique préconisée qui s'attache en premier lieu à l'extinction du fuselage afin de faciliter tout sauvetage éventuel. Elle a été vaine en ce sens que, lorsque l'épave a stoppé sa glissade, ses occupants étaient déjà décédés par suite de la propagation fulgurante de l'incendie et de la température atteinte.

2.6 Le péril aviaire

L'accident du Falcon 20 et l'incident du Falcon 50 sont directement liés au péril aviaire.

Dans le cadre général de la politique de prévention contre ce péril, l'arrêté et l'instruction ministérielle du 27 juillet 1989 ont défini les règles du service de prévention du péril aviaire, service devant être assuré pendant les heures de fonctionnement de l'organisme de la circulation aérienne, à l'exclusion de la période nocturne. Par ailleurs, les consignes intérieures du Bourget précisent que le service de prévention du péril aviaire, dans la période critique du 1er octobre au 30 mars, est assuré en semaine (dans la mesure où le tableau de service le permet) de 07h00 à 11h00 et de 13h00 à 17h00. Le 20 janvier 1995, le service n'a pas été rendu à partir de 15h00.

L'agent du bureau de piste de service l'après-midi a constaté vers 14h00 la présence de 300 à 400 vanneaux huppés et a utilisé des fusées crépitantes pour les faire fuir. Les oiseaux se sont enfuis vers le nord est du terrain. Par la suite, pendant sa patrouille, cet agent n'a pas constaté à nouveau leur présence.

Il n'est pas possible de déterminer avec précision à quel moment les vanneaux huppés sont revenus sur la plate-forme. Cependant, par référence au fascicule édité par le STNA, il est probable que des bandes importantes de vanneaux se sont posées sur ou en bordure immédiate des pistes après l'orage. Lorsque le pilote en fonction a dit pendant le roulage "Regarde les oiseaux là", il s'agissait sans doute des vanneaux. De toute façon, quelle que soit l'heure du retour effectif des bandes de vanneaux, il est clair que la présence permanente, à proximité de la piste, d'agents chargés de la prévention du péril aviaire aurait pu empêcher cette réinstallation.

En outre, dans la pratique de la lutte aviaire au Bourget, la passation de consignes entre l'agent

"descendant" et l'agent "montant" se faisait au bureau de piste, occasionnant des interruptions de service pouvant atteindre une demi-heure.

L'examen des conditions dans lesquelles s'est produit cet accident montre d'autre part que l'aéroport ne disposait pas de l'ensemble des moyens prévus. En effet, la ligne de bruiteurs le long de la piste 25 était indisponible depuis environ un an, pour diverses raisons exposées précédemment. L'emploi combiné de ces bruiteurs avec les moyens mobiles et pyrotechniques était prévu et était de nature à accroître l'efficacité de la lutte aviaire.

Tout cela laisse à penser que la lutte contre le péril aviaire n'était assurée que d'une manière incomplète et ce malgré le renfort en personnel du BDP à la suite de la lettre 022045 STNA/2N du 3 avril 1991 (§ 1.16.1.4).

2.7 Les actions de l'équipage

Le dialogue entre les deux pilotes restitué par le CVR montre que la préparation du vol s'est effectuée normalement. Pour l'essentiel :

- l'équipage a attendu la fin de l'orage pour décoller,
- les check lists ont été utilisées et aucune panne n'a été décelée,
- les consignes à appliquer en cas d'anomalie avant et après V1 (au temps CVR 23.59) ont été évoquées : l'équipage a prévu d'effectuer un tour de piste en cas d'anomalie après V1.

Les étapes chronologiques du décollage montrent que :

- il est entrepris au temps CVR 29.10 (16h29mn33s),
- le PNF annonce (CVR 29.39) qu'à 60 kt les paramètres moteurs sont normaux,
- le PNF annonce "VR" à 29.54 et "vario positif" à 29.57,
- il annonce "train rentré" à 29.59 en même temps que se produit le bruit sourd du moteur gauche en décroissance,
- le PF annonce "moteur en croix". Le PNF annonce "on poursuit".

C'est donc quelques deux secondes après le décollage que l'équipage est confronté à la panne de moteur en vol. Sa réaction est immédiate et correspond à ce qui avait été prévu ("on poursuit"). En effet, rappelons qu'en cas de panne moteur survenant après V1, le manuel de vol prévoit de poursuivre le décollage et que le manuel d'exploitation précise qu'en cas de panne GTR, il y a lieu d'assurer en priorité la trajectoire et de stabiliser l'appareil avant d'entamer les manoeuvres d'urgences ou secours, une fois atteinte la hauteur de sécurité au décollage (HSD). Dans le cas du Bourget, celle-ci est de 600 pieds.

Dans ce contexte, l'équipage a donc appliqué la consigne. Il est vraisemblable qu'il voulait atteindre la HSD avant de réduire la poussée du moteur défaillant.

Mais les événements se précipitent, avant que cette hauteur ne soit atteinte.

- CVR 30.09 second bruit sourd,
- CVR 30.16 déclenchement de l'alarme sonore feu qui va tinter jusqu'à la fin de l'enregistrement,
- CVR 30.19 le PF dit "le train",
- CVR 30.20 le PNF répond "non, non, non c'est le compartiment arrière".

Ce bref dialogue laisse à penser que le PF pense d'abord à un feu dans le caisson de train mais que le PNF, vraisemblablement parce qu'il a vu le voyant rouge "FIRE Rear Comp" allumé, identifie avec précision la zone de feu.

Après la panne moteur, L'équipage est donc confronté à un second événement en vol identifié comme "échauffement/feu du compartiment arrière".

Rappelons qu'en un tel cas, le manuel de vol préconise de :

- couper les batteries 1 et 2,
- réduire les manettes des gaz,
- fermer les interrupteurs "Bleed air",

- inspecter le compartiment arrière par le regard des toilettes et, si le feu est évident (flamme ou fumée apparente), de placer l'interrupteur de commande des extincteurs "Comp Rear" en position 1.

Nous savons par l'expertise du moteur gauche comment le disque de soufflante, parti en survitesse après les ingestions d'oiseaux, a provoqué l'éjection de fragments d'aubes/projectiles perçant les nourrices de carburant. Nous comprenons donc comment l'incendie est né et s'est développé dans le compartiment arrière. L'équipage, lui, ne disposait d'aucun moyen pour analyser ainsi la situation au moment de la première panne et surtout pour en prévoir les développements.

Au plan purement théorique, la réduction manuelle des gaz aussitôt après l'ingestion d'oiseaux, dans un délai nettement inférieur à dix secondes, aurait pu permettre d'éviter le départ en survitesse du disque de soufflante et ainsi prévenir l'accident.

Mais, un équipage en vol n'est pas en situation d'élaborer des théories. Il se trouve dans un contexte opérationnel où on applique des procédures strictes pour faire face à des cas précis. Dans le cas présent, il y a deux pannes en vol successives à gérer, la première (la panne moteur) en début d'exécution, la seconde, quelques secondes plus tard (alarme feu dans le compartiment arrière) à gérer en plus de la première. De surcroît, les consignes correspondantes sont en partie inapplicables au décollage : il y a incompatibilité en particulier entre les consignes relatives à la phase de vol et la mise de la manette des gaz du moteur gauche sur ralenti (panne moteur) ou, a fortiori, la réduction des deux manettes des gaz (feu compartiment arrière). Quant à l'inspection du compartiment arrière par le regard des toilettes, cette consigne, possible en vol de croisière, est bien évidemment inadaptée au cas du décollage. Cet accident montre donc que les consignes en cas de certaines pannes en vol, doivent être améliorées pour être mieux adaptées au cas critique du décollage.

Ainsi, confronté à deux pannes successives dont la gestion globale déborde des cas prévus dans les procédures en vigueur, l'équipage privilégie l'essentiel, tel qu'il est défini dans le manuel d'exploitation : il donne la priorité à la tenue de la trajectoire pour revenir atterrir en piste 25 aussitôt que possible selon l'option initialement retenue. Cette tenue de trajectoire focalise toute son attention pour réussir un circuit court, avec un avion lourd, un vent soufflant en rafales et des conditions de visibilité crépusculaire. Il s'est préparé à l'atterrissage. En effet, la manette de sortie de train était en position basse et les volets étaient sortis au cran 25°. D'autre part, le sélecteur de l'électropompe était en position intermédiaire gauche, ce qui démontre que l'équipage avait déterminé lequel des deux moteurs était en panne et que c'était donc le circuit n° 1 qu'il fallait assister par la mise en pression de l'électropompe. La question se pose de comprendre pourquoi les extincteurs n'ont pas été utilisés. Une explication plausible, outre sa charge de travail évoquée ci-dessus est que l'équipage n'est pas certain que l'alarme "FIRE Rear Comp" corresponde réellement à un feu (le manuel de vol - cf. [annexe 11](#) - évoque en effet la possibilité d'un échauffement dont la cause la plus probable serait une fuite dans le circuit d'air chaud en provenance des réacteurs). Dans le doute, l'équipage n'aurait pas agi sur la commande des extincteurs. Il est d'ailleurs permis de penser que l'utilisation des extincteurs aurait été de toute façon inefficace. En effet, l'analyse des risques d'incendie du compartiment arrière n'a pas envisagé le présent cas d'avarie non contenue d'un réacteur : on ne peut attendre du système de sécurité incendie d'être efficace pour contrôler un feu qui trouve son origine dans un cas considéré par le motoriste comme impossible.

L'extension de l'incendie dans le compartiment arrière a provoqué la perte de l'alimentation électrique (perte repérée par l'arrêt du CVR au temps 30.45). L'instant où la perte totale de la génération hydraulique s'est produite n'a pu être déterminé.

L'avion reste théoriquement pilotable en cas de perte simultanée des générations hydraulique et électrique : selon l'étude de l'avionneur, dans cette configuration le contrôle de l'avion est assuré par le braquage des gouvernes en mécanique à partir d'une position initiale des gouvernes et du PHR donné par les trims des trois axes au moment de l'incident. Le paramètre limitant la manoeuvrabilité, dans ce cas, est l'effort à fournir au manche pour braquer les gouvernes. L'effort prépondérant correspond à la profondeur, de par la nécessité de maintenir un effort permanent au manche pour assurer l'équilibre et le contrôle de l'avion. En réalité, la situation est vraisemblablement plus délicate du fait de la perte du moteur gauche et, probablement, de l'existence de traînées parasites induites.

Selon les témoignages, l'avion semblait contrôlé dans la branche vent arrière de la trajectoire. Par contre, la dernière phase de vol, juste avant l'impact, était une descente anormale.

On peut penser que la descente non contrôlée est la conséquence, soit de l'incapacitation de l'équipage par les vapeurs venant de l'arrière, soit de la rupture d'une timonerie des commandes de vol consécutive au développement de l'incendie.

2.8 Le contrôle d'aérodrome

Il a été décrit au chapitre 18.2 comment l'accident avait été vécu par les contrôleurs en poste à la tour et quelles avaient été les actions engagées dans le cadre du service d'alerte. On peut noter que les contrôleurs ont été témoins de l'accident depuis le décollage jusqu'à l'impact au sol et que la vue de l'avion en feu a sûrement provoqué une soudaine tension nerveuse.

Le déclenchement de l'alerte rouge a été quasi immédiat, permettant aux pompiers d'être prêts alors même que l'avion était encore en vol.

Le contrôleur a porté assistance à l'équipage en le libérant de toute contrainte concernant le circuit d'aérodrome (au temps 16h30mn52s, ... pompiers prévenus, atterrissage à votre convenance, comme vous voulez, vent 190°, 5kt). On peut observer que le message ne précise pas qu'un feu à bord est visible.

Il a fait dégager le HB-IAT de la piste 25 (au temps 16h31mn00s) puis neuf minutes après l'accident, lui a donné l'autorisation de décollage en piste 21 sans toutefois que son commandant de bord ait été informé que les moyens SSIS n'étaient plus disponibles.

Malgré le stress, la situation de détresse a donc été bien gérée, en particulier pour le déclenchement de l'alerte rouge, à l'exception du départ du HB-IAT.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- le F-GHLN détenait un certificat de navigabilité en état de validité,
- l'équipage détenait les brevets, licences et qualifications réglementaires nécessaires à l'accomplissement de ce vol,
- la maintenance de l'appareil (en particulier en ce qui concerne la cellule et les moteurs) était effectuée conformément à la réglementation en vigueur,
- la certification du réacteur mentionnait sa résistance à la rupture des aubes. Il en avait été tenu compte dans la conception de l'avion,
- la ligne de haut-parleurs bruiteurs en bordure de la piste 25 était indisponible depuis plusieurs mois,
- l'avion a décollé à 16h29, après un fort orage,
- le jour de l'accident, la prévention du péril aviaire n'était pas assuré depuis 15h00,
- immédiatement après la rotation, le moteur gauche a ingéré plusieurs oiseaux du type vanneau huppé,
- cette ingestion, par un mécanisme de passage en survitesse du disque de soufflante, a provoqué une avarie non contenue qui s'est traduite par l'éjection de fragments d'aubes puis par l'éjection du disque lui-même,
- des fragments d'aubes, éjectés avec une grande vitesse initiale, ont perforé les deux nourrices de carburant, provoquant l'incendie du compartiment arrière,
- l'équipage a tenté de revenir atterrir en piste 25 en exécutant un tour de piste très court, tandis que l'incendie prenait de l'extension,
- cette manoeuvre n'a pu être conduite à son terme,
- l'avion, en perte de contrôle, a heurté le sol à hauteur de l'intersection des deux pistes et a glissé sur 400 mètres,

- l'intervention des pompiers qui a fait suite au déclenchement de l'alerte rouge par la tour de contrôle n'a pu réussir, les occupants de l'appareil étant tous décédés lorsque l'avion s'est immobilisé.

3.2 Synthèse de la conclusion

L'accident résulte de la conjugaison de deux événements :

- ingestion massive d'oiseaux de l'espèce vanneau huppé par le réacteur gauche, après la rotation,
- avarie non contenue de ce moteur consécutive à la mise en défaut de son système de protection contre la survitesse du rotor de soufflante,

qui ont conduit à l'incendie de l'avion. Le développement rapide de l'incendie a provoqué la perte de contrôle de l'avion dans la dernière phase de la tentative d'atterrissage d'urgence.

4 - RECOMMANDATIONS

Les recommandations qui suivent sont tirées de l'analyse de cet accident.

4.1 Recommandations préliminaires

Deux recommandations préliminaires, et en tant que telles, présentant un caractère d'urgence dans leurs mises en application, ont été émises avant l'édition de ce rapport. Elles sont rappelées ci-après :

4.1.1 Recommandation relative à l'organisation de la prévention du péril aviaire au Bourget

" Il convient de rappeler que l'aéroport du Bourget :

-selon l'Instruction Ministérielle du 24 juillet 1989, appartient à la catégorie D pour sa dotation en moyens, catégorie correspondant à un environnement ornithologique sensible, dûment constaté par le STNA,

-plate-forme privilégiée de l'aviation d'affaires de haut de gamme, a un trafic parmi les plus élevés de France.

Les missions de prévention et de lutte contre le péril aviaire sont assurées par le Bureau de Piste dont l'effectif a été renforcé pour tenir compte de cette mission spécifique. Cependant il semble que de meilleurs résultats, dans ce domaine, puissent être atteints par des agents spécialisés dans ce type de mission.

L'organisation retenue est, bien sûr, conforme aux dispositions précitées qui admettent que les missions de lutte contre le péril aviaire puissent dans certains cas particuliers, être rendues, non par des personnels agents d'exécution du gestionnaire, mais par des agents de l'organisme de la circulation aérienne (cf. chapitre 2.1 de l'Instruction).

Cependant il faut noter qu'aéroports de Paris (ADP) a organisé la prévention du péril aviaire à Roissy Charles de Gaulle et à Orly d'une façon différente: la lutte contre le péril aviaire y est assurée par des agents spécialisés d'ADP qui sont rattachés au département moyens généraux et dont c'est la mission principale.

En conséquence, le Bureau Enquêtes-Accidents recommande :

qu'ADP réorganise à brefs délais la prévention du péril aviaire au Bourget à l'instar de celle des aéroports de Roissy Charles de Gaulle et d'Orly sauf s'il apparaissait que les résultats constatés sur les deux plates-formes sont comparables ou inférieurs à ceux constatés au Bourget. "

A la suite de cette recommandation, ADP a mis en place une organisation nouvelle au Bourget. Le service de prévention contre le péril aviaire n'est plus assuré par des agents du Bureau de Piste mais par des agents spécialisés d'ADP détachés journalièrement de Roissy-Charles de Gaulle() et mis à la disposition du Chef de Quart du Bureau de Piste.

4.1.2 Recommandation concernant les moteurs GE "CF 700"

" Dans sa configuration actuelle le moteur GE CF 700 (tous types) est mal protégé contre une survitesse du rotor de soufflante. L'accident du 20 janvier 1995 a montré que dans certaines circonstances, une survitesse du rotor de soufflante pouvait survenir, avec libération d'aubes non contenues, sans que les systèmes de protection normalement prévus n'agissent.

Le B.E.A. estime que ce phénomène peut se reproduire. En conséquence il recommande :

que les autorités de certification françaises et américaine (FAA) imposent, en liaison avec le constructeur du moteur, une modification des systèmes de protection du CF 700 contre la survitesse du rotor de soufflante de nature à assurer sa conformité avec la note 9 de "l'Engine type certificate data sheet E7EA". "

La FAA, par une correspondance en date du 14 septembre 1995 adressée au NTSB a officiellement accepté cette recommandation :

- elle a procédé au lancement d'un programme de certification d'un système de rétention amélioré qui assurera la conformité avec la note 9 de la certification du moteur,
- cette modification fera l'objet d'une Consigne de Navigabilité (Airworthiness Directive) pour s'appliquer à tous les utilisateurs. Cette consigne devrait être signée dans le courant de janvier 1997 et elle sera publiée au Federal Register. Elle s'appuie sur le SB (CF 700) 72-154 de GE.

4.2 Autres recommandations

4.2.1 Recommandations relatives au suivi des moyens de lutte contre le péril aviaire

Dans l'organisation de la lutte contre le péril aviaire, le STNA a pour mission de mettre en oeuvre la politique définie par la DNA dans le cadre général de l'instruction ministérielle du 24 juillet 1989.

Conformément à cette mission, ce service a préconisé en 1992 l'installation au Bourget d'un système fixe de bruiteurs, système qui, pour des raisons multiples (choix techniques, implantation, problèmes de voisinage, ...) n'a pu être utilisé qu'épisodiquement depuis son implantation. Pour améliorer la prise en considération des difficultés qui peuvent être rencontrées sur les aéroports, il semble possible de s'inspirer de ce qui se pratique pour d'autres matériels aéronautiques. Dans ce contexte, le Bureau Enquêtes-Accidents recommande :

- que le STNA mette en place un système de suivi formel de la disponibilité des moyens de lutte contre le péril aviaire et des difficultés éventuellement rencontrées. Ce système pourrait notamment comporter l'établissement d'états périodiques par les aéroports concernés.

Par ailleurs, l'enquête a montré qu'une des raisons de l'indisponibilité du système de bruiteurs fixes était son implantation à dix mètres du bord de piste sans précaution particulière, conduisant à l'endommagement régulier des bruiteurs lors des décollages de gros porteurs. En conséquence, le BEA recommande :

- que lors de l'adaptation des moyens fixes aux caractéristiques de la plate-forme dans les projets d'implantation, il soit pris en compte la totalité des avions susceptibles de fréquenter l'aéroport, même lorsque cette fréquentation peut apparaître comme exceptionnelle.

4.2.2 Recommandation relative aux procédures d'urgence du Falcon 20

L'analyse de cet accident a montré la nécessité de procéder à la révision de certaines procédures d'urgence sur Falcon 20, de façon à ce qu'elles soient mieux adaptées au cas critique du décollage. Cette révision se justifie également pour une meilleure communalité des procédures d'urgence sur les avions d'un même constructeur, souvent exploités par des équipages bi, voire triqualifiés (Falcon 10, 20, 50 par exemple).

En conséquence, le Bureau Enquêtes-Accidents recommande :

- que certaines procédures d'urgence du manuel de vol du Falcon 20 fassent l'objet de révision pour être mieux adaptées le cas échéant au cas critique du décollage et pour obtenir une meilleure communalité entre les différents types d'avion du même constructeur.

- que l'attention des autorités de certification primaire et des constructeurs d'autres appareils soit attirée sur l'existence éventuelle du même problème.

GLOSSAIRE

- AD Airworthiness Directive
- ADP Aéroports de Paris
- APU Auxiliary Power Unit, Groupe Auxiliaire de Puissance
- ATIS Automatique Terminal Information Service Service Automatique d'Information et de Région Terminale
- BGTA Brigade de Gendarmerie des Transports Aériens
- BIA Bureau Information Aéronautique
- BDP Bureau de Piste
- CAA Civil Aviation Authority (United Kindom)
- CDP Contrôle de Piste
- CEPr Centre d'Essais des Propulseurs
- CS Coucher du soleil
- CVR Cockpit Voice Recorder
- DICILEC Direction Centrale de l'Immigration et de Lutte contre l'Emploi Clandestin
- DNA Direction de la Navigation Aérienne
- ENAC Ecole Nationale de l'Aviation Civile
- FAA Federal Aviation Administration (USA)
- FTP Véhicule " Fourgon Tonne Poudre "
- GE General Electric
- GTR Groupe Turbo Réacteur
- HSD Hauteur de Sécurité au Décollage
- ICNA Ingénieur du Contrôle de la navigation Aérienne
- IFR Instrument Flight Rule
- IGACEM Inspection Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
- LS Lever du soleil
- MAC Medium Aerodynamical Chord
- METAR Message d'Observation Météorologique Régulier pour l'Aviation
- N1 Régime de rotation du générateur de gaz
- N2 Régime de rotation de la soufflante
- NOTAM Notice to Airmen
- NTSB National Transportation Safety Board Bureau Enquêtes-Accidents des Etats-Unis
- OACI Organisation de l'Aviation Civile Internationale
- PAF Police de l'Air et des Frontières
- PF Pilote en Fonction
- PHR Plan Horizontal Réglable
- PNF Pilote Non en Fonction
- SSIS Service Sécurité Incendie et Sauvetage
- STNA Service Technique de la Navigation Aérienne
- TAF Prévision Météorologique d'Atterrissage
- TWR Tour de Contrôle
- V1 Vitesse de décision
- V2 Vitesse de sécurité au décollage ou de montée initiale

- VIM.P Véhicule d'Intervention à Mousse et à Poudre
- VR Vitesse de rotation (ou de cabrage)

ANNEXE 1 Trajectoire de l'avion

Cette annexe comporte deux trajectoires du Falcon 20 :

F Trajectoire "3D"

C'est la matérialisation de la trajectoire dans l'espace de l'avion après son décollage en piste 25 (la piste 03/21 est également représentée pour faciliter l'orientation).

Il s'agit d'une trajectoire estimée, élaborée :

- à partir des plots radar de Roissy Charles de Gaulle,
- des performances du Falcon 20 corrigées par le vent estimé,

Cette trajectoire estimée présente des limites d'exactitude liées au lissage des données issues du radar primaire (nombre d'observations faible) et du fait de l'existence d'un probable décalage entre temps radar et temps CVR.

Cette trajectoire est renseignée de "pavés" de couleurs différentes, illustrant la succession des événements.

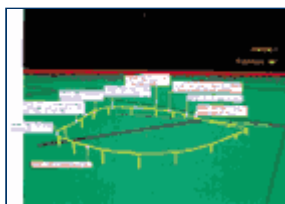
NOTA : la hauteur maximale atteinte par l'avion dans son tour de piste est de 500 pieds.

F La trajectoire "2D"

C'est la trace au sol de la trajectoire estimée telle qu'elle résulte des observations des témoins.

Elle est renseignée :

- de la position des témoins,
- du positionnement des principaux éléments de l'épave et des débris,
- du cheminement de la section SSIS vers l'épave principale,
- de la position des vanneaux huppés pendant la dernière intervention de lutte contre le péril aviaire, ainsi que des vanneaux tués pendant les décollages du Falcon 20 et du Falcon 50.



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 2 Le vanneau huppé



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 3 L'ensemble haut-parleur/bruiteur/panneau anti-bruit

CAM : Cockpit Area Microphone (microphone d'ambiance)
 PNF : Pilote Non en Fonction par le microphone d'ambiance, en l'occurrence le Commandant de Bord
 PF : Pilote en Fonction par le microphone d'ambiance, en l'occurrence le Copilote
 (3) : Troisième personne par le microphone d'ambiance
 VHF 1 & 2 : Conversations VHF avec le contrôle, sur les pistes 1 & 2 du CVR, avec éventuellement informations des fréquences utilisées
 Ctl : Contrôle
 (*) : Mots non compris
 (@) : Bruits divers, alarmes
 (...) : Mots ou groupe de mots qui à l'instant où ils sont prononcés n'interfèrent pas avec la conduite normale du vol et qui n'apportent aucun élément à l'analyse ou à la compréhension de l'événement.
 () : Mots ou groupe de mots douteux ou ayant nécessité des écoutes et études spécifiques

TEMPS		Cockpit Area Microphone (piste 3)		(pistes 1 & 2)	
CVR	Ctl	PNF	PF	Ctl	Observations
00.00		Début de l'enregistrement			
01.22			Ca y est les (...) commencent parce qu'il veut que...		
01.27		Ben c'était... j'ai trouvé ça très bien mais pour des... il ne veut pas que les toilettes soient... soient envahies			
01.33			Ben écoute je crois qu'ils sont un peu... oui		
01.34		Ben oui mais hé... ben tant pis, ce qu'il y a dans les toilettes on va... on va le mettre dans le poste			
01.39			Dis c'est le passager qui...il a raison hein		
01.40		On va le mettre dans la cabine, on va le mettre dans la cabine			
01.45		Ben y a qu'une cabine dans cet avion	Quelle cabine ?		
01.50		Les bagages qui sont dans les (...) on va les mettre dans la cabine... parce qu'il n'y a pas de place ailleurs			
01.57		Tu comprends le truc			
02.01		C'est ça le...			

02.05		Ouais je m'en doutais un peu
02.06	Hein ?	Je m'en doutais un peu
02.07	Ben ouais	

Bruits en cockpit et voix en bruit de fond

08.15	(...)	
08.22	A ben oui	Avec un grain comme ça, faudra attendre pour décoller parce que... Y'a de belles rafales
08.27	On va pas aller se faire (...) là-dedans	
08.28		Exactement
08.30	On met l'APU en route à trente hein...	Eh... oui..oh, après... oui
08.34	On a quarante minutes d'APU	
08.37		Oui
08.38	Surtout n'oublie pas d'ouvrir la fenêtre avant que je ferme la porte	
08.42		Ouais, ouais,
08.43		Sinon dans les oreilles on va prendre
08.44	Bon là c'est pas fait, ben de toute façon on ne risque pas d'aller loin avec le petit Suisse qu'il y a devant nous là	
08.50		Oui même en tournant court je pense que...
08.56	Oh la vache	
08.57	Oh la vache dit dans	

08.57	On la suee dis donc	
09.01	Bon tu me fais le...	
09.02		Je vais faire le briefing départ
09.05	Cent cinquante cinq, cent trente quatre, cent trente six	
09.10	Cent trente deux	
09.11		Voilà
09.13		C'est un huit charlie sur un MARGY. Alors le deux cent quarante neuf affiché au T à gauche avec cent huit huit
09.21		D'accord ?
09.23		P sur VOR, P sur VOR pour toi
09.25	Ben on va faire...	
09.26	Tu ne veux pas partir là	
09.27		Ensuite virage à droite vers le trois cent dix neuf affiché au domino chez moi
09.33		Toi, tu as cent neuf deux avec le zéro quarante neuf, cent neuf deux zéro quarante neuf
09.41		Ensuite...
09.45		Ou selon radar...
09.49	(*)	
09.50		Ou selon radar, ou virage en cent quarante trois pour intercepter le cent quatre. Euh... de de Gaulle, et ensuite le et

		Gaule, et ensuite le... et ensuite le cent vingt trois. On se place dans l'optique la plus défavorable
10.03		La montée initiale se fait à trois mille pieds. Tu vérifies climb trois mille MARGY huit charlie
10.09	Pour la vingt cinq, c'est bien trois mille pieds	
10.10		Trois mille, trois mille pieds affichés
10.12	Ouais	
10.13		Bon les altimètres sont mille cinq, mille douze, mille douze ?
10.15	Oui	
10.16		C'est bon
10.20	C'est clair... sur la deux	
10.21	Speaker deux, sur la deux le volume au maxi sur la boîte de commande Toutes les autres clés fermées	Il y est
10.30	T'as pris la dernière ?	
		J'ai pris la dernière, c'est la Juliette
10.32	Cent trente trente deux	
10.35	Cent trente trente deux et puis on fera un coucou aux OPS	
10.36		D'accord
10.37	Quand on sera airborne	
10.38	Radio coupée	
10.40	Pour la mise en route	

10.43	Pour la mise en route, c'est pas la peine qu'on la demande maintenant hein on va laisser passer le grain	
10.48		Alors, sur la piste en roulant il faudra penser radar et sitôt train rentré, anti givrage, à moins qu'on soit en ciel clair
10.58	(*) sinon...	Et surveiller les plumes, prêt à mettre l'Air Frame
11.00	Ouais	
11.02		Ce qui a de (...) c'est que c'est pas le jour tu vois... j'aurais préféré qu'on économise du pétrole
11.12	C'est notre boulot ça, camarade	
11.16		Ben oui
11.25	Si ça allait tout seul, ce serait trop facile	
11.25		Ouais j'ai toujours volé... voulu voler sur... KC cent trente cinq, hein
11.31	hein ?	
11.32		J'ai toujours volé... voulu voler sur KC cent trente cinq...
11.36	hein ?	
11.37		Pétrole
11.43	On... on a des réserves	Il nous reste combien d'endurance ? Vingt trois heures
11.47	Non il faut qu'on se pose, on n'a plus d'huile	
11.53	Ouais c'est même pas la peine de les embarquer tout de suite	

11.55		Ouais	
11.58		Oh entre deux grains tu sais on peut y aller hein	Sélecteur (?)
			Discussion à l'extérieur du poste de pilotage
13.11		Chauffe un peu les pitots hein deux secondes parce que.... hein c'est (*)	
13.16	On verra après va		
13.21	Ben écoute, si tu veux, tu demandes la mise en route. (*)		
13.23		Ouais	
13.24	Tu demandes la mise en route pour Juliette		
13.46		Prévol Leadair zéro zéro un novembre, bonsoir, la mise en route, pour heu...	
14.26		Prévol Leadair zéro zéro un novembre, bonsoir la mise en route pour Sibiu.	(idem)
14.32			Zéro zéro un novembre, bonsoir, je vous rappelle
14.46			Zéro zéro un novembre, mise en route approuvée, un départ MARGY huit charlie soixante seize soixante seize au transpondeur.
14.52	(*) on y va		
14.55	Tu déverrouilles ta glace	A MARGY huit charlie et soixante seize soixante seize correct ?	(idem)
15.01			Correct soixante seize deux fois et le sol cent vingt et un neuf pour

		le roulage. Bonsoir.
15.05		Cent vingt et un neuf, bonsoir (idem)
15.06	Voyants éteints	
15.08		J'ai pas vu... oui
15.23	(...)	
15.34	T'as demandé la mise en route	
15.35	C'est bien	Alors j'ai demandé la mise en route, la mise en route est accordée, il confirme huit charlie et soixante seize soixante seize il est affiché
15.42	C'est parfait	
15.43	Alors maintenant, regarde c'est dégagé vers l'ouest, on peut peut-être envisager de décoller	
15.48		Eh bien écoute on verra, ça a dix fois le temps de changer encore
15.51	Ouais	
15.57	Toute façon on va virer du mauvais côté. Voilà	
16.00		Check list avant mise en route
16.06	S'il te plaît	
16.07	Voilà merci	
16.13	Ouh... attendre	
16.16		De toute façon on a le créneau à... on a le temps

16.18	A quinze vingt cinq		
16.19	On est dedans		
16.20	(*) tiré	(*) est pas à ça près	
16.22		Ouais	
16.23	Frein de parc serré		
16.24		Oui	
16.25	Cales	A bord, espérons	
16.27	Euh... tiens au fait c'est très bon le mécano est devant		
16.29	C'est parfait alarme incendie vérifiée APU marche, blower marche, quantité carburant vérifié, totalisateur à zéro		
16.37	Comment que ça se fait que c'est éteint tout ça?		
16.38		Parce que j'ai déjà délesté	
16.41	Sur bat start		
16.42	Témoin porte éteint, consignes pax branchée, allumage issues de secours armé, anticol marche, sélecteur sur bat start, booster du droit		
16.49	Ok tu lui fais... le signe		
16.55		Ok à droite	
16.56	Oui Chrono	Rotation dix pour cent, ouverture ignition, top	
17.03		EGT l'huile hydraulique.	
17.05			Bruit démarrage

17.11		Oh là drôle de bruit	Augmentation régime moteur
17.12		Oh... je n'aime pas ça, t'as entendu cinq quatre vingt, cinq cinquante	
17.19	Ca y est c'est terminé		
17.20		Ouais, à surveiller	
17.22		Allez... à gauche	Bruit démarrage
17.24	Pompe, transfert, booster.		
17.28		Rotation, dix pour cent, ouverture, ignition, top	
17.32	chrono		
17.33		L'huile	
17.35		Hydraulique	
17.36		EGT	Bruit démarrage
17.43		Fin de séquence six cents degrés	
17.47	Voilà		
17.49	Bon, je te laisse faire le haut		
17.58	C'est bon, t'en a fini avec la check électrique (*)		Bruit démarrage
18.18	Sur quelle fréquence (*)		
18.19		Affichée (*)	
18.21	Euh t'es au (*) t'es au maxi on est bien sur la deux et le maxi		
18.25	Je pique	On est bien sur la deux	
18.27	Cabre		
18.28			

18.28		Je cabre	
18.31		C'est pas grave, je repars un coup	
18.35		Je cabre	
18.37	Le pitch, ok		
18.42		Butée croisière	
18.54			Fin bruits de trim
19.05		Check list après mise en route quand tu voudras	
19.06	Oui		
19.10	Sélecteur de puissance, flight normal, pressions d'huile, vérifiées, pressions et niveaux hydrauliques, vérifiés, convertisseurs, marche vérifiés, batteries un deux ?		
19.21	Débits et tensions génés ?	Vérifiées	
19.23	Pompe de transfert, marche, horizon de secours, débloqué	Vérifiés	
19.27	Panneau d'alarme plus pitot, éteint, yaw damper, marche	Hmm	
19.32	Essai PH normal, secours effectué, trims ailerons et direction	Oui	
19.36		Oui	
19.38		(*) on dirait qu'on a une fuel pression à là... elle est en butée là... ah ben d'accord	
19.44	Merci de me le rappeler		
19.50	Aérofreins rentrés, moyens radio marche, test jaugueur effectué		

19.54		Débrayage PA ? (*)	Oui		
19.55		(*)... que j'ai pas fait... à gauche			
19.58			Débrayage PA à droite		
20.01			Y'a tout ouais, voilà, et couplage... à gauche		
20.08			Tu peux demander le roulage		
20.09		Ouais			
20.12			On est dans les billes		
20.16			Tu t'appelles zéro zéro un novembre		
20.18		Oui			
20.19	16.20'45"	Le Bourget bonsoir Leadair zéro zéro un novembre, parking FMS pour rouler		(idem)	Fréquence sol 121,9
20.25		Je ne connais pas le nom du parking			
20.27	16.20'54"			Leadair zéro zéro un novembre, confirmez votre parking.	
20.33	16.20'58"	Oui, chez FMS, Monsieur, Aéro Leasing		(idem)	
20.37	16.21'03"			Roulez point d'arrêt vingt cinq, il est seize heures vingt et une, rappelez prêt au point d'arrêt.	
20.42	16.21'09"	On roule pour la vingt cinq, Leadair zéro zéro un novembre		(idem)	
20.46			(*)		
20.47		Oui			
20.48			Nathalie attention on roule		

20.50	On va commencer à rouler Nathalie	(3) d'accord	
20.51	C'est bon ?		
20.52		(3) Oui	
20.55	(*) (...)		
21.04	Vas-y ma poule		
21.05		Ouais .. de .. d'accord	
21.07			Variations régime moteur.
21.15	C'est dégagé à droite, c'est bon		
21.17	Pousse pour sortir un petit coup là		
21.19		Ouais, c'est bon c'est bon	
21.20		Donc c'est là bas hein ?	
21.21	Vas-y sors là bas	Ouais	
21.25	Ouais	Personne à gauche	
21.33		On va les souffler les pauvres	
21.32	Il est là, il est là l'orage hein		
21.35		Ah ben il s'éloigne, ça va il est passé	
21.39	Ouais mais on va le rattraper		
21.40		Oui ben écoute radar hein	
21.42	On l'aura en montée		
21.50		Voilà ben tu peux commencer la check list roulage. J'essaye les	

		freins quand même
21.54	Ouais, c'est bon	
21.56	Tu roules tranquille c'est tout, on est parti hein	
21.59	Y a pu... y a pu rien qui... hein	
22.04	On coupera l'APU au dernier moment hein... pour des problèmes de confort	
22.10	Taxi light branché, antipatinage ?	
22.13		Essayé
22.14	Instruments réacteur ?	
22.17	Vérifiés	
22.21	Aérofreins rentrés, volets ?	
22.23		Alors... volets quinze vert
22.27	Yaw damper marche, trims ?	
22.29		Trims... réglés décollage
22.31	Freins ?	
22.32		Essayés
22.33	Commandes de vol ?	
22.34		Libres sur les trois axes
22.35	Cap et horizon ?	
22.37	Ouais zéro trente deux fois stables déflagués	Alors j'ai zéro trente stable déflagué
22.42	Altimètres mille cinq, mille douze	
22 44		Alors mille cinq à

22.44		gauche, mille.... ouais (*)
22.45		(*)
22.49	(*) trois sept, trois huit pour trois sept, pression hydraulique vérifiée	
22.53	APU on le garde pour l'instant, index des vitesses, les moyens radio départ et le briefing	
22.57		On va refaire les vitesses, euh départ on l'a vu
23.01		Alors V1 cent trente quatre affiché à droite
23.03	Affiché	
23.04		VR cent trente six
23.06		V2 cent trente deux affiché à gauche en cas de panne avant V1, sur ton ordre j'arrête l'avion tu préviens la tour. En cas de panne après V1 on continue sur le SID pour se reposer euh en... vingt cinq
23.23		Alors on a six cents livres à claquer pour se reposer et... la VRF à cent trente cinq oui départ on l'a vu des questions ?
23.33	Non	
23.52		(*) dans ce cas là au PL tu lui dis quoi au gars... tu lui dis, panne grave et retour à vue, là y'a mille pieds hein ?
23.59	Non, si il y a anomalie avant V1, arrêt décollage	
24.02		Non non, mais après, c'est tour de piste ou SID là à ton avis ?

24.04	En fonction de la météo	
24.07	La météo est un élément déterminant et puis la, la gravité de... (*)	
24.19		Tu as un DME là ?
24.23	Ah ben non (*)	
24.24		T'as pas un DME à droite là
24.27	Sur Creil au sol tu ne risques pas d'avoir de DME	
24.29		Ok sur cent huit huit
24.33	Tu le... tu le hold d'ailleurs parce que y'en aura besoin après	
24.36		Ouais, exactement
24.37	Voilà tout à fait	
24.45	Dis, Nathalie	
24.46		(3) oui
24.47	Par contre... je te rappelle quelques minutes avant le décollage hein	
24.50		(3) d'accord
24.51	(*)	
		(3) (*)
24.53	Non non je te rappelle quelques minutes avant le décollage, je veux te voir ficelée ici	
24.56		(3) d'accord
24.57		Regarde les oiseaux là

25.01	Vas y roule ma poule	
25.03		
25.04		Bon comme la piste est mouillée en cas d'arrêt décollage on (*) systématiquement le parachute
25.09	Oui	
25.14	Y'a que le vent qui soit un peu de travers, m'enfin bon	
25.21	Alors tu respectes bien trois mille pieds deux cent cinquante noeuds	
25.26		Ah absolument
25.27	Hein !... ça impératif !	
25.31	Eh pour plus de sécurité moi je... on va... on va laisser pour ne pas être (...) on va laisser les Air Start et en fonction de la tempé je te réchaufferai les moteurs	
25.39		Ouais,
25.48	Bon on sera dans les temps quinze heures vingt cinq décollage à quarante	Ouais,ouais
25.54		Dès qu'on aura passé l'avion, tu pourras mettre le radar, il n'y aura plus personne à vitrifier
26.00	Non on le mettra, on le mettra à l'alignement normal	
26.04		Oui tu préfères, j'ai toujours peur d'oublier c'est pour ça

Augmentation
régime moteur

26.06		Non		
26.08				Variation de régime moteur
26.12		Théoriquement moi je te le mets pendant la, la...		
26.13			Ouais d'accord	
26.14		Je te le mets, pendant les actions vitales pendant que j'y pense		
26.23		J'espère qu'ils vont nous donner un niveau qu'on puisse grimper grimper grimper	Ouais	
			(...)	
26.45	16.27'09"	Nous approchons du seuil vingt cinq Leadair zéro zéro un novembre		(idem)
26.48	16.27'12"			Leadair zéro zéro un novembre numéro un au départ contactez le Bourget tour sur cent dix neuf dix au revoir
26.53	16.27'17"	La tour cent dix neuf dix Leadair zéro zéro un novembre		(idem)
		(...)		
27.01	16.27'24"	La tour bonsoir Leadair zéro zéro un novembre nous approchons du seuil vingt cinq	(idem)	Fréquence LOC 119,10
		(...)		
27.07	16.27'30"			Leadair zéro zéro un novembre bonsoir Monsieur alignez-vous piste vingt cinq et attendez
27.11	16.27'34"	On s'aligne vingt cinq et on maintient Leadair zéro zéro un novembre	(idem)	

27.14			Check alignement	
27.14		Il est là-bas hein		
27.19				Augmentation régime moteur
27.22			On risque de se faire secouer après le décollage. On va passer là dedans	
27.25		Ouais. Alors on maintiendra les passagers attachés, les affaires sont bien brélées ?		
			(3)(...) je crois qu'ils ont des bottes et des fusils... et en fait on a un petit chien à bord	
27.40			Oui ben il risque de monter au plafond le clébard	
27.45			Ok je peux fermer, t'as mis les bleed je peux fermer ma fenêtre	
27.47		Non non non non on est... on est autorisés à s'aligner		
27.50			Oui	
27.51		J'attends... j'attends le dernier moment		
27.54		Alors... une fois que tu vas être aligné, je vais faire tout dans la foulée		
27.57			D'accord	
28.00			Y a personne qui arrive ?	
28.02	16.28'25"	Devant on a un avion		Leadair zéro zéro un novembre donc après le départ vous poursuivrez dans l'axe vers le niveau cent

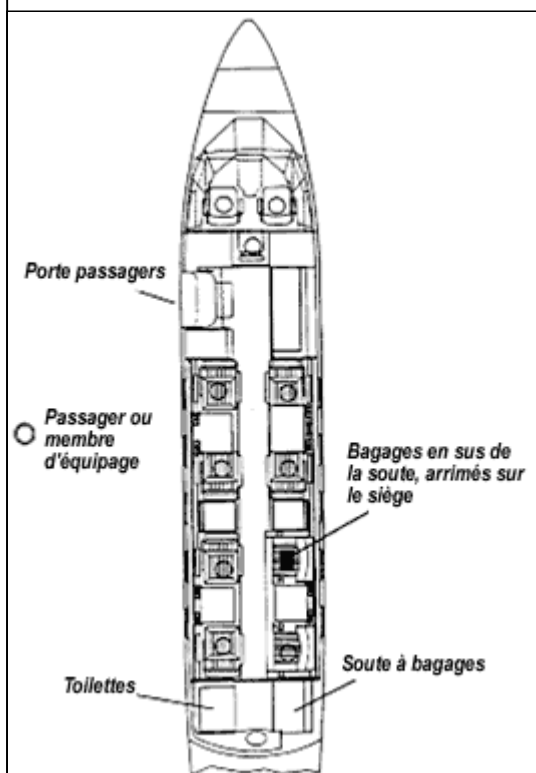
			vers le niveau cent unité zéro zéro et vous contacterez dès que possible de Gaulle sur cent vingt quatre trente cinq
28.13	16.28'36"	Donc on maintient l'axe après décollage et de Gaulle cent vingt quatre trente cinq Leadair zéro zéro un novembre	(idem)
28.19	16.28'41"		On compte vous faire virer à gauche, ça vous dérange pas ?
28.23	16.28'46"	Ben si c'est pour éviter le cunimb, je suis preneur	(idem)
28.25	16.28'48"		Alors autorisé décollage, piste vingt cinq le vent est du deux cents pour seize noeuds, rafales à vingt noeuds donc et dès le décollage contactez de Gaulle, bonne soirée Monsieur
28.36	16.28'59""	Oui, bonsoir Madame à bientôt	(idem)
28.38		Bon alors je finis APU arrêt (*) NVR APU éteinte. (*) moyens radio et départ et briefing... ensuite alignement glace latérale ?	
28.52			Fermée
28.53		Pitot, réchauffage marche, antigivrage coupé, tableau d'alarme éteint, phare allumé, sélecteur démarrage Air Start... transpondeur marche, sécurité parachute enlevée, les caps sont vérifiés	
29.05		Altimètre zéro, le strobe est sur marche	Oui alors j'ai le deux cent cinquante cinq
29 10		Décollage Il est trente	deux cent cinquante cinq

29.10	Décollage, il est trente	le radar s'il te plaît	
29.13	Oh (...) de (*)		Régime moteur en augmentation
29.18		La piste est toute défoncée, t'inquiète pas	
29.21		(3) Ca va remuer ?	
29.22		Oui	
29.23	Alors décollage seize trente. Vas-y		
29.26	Vas-y ma poule		
29.27			Régime moteur en augmentation
29.32			Bruit roulage
29.37	Vu		
29.39	Ok soixante noeuds, les paramètres moteurs normaux, reviens vite sur l'axe	Pour pas rouler sur la...	
29.43	Reviens sur l'axe		
29.48	Voilà, maintiens le		
29.53	V1		
29.54	VR		
29.55			(fin bruit de roulement)
29.57	Vario positif		
29.59	Train sur (@) train sur rentré		Bruit sourd et régime moteur en décroissance
30.01		(...)	
30.02		Un moteur en croix	

30.02		On poursuit	
30.04		On poursuit	
30.06			Tour de piste à vue ?
30.07		Oui	Augmentation régime moteur
30.09		(@)	Bruit sourd
30.11			Là mon gars, on est mal
30.14			On tourne
		(*) Oui	
30.16			Alarme feu jusqu'à la fin de l'enregistrement
30.17		(*) urgent	Urgent, urgent
30.19			Le train
30.20		Non, non, non c'est le compartiment arrière	
30.21			Alarme décrochage (1s)
30.23		C'est le compartiment arrière	
30.25			Là on fait la piste à contre QFU ?
30.26		Fait la piste oui	
30.27	16.30'49"	Le Bourget Leadair zéro zéro un novembre	(idem)
30.30	16.30'52"		...ro un novembre le pompier est prévenu, atterrissage à votre convenance comme vous voulez. le vent

			vous voulez, le vent est du cent quatre vingt dix seize vingt cinq noeuds	
30.37	16.30'59"	Oui on se repose en vingt cinq	(idem)	
30.39	16.31'02"		En vingt cinq bien reçu	
30.41		Les volets		
30.41		@		Bruit de sélecteur
30.42		@ (*)		Son similaire à celui d'une sirène
30.43				
30.44		Becs et volets vers quinze		
30.45		Fin d'enregistrement		

ANNEXE 5 Position des occupants à bord



ANNEXE 6 L'Arrêté relatif à la prévention du péril aviaire



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 7 Les accidents provoqués par les collisions d'oiseaux

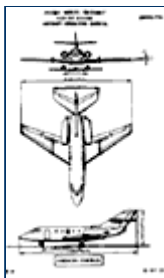
PERIODE 1960-1989 - AVIATION CIVILE
ACCIDENTS PROVOQUES PAR DES COLLISIONS D'OISEAUX DANS LE MONDE
ENTRE 1960 ET 1989
(WORLD-WIDE BIRD STRIKE ACCIDENTS INVOLVING CRASH/FATALITY)
TABLEAU ISSU DE L'ETUDE UK.CAA - BIRDS STRIKE COMMITTEE EUROPE
HELSINKI 21-25 May 1990

DATE	AVION	LIEU	PARTIE TOUCHEE	ESPECE D'OISEAU	PAX	MORTS	AUTRE	RESUME DE L'ACCIDENT
04 10 60	LOCKHEED L188 Electra (Allison 501)	BOSTON, USA	moteurs	Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i> (80 g)	72	62	9 pax sérieusement blessés	3 moteurs ingèrent des étourneaux, l'avion décroche et s'écrase
15 07 62	DOUGLAS DC 3	LAHORE, PAKISTAN	pare-brise	Vautour (>10kg) Accipitriformes	3	1		Le co- pilote est tué quand le vautour pénètre dans le cockpit durant la croisière.
23 11 62	VICKERS VISCOUNT	MARYLAND, USA	empennage	Cygne de Bewick (6kg) <i>Cygnus columbianus</i>	17	17		A 6000 ft, un cygne de Bewick percute et arrache le plan horizontal gauche de l'empennage, l'avion s'écrase.
28 07 68	FALCON 20 (CF 700)	LAC ERIE, USA	moteurs	Laridés (280g à 1,7kg) <i>Larus sp.</i>	3			Laridés ingérés dans les 2 moteurs durant le décollage, leur causant de graves dommages, l'avion se pose sur le lac.
23 07 69	DOUGLAS DC3	KHAR, AMBADU, INDE	moteurs	Grues (>6kg) <i>Grus sp.</i>	4			Les grues ont bloqué l'admission aux carburateurs des deux moteurs - l'avion fait un amerrissage forcé.
26 02 73	LEAR (CJ610)	ATLANTA, USA	moteurs	Vacher à tête brune (44g) <i>Molothrus ater</i>	7	7	1 tierce personne sérieusement blessée	Au décollage, forte perte de puissance sur les 2 moteurs, l'avion s'écrase sur des immeubles.
12 12 73	FALCON (CF 700)	NORWICH, UK	moteurs	Goélands cendrés (420g) Mouettes rieuses (275g) <i>Larus canus</i> , <i>L. ridibundus</i>	9		1 blessé léger	Les laridés causent de gros dommages aux 2 moteurs durant le décollage ; atterrissage dans un champ, avion détruit.
14 06 75	NA265 Sabreliner (CF 700)	WATERTOWN USA	moteurs	Mouette de Franklin (260g) <i>Larus pipixcan</i>	6		3 blessés graves	Ingestion dans les 2 moteurs au décollage ; l'avion fait un atterrissage forcé..
12 11 75	DC 10 (CF 6)	KENNEDY NY USA	moteur	Goéland marin (1,7kg) Goéland à bec cerclé (485g) Goéland	139		2 blessés graves	Le moteur 3 ingère des oiseaux et explose, l'aile s'enflamme. Décollage interrompu. L'avion brûle complètement.

				argenté (1kg) Larus marinus, L. delawarensis, L. argentatus					
20 11 75	HS (Viper)	125	DUNSFOLD UK	moteurs	Vanneau huppé (215g) Vanellus vanellus	8		6 tierces personnes tuées	Les deux moteurs ingèrent des vanneaux au décollage. Perte de puissance. L'avion fait un atterrissage d'urgence et détruit une voiture.
06 02 76	LEAR (CJ610)	24	BARI, ITALIE	moteurs	Laridés (280g à 1,7kg) Larus sp.	3			Les deux moteurs ingèrent des laridés au décollage. Perte de puissance, l'avion s'écrase dans un champ.
12 11 76	FALCON 20		NAPLES FLORIDE, USA	moteurs	Goéland à bec cerclé (485g) Larus delawarensis	11		11 blessés graves	Les deux moteurs perdent leur puissance juste après le décollage, l'avion s'écrase.
04 04 78	B737 (JT8D)		GOSSELLIES BELGIQUE	moteur	Pigeon ramier (465g) Columba palumbus	3			L'oiseau est ingéré durant un touch- and- go. Le décollage est abandonné après V1. La piste est effacée et l'avion brûle totalement.
25 07 78	CONVAIR 580 (Allison 501)		KALAMAZOO USA	moteur	Faucon des moineaux (105g) Falco sparverius	43		3 blessés graves	Oiseau ingéré par un moteur qui se met en drapeau. L'avion s'écrase dans un champ.
07 04 81	LEAR (CJ610)	23	LUNDEN CINCINNATI USA	pare-brise	Plongeon imbrin (3,7kg) Gavia immer	2	1	1 blessé grave	A 4000 ft, le plongeon pénètre la verrière, tuant le co- pilote et blessant le pilote. Les débris du pare-brise endommage le moteur 2 qui est coupé.
06 12 82	LEAR (TFE731)	35	LE BOURGET FRANCE		Mouettes rieuses (275g) Larus ridibundus	2		1 blessé	Décollage interrompu après V1, après avoir heurté des mouettes. L'avion sort de la piste et le co- pilote est blessé par les antennes du localiseur. Les moteurs n'avaient pas été touchés.
17 08 83	LEAR (CJ610)	25	WILMINGTON USA	moteurs	Etourneau sansonnet Sturnus vulgaris (80 g)	2			A 500 ft, l'avion passe dans un vol d'étourneaux. Les deux moteurs s'éteignent. Atterrissage forcé.
15 09 88	B 737 (JT8D)		BAHAR DAR ETHIOPIE	moteurs	Pigeon de guinée (320g) Columba guinea	104	35	21 blessés graves	Ingestion dans les deux moteurs au décollage. Perte de puissance, l'avion s'écrase en tentant un atterrissage en catastrophe.

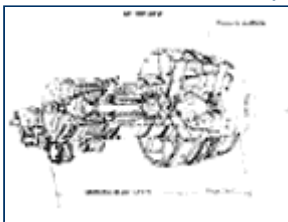
1. Nota - les accidents concernant des avions d'affaires sont décrits en caractères grisés et soulignés

ANNEXE 8 Le Falcon 20



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 9 Description du moteur CF 700-2D-2



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 10 Dassault Aviation : Analyse des risques d'incendie et leur conséquence en soute arrière



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 11 Les pannes en vol - Les méthodes de travail à bord



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 12 Manœuvrabilité de l'avion en cas de perte totale des générations hydrauliques et/ou hydrauliques

1) - BUT

Cette étude du constructeur fait le point sur les capacités de manoeuvre de l'avion dans les trois cas suivants :

- Perte totale de génération hydraulique,
- Perte totale de génération électrique,
- Perte totale et simultanée des générations hydrauliques et électriques.

2) - RAPPEL D'ARCHITECTURE DES COMMANDES DE VOL

Le Falcon 20 est équipé sur les trois axes de commandes de vol :

De servo-commandes hydrauliques double-corps permettant :

- un pilotage en mode hydraulique tant qu'au moins une des deux générations hydrauliques fonctionne,

- un pilotage en mécanique après perte des deux générations hydrauliques (dans ce cas, la servo-commande est assimilable à une bielle de transmission d'ordre manche).

De trims électriques :

- en parallèle des commandes de gouvernes pour le gauchissement et la direction, modifiant le calage du plan horizontal mobile pour la profondeur.

3) - MANOEUVRABILITE EN CAS DE PANNE HYDRAULIQUE TOTALE

Le pilotage se fait :

- en longitudinal par le vérin électrique de plan horizontal
- en latéral par le gauchissement en mécanique.

4) - MANOEUVRABILITE EN CAS DE PANNE ELECTRIQUE TOTALE

Dans ce cas, on perd les trims mais on conserve le pilotage en mode hydraulique de butée à butée.

Les efforts au manche étant ici nettement inférieurs à ceux induits par le pilotage en mécanique, ce cas est donc couvert par la perte simultanée des générations hydrauliques et électriques (voir § 5°).

5) - MANOEUVRABILITE EN CAS DE PANNE SIMULTANEE DES GENERATIONS HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

Dans cette configuration, le contrôle de l'avion est assuré par le braquage des gouvernes en mécanique à partir d'une position initiale gouvernes et plan horizontal fixe donnée par les trims respectifs des trois axes au moment de l'incident.

Le paramètre limitant la manoeuvrabilité, dans ce cas, est l'effort à fournir au manche pour braquer les gouvernes.

A ce titre, l'axe prépondérant est la profondeur de part la nécessité de maintenir un effort permanent au manche pour assurer l'équilibre et le contrôle de l'avion. Celui-ci sert donc de référence à l'étude menée.

5.1 - Hypothèses de calcul

Panne simultanée des générations hydrauliques et électriques intervenant à une masse de 28.100 lbs et un centrage de 23 %.

Configuration volets 25° (confirmée durant l'expertise des vérins de volets).

Position du PH. Deux cas sont envisagés :

PH dans la plage verte de l'indicateur de trim (-4°30' ; -5°30') :

- position décollage

PH calé à -4° :

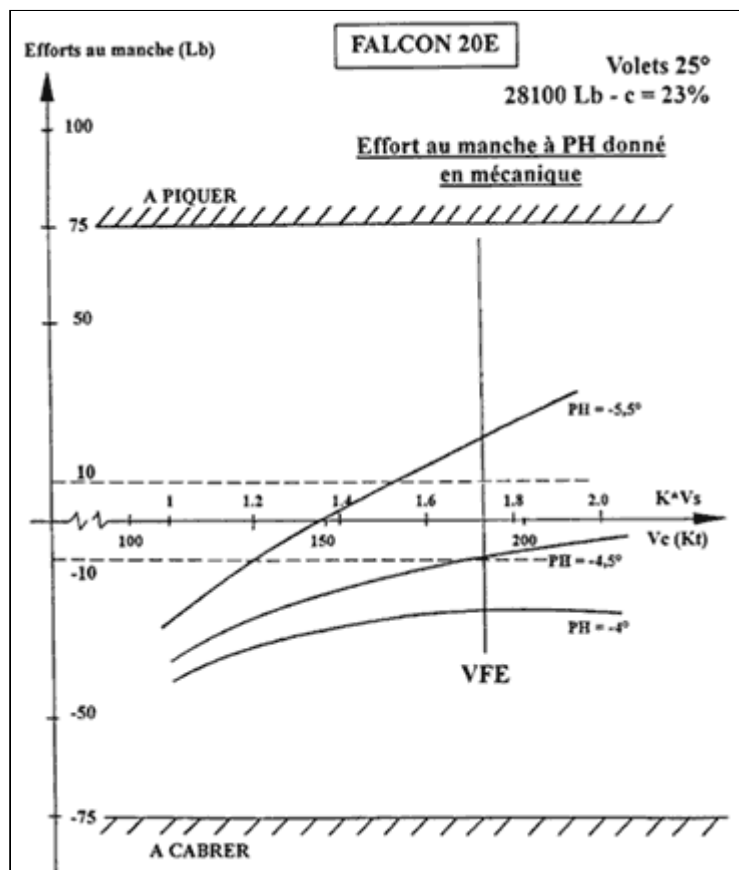
- position avant l'impact déterminée durant l'expertise du vérin de PH.

5.2 - Résultats de l'étude théorique

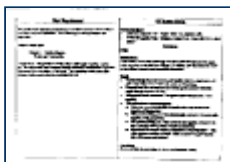
Ceux-ci sont résumés sur la planche jointe ci-après.

Le paragraphe CAR 4b.130 (c) de la certification fixe la limite d'effort au manche en temporaire à ± 75 lbs et en permanent à ± 10 lbs.

L'analyse des résultats montre que, dans la plage de vitesses variant de Vs à VFE volets 25° (190 kts), les efforts au manche nécessaires au maintien de l'équilibre de l'avion, sont :
bien inférieurs aux limites en temporaire,
proches des limites en permanent.



ANNEXE 13 Réglementation FAA CAR 13 (FAA requirement - GE Substantiation)



[Télécharger le document en format PDF](#)

ANNEXE 14 Description des essais d'ingestion d'oiseaux dans la soufflante

1) Ingestion d'oiseaux de petite taille

Date : 14 avril 1964

Description de l'essai

Sept étourneaux (masse moyenne de 90 grammes) sont tirés l'un après l'autre avec arrêt et inspection de la soufflante entre chaque tir. Pour le premier oiseau tiré, le moteur tournait à la puissance de décollage. Pour tous les autres, le moteur tournait au ralenti. Les oiseaux étaient tirés à des vitesses variables.

Résultats

A l'issue du premier tir, la poussée à la puissance de décollage a diminué de 50 livres en 1/10 de seconde puis a retrouvé sa valeur initiale.

Pas de changement notable des paramètres moteurs pour les autres tirs, réalisés à des régimes moteur plus faibles. A l'issue des sept tirs, un essai à 50 % de la puissance a été réalisé. Le niveau vibratoire maximum enregistré alors a correspondu à un déplacement de un millimètre.

Le premier oiseau tiré a provoqué le bris des deux-tiers d'une aube de soufflante et du tiers d'une aube adjacente.

2) Ingestion d'un goéland

NOTA BENE : cet essai a été réalisé juste après les ingestions de petits oiseaux sur le même moteur, en l'état.

Date : 15 avril 1964

Description des essais

La première ingestion d'un goéland (poids 1,100 kg) s'est effectuée à vitesse nulle, pendant le démarrage du moteur, sans conséquences notables (ingestion involontaire avant que le moteur ait pu accélérer). Ce premier essai n'est pas significatif.

Deuxième essai

Ingestion d'un goéland de 1,100 kg environ, lâché sans vitesse initiale, le moteur fournissant une poussée de 1660 livres (soit à 40% de sa puissance nominale), la vitesse correspondante de la soufflante étant de 6000 t/mn. Maintien du régime pendant 35 secondes avant de réduire.

Résultats du deuxième essai

La poussée est tombée à 1 200 livres. La vitesse de la soufflante a augmenté jusqu'à 6 800 t/mn. Les dommages sont importants : la plupart des aubes de soufflante sont détériorées, le carter de soufflante est percé par des fragments d'aubes (ce moteur n'était pas équipé d'un anneau de rétention).

ANNEXE 15 Les essais de rétention d'aube de soufflante

Le programme des essais

GE a effectué quatre essais de rétention d'aubes de soufflante sur le moteur CJ 805-23. Ces essais ont permis de mettre au point l'anneau de rétention et le système de réduction automatique de puissance en cas de libération d'aube. Il est en effet apparu lors des premiers essais qu'il était nécessaire de réduire la puissance pour assurer l'intégrité du moteur.

Un essai est concluant si l'avarie consécutive est contenue et n'a provoqué ni incendie ni vibrations excessives.

Principe des essais de rétention d'aube

Une aube est fragilisée au niveau de son pied. La libération de l'aube fragilisée est déclenchée lorsque le moteur est stabilisé à son régime de rotation maximum (106 - 108 % du régime nominal de la soufflante). Cette rupture déclenchée est appelée rupture primaire. Elle entraîne, en général, d'autres ruptures par des chocs de l'aube relâchée avec son environnement, appelées ruptures secondaires. Les dégâts causés directement par la première aube sont les "dégâts primaires" ; les autres dégâts causés par des morceaux d'aubes secondaires aux autres pièces heurtées sont dits "secondaires".

Essai n° 1

But : démontrer l'efficacité d'un nouvel anneau de rétention plus résistant, anneau étudié au début de 1962.

Date : 24 juillet 1962

Régime de rotation de la soufflante à la libération de l'aube : 5 890 tr/mn, vitesse maximale atteinte : 6 600 tr/mn. Durée avant réduction de puissance : 3,28 s (réduction manuelle).

Résultats :

- rétention de gros morceaux d'aubes
- dommages secondaires importants
- fortes vibrations de l'arbre qui a découpé les bras du carter de soufflante

Conclusions GE : Il faut renforcer l'arbre d'accouplement au niveau du palier arrière, l'anneau de rétention restant inchangé.

Essai n° 2

But : Evaluer la capacité de résistance d'une nouvelle définition d'arbre d'accouplement arrière, l'anneau de rétention restant inchangé.

Date : 29 août 1962

Régime de rotation de la soufflante à la libération de l'aube : 5 900 tr/mn ; vitesse maximale atteinte : 7 800 tr/mn (132 %). Durée avant réduction de la puissance : 6,5 s (temps de réduction manuel calculé pour simuler le temps de réduction d'un pilote).

Résultats :

- rétention primaire correcte
- constat d'une survitesse
- dommages secondaires importants du fait de la survitesse et de la recirculation des débris d'aubes
- non rétention de tous les débris
- bras du carter arrière sectionnés
- arbre d'accouplement (but principal de l'essai) détruit

Conclusions GE : L'anneau de rétention doit être renforcé pour mieux résister aux dommages secondaires. L'arbre d'accouplement ne convient pas.

Nota : Ces deux premiers essais ont été effectués sans système de réduction automatique de puissance.

Essai n° 3

But : Démontrer la capacité de rétention en relation avec un système de réduction automatique de puissance constitué de tubes positionnés dans les bras du carter de soufflante, tubes raccordés à la pression P3 (pression de sortie du compresseur, paramètre de régulation).

Date : 15 novembre 1962

Régime de rotation de la soufflante à la libération de l'aube : 5 920 tr/mn, vitesse maximale atteinte à la libération de l'aube : 9 500 tr/mn (160%). Durée avant réduction de puissance : 2,48 s (réduction automatique tardive).

Résultats :

- dommages secondaires sévères
- constat d'une survitesse importante entraînant la libération (non prévue dans l'essai) d'une deuxième aube complète à environ 9 000 tr/mn
- allongement de huit aubes
- flambage des deux demi-arbres du rotor de soufflante
- pas de réduction automatique de puissance selon le scénario prévu : la réduction automatique a été obtenue tardivement et par un effet secondaire. En effet, un fragment de la deuxième aube précitée a sectionné par suite d'un concours de circonstances une tuyauterie d'alimentation en air P3 du système de tubes positionnés dans les bras du carter.

Conclusions GE : L'anneau de rétention doit être complété par un système fiable de réduction automatique de puissance évitant des détériorations en chaîne.

Essai n° 4

But : Démontrer la capacité conjointe de l'anneau de rétention et d'une ligne de pression circonférentielle assurant la réduction automatique de puissance à contenir la séparation d'une aube de soufflante.

Date : 26 février 1963

Régime de rotation de la soufflante à la libération de l'aube : 5 930 tr/mn, vitesse maximale atteinte : 5 930 tr/mn. Durée avant réduction : 0,02 s (suite à action automatique du régulateur).

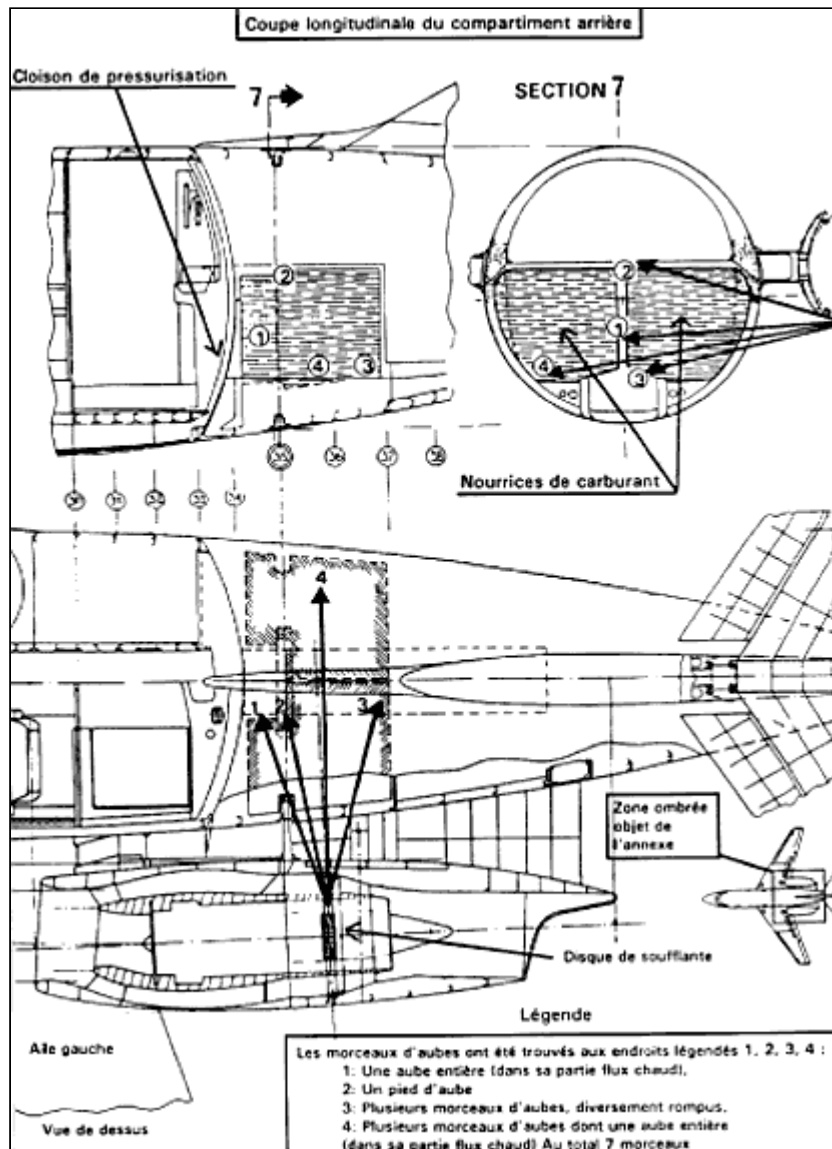
Résultats :

- réduction de puissance immédiate grâce à la coupure de la ligne P3
- pas d'augmentation de vitesse

- bonne rétention primaire
- peu de dommages aux bras du carter et pas de rupture de l'arbre d'accouplement

Conclusion GE : L'association de l'anneau de rétention et du système de réduction automatique de puissance de cet essai a prouvé son efficacité pour contenir les dommages pouvant résulter d'une libération d'une aube unique, au régime de rotation maximal de la soufflante. Ce système de réduction de puissance automatique est indispensable. Il fonctionne si bien qu'il évite des détériorations au niveau de l'arbre et de l'enceinte arrière.

ANNEXE 16 Répartition des morceaux d'aubes de soufflante à l'intérieur des deux nourrices



ANNEXE PHOTOGRAPHIES



Cliché 1 : Partie arrière du fuselage en position inversée,



Cliché 2 : L'épave principale. On distingue nettement la trajectoire sol de l'avion par ses traces sur l'herbe



Cliché 3 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Entrée d'air et nacelle



Cliché 4 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Arrière désolidarisé du distributeur du disque de soufflante



Cliché 5 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Etat du disque de soufflante sur le site, avec 18 pieds d'aubes



Cliché 6 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Partie arrière désolidarisée



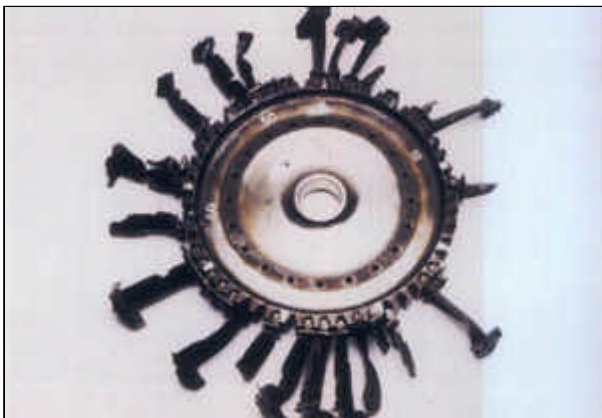
Cliché 7 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Détail des arrachements des logements des pieds d'aubes



Cliché 8 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Déformation du lobe extérieur et de la jante



Cliché 9 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Déformation de la jante et des trous de fixation



Cliché 10 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Présentation du disque reconstitué avec les 33 pieds d'aube en position



Cliché 11 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Anneau de rétention reconstitué, vu de l'avant, avec celui du moteur droit

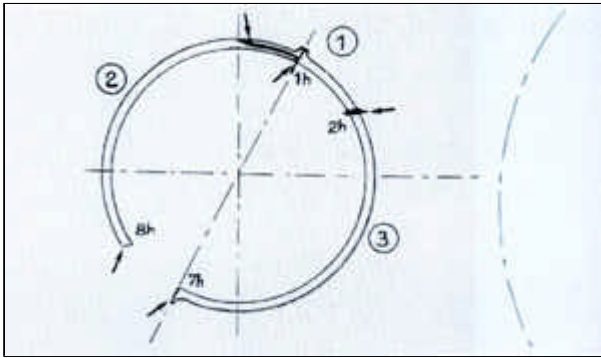


Schéma de l'anneau de rétention vu de l'arrière



Cliché 12 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Morceau de la partie arrière de l'anneau de rétention



Cliché 13 : Moteur Gauche CF 700-2D - S/N 304454B, Boulons de fixation des deux demi-arbres sur le disque



Cliché 14 : Moteur droit - CF 70-2D2 - S/N 304530 B