

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-D-2004-011-A



Date de l'événement : 4 mai 2004

Lieu de l'événement : Clermont-Ferrand

Appareil :

- Type : Mirage F1 CT n° 279**
- Immatriculation : F-ZJCA**

Organisme : DGA/DCE/CEV

Unité : Détachement de Clermont-Ferrand

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 4 mai 2004 à 09h35¹.
- Lieu de l'événement : Clermont Ferrand (Puy de Dôme).
- Organisme : DGA²/CEV³.
- Direction : détachement de Clermont-Ferrand.
- Aéronef : Mirage F1 CT n°279 F-ZJCA.
- Nature du vol : vol de réception.
- Nombre de personne à bord : un.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'un vol de réception d'un avion mirage F1 CT par le centre d'essais en vol, l'appareil subit une panne du circuit de conditionnement puis une dépressurisation rapide alors qu'il évolue au FL⁴ 450. Le pilote entreprend une descente d'urgence mais est victime d'un malaise. Guidé et assisté par le contrôle au sol, le pilote parvient à rejoindre le terrain de Clermont-Ferrand sur lequel il ne parvient à se poser qu'après deux tentatives d'approche à vue.

Conséquences

- Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	/	/	/
Graves	1	/	/
Légères / Aucunes	/	/	/

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale en vigueur en France métropolitaine le jour de l'événement.

² DGA : délégation générale pour l'armement.

³ CEV : centre d'essais en vol.

⁴ FL : *flight level* (niveau de vol).

➤ Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Mirage F1 CT				X

Organisation de l'enquête technique

L'enquête technique a été conduite par un enquêteur du Bureau enquêtes accidents défense (BEA défense) assisté :

- d'un enquêteur de première information,
- d'un expert pilote d'essai,
- d'un expert mécanicien.

Enquête judiciaire

L'événement ne donne pas lieu à une procédure judiciaire.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DEROULEMENT DU VOL

1.1.1. Description

L'appareil décolle du terrain de Clermont-Ferrand le 4 mai 2004 à 09h18 pour un vol de réception à l'issue d'une grande visite (GV) et d'un chantier de modification destiné à le doter d'équipements de contre mesures⁵. Le pilote est en liaison radio avec un conducteur d'essais au sol auquel il transmet les paramètres qui doivent être contrôlés selon le programme de réception.

Le vol débute par une montée au FL 360 pendant laquelle la pression à l'intérieur de la cabine est conforme aux valeurs spécifiées. Néanmoins le pilote ressent une température élevée dans la cabine. En l'absence d'allumage du voyant température cabine, le pilote décide de poursuivre la mission. Le pilote passe en vitesse supersonique puis effectue une montée vers le FL 500 conformément au programme de réception. En passant le FL 450 le pilote constate que l'altimètre cabine indique 28 000 ft⁶ pour 21 000 ft attendus. Le pilote entame une descente d'urgence et l'annonce au conducteur d'essais. L'alarme « pression cabine » se déclenche. Le pilote annonce qu'il ressent un malaise.

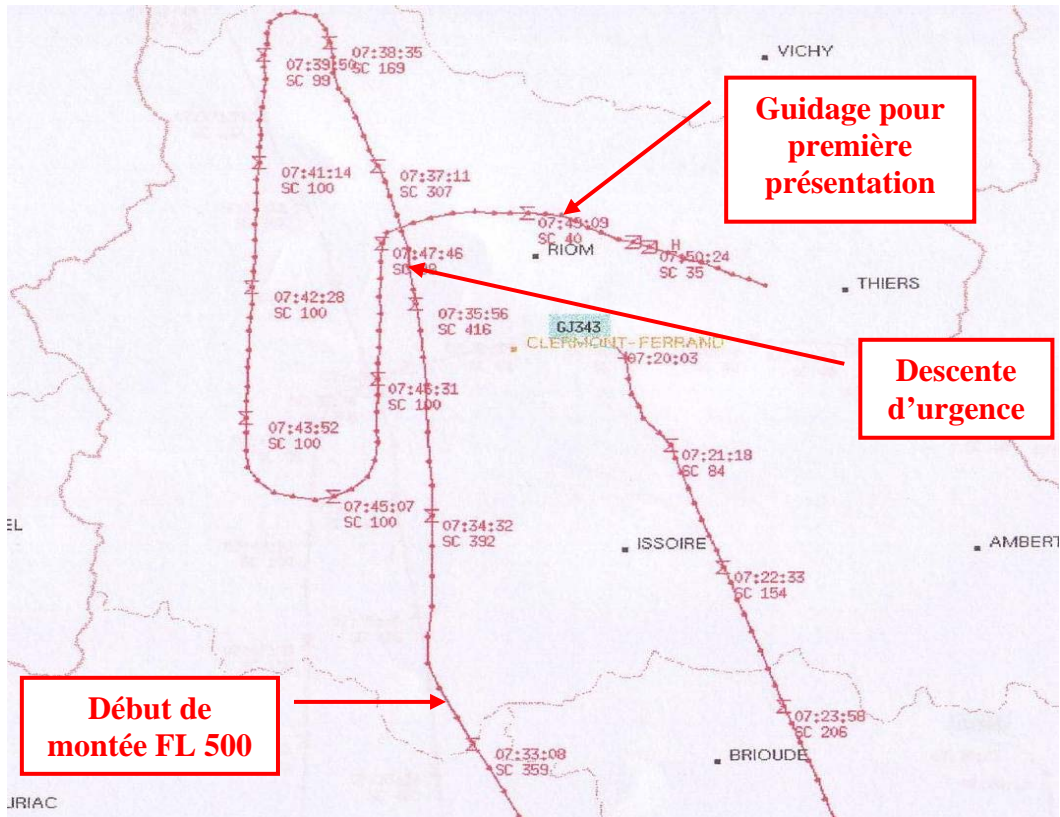
Le contrôleur aérien et le conducteur d'essais prennent alors en charge le pilote et lui donnent les instructions pour un retour sur le terrain de Clermont-Ferrand. Le pilote demande à être mis en attente au FL 100 pour récupérer pendant quelques minutes. Le pilote est guidé pour l'atterrissage mais se rend compte, à quelques mètres de la piste, qu'il est mal axé et effectue une remise de gaz. Il réalise alors une seconde attente pour récupérer et parvient à se poser à la deuxième tentative. Pris en charge par les secours, il est évacué par hélicoptère dans un centre hospitalier de Lyon.

⁵ Cette modification a entraîné le passage de câbles électriques en cabine.

⁶ ft : *feet* (pied – 1 ft = 0,30 mètre).

1.1.2. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Le problème de pressurisation s'est produit lors de la montée supersonique du FL 360 vers le FL 500.



Trajectoire de l'appareil - heures TU

La panne de pressurisation s'est produite entre 09h34min04s, FL 400 (N 45.28'20'' - E 002.58'47'') et 09h35min28s, FL 450 (N 45.46'05'' - E 002.57'27'').

1.1.3. Chronologie du vol

La chronologie du vol exploitée à partir de l'écoute de bande de la salle d'écoute est la suivante (heures locales) :

- 09h18 : décollage,
- 09h21 : montée FL 360,
- 09h23 : FL 200 Zc = 8 000 ft,
- 09h26 : FL 320 Zc = 15 000 ft,
- 09h27 : FL 350 Zc = 17 000 ft,
- 09h28 : accélération supersonique,
- 09h33 : montée FL 500,
- 09h34 : FL 400 Z c = 19 000 ft,
- 09h35 : FL 450 Zc = 28 000 ft puis voyant « P cab » allumé,
⇒ descente d'urgence,
- 09h36 : passage subsonique, IFF⁷ *emergency*,
- 09h40 : FL 100, IFF normal,
- 09h42 : début de guidage pour une longue finale,
- 09h55 : remise de gaz,
- 10h05 : atterrissage parachute après un guidage en longue finale.

1.2. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

1.2.1. Membres d'équipage de conduite

1.2.1.1. Commandant de bord

- Age : 42 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : centre d'essais en vol - détachement de Clermont-Ferrand,
⇒ fonction dans l'unité : pilote d'essai.

⁷ IFF : *identification friend or foe* (système d'identification radar ami ou ennemi).

➤ Spécialité :

⇒ qualification : pilote d'essai avion classe B,

⇒ école de spécialisation : EPNER⁸.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Mirage F1	Sur tous types	Sur Mirage F1	Sur tous types	Sur Mirage F1
Total	5963h00	92h00	119h00	09h10	29h00	01h30

➤ Date du dernier vol comme pilote :

⇒ sur l'aéronef : 7 avril 2004.

1.3. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

L'appareil appartient à l'armée de l'air/CFAC⁹ et est basé à Colmar. Il a été transféré à l'Atelier Industriel de l'Aéronautique (AIA) de Clermont-Ferrand pour la réalisation des travaux de grande visite. Pour la phase de réception, il est placé sous la responsabilité de la DGA/ DPM SQ¹⁰ qui mandate le CEV pour réaliser un vol d'essai.

➤ Type d'aéronef : Mirage F1 CT,

⇒ configuration : lisse,

⇒ armement : aucun.

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	Mirage F1 CT	279	4848h00
Moteur	ATAR 9K50	11541	1177h00

⁸ EPNER : école du personnel navigant d'essais et de réception.

⁹ CFAC : commandement de la force aérienne de combat.

¹⁰ DPM/SQ : direction des programmes, des méthodes d'acquisition et de la qualité / service de la qualité.

1.3.1. Maintenance

L'appareil a été entretenu conformément au programme de maintenance en vigueur.

L'aéronef était en vol de réception à l'issue d'une GV et d'un chantier d'installation d'un système d'autoprotection (standard T2).

1.3.2. Performances

Les performances de l'appareil étaient nominales et l'appareil ne faisait pas l'objet de restriction d'emploi.

1.3.3. Carburant

- Type de carburant utilisé : F 34 (TR0¹¹).
- Quantité de carburant au décollage : 4020 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 2600 litres.

1.3.4. Oxygène

La qualité de l'oxygène contenu dans la citerne de l'AIA a été contrôlée avant l'événement le 9 avril (prélèvement accepté).

La qualité de l'oxygène résiduel dans le réservoir de l'aéronef a été contrôlée après l'événement le 18 mai (prélèvement accepté).

La qualité de l'oxygène contenu dans la citerne de l'AIA a été contrôlée après l'événement le 18 mai (prélèvement accepté).

1.4. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques (CAVOK¹², T 23°, vent calme) étaient favorables à la mission et n'ont pas eu d'influence dans le déroulement de l'événement.

¹¹ TR0 : kérosène.

¹² CAVOK : visibilité, nuages et temps présent meilleurs que valeurs ou conditions prescrites.

1.5. AIDES A LA NAVIGATION

Le terrain de Clermont-Ferrand est un aéroport civil. De ce fait, les contrôleurs civils ne disposent pas de radar d'approche finale du type SPAR¹³ ou PAR¹⁴, utilisés sur tous les terrains militaires français. Toutefois, pour les vols de réception le contrôleur CER¹⁵ de Clermont-Ferrand dispose d'un SPAR, pouvant être utilisé si besoin, pour des approches de précision autres que celles effectuées avec l'ILS¹⁶. C'est ce moyen qui fut utilisé par le contrôleur d'essais pour surveiller et corriger la trajectoire de l'aéronef lors des deux approches finales.

1.6. TELECOMMUNICATIONS

Le pilote était en communication avec un contrôleur aérien et un conducteur d'essai qui travaillent sur la même fréquence radio mais qui sont dans des locaux géographiquement éloignés. Lorsque le conducteur d'essai était en liaison avec le pilote pour lui lire la *check-list*, le contrôleur a eu des difficultés à passer au pilote des messages de sécurité en raison de l'encombrement de la fréquence. Le contrôleur n'a pas pu contacter facilement le conducteur d'essai pour lui demander d'interrompre sa communication.

1.7. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME

Le terrain de Clermont-Ferrand est un aérodrome civil. Toutefois, l'AIA ainsi qu'un détachement CEV est implanté sur le terrain. Le détachement CEV de Clermont-Ferrand est rattaché à la base d'essais d'Istres. Les pilotes volant au CEV de Clermont-Ferrand sont donc soumis à la réglementation civile de l'aérodrome mais également à la réglementation CEV par l'intermédiaire du manuel d'opération.

¹³ SPAR : *slight precision approach radar* (radar léger d'approche de précision).

¹⁴ PAR : *precision approach radar* (radar d'approche de précision).

¹⁵ CER : circulation essai réception.

¹⁶ ILS : *instrument landing system* (système d'atterrissage aux instruments).

1.8. ENREGISTREURS DE BORD

Intègre, l'enregistreur d'accident a été exploité par RESEDA¹⁷. La bande du magnéscope HI 8 du viseur tête haute (VTH) a également été récupérée et exploitée.

Les données de l'enregistreur ne permettent pas de restituer les paramètres de température et de pression dans la cabine.

1.9. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

À l'issue de l'atterrissage consécutif à l'incident :

- l'aéronef a été isolé dans un des hangars de la piste. Un périmètre matérialisé par des chaînes délimite tout autour de l'aéronef une zone interdite d'accès,
- l'inspection visuelle à l'extérieur de l'aéronef révèle une machine propre (pas de fuite carburant, ni hydraulique) sans impact sur la structure, ni destruction d'organes extérieurs (phares, perche de ravitaillement, etc.),
- après l'ouverture de la verrière le poste de pilotage a été inspecté :
 - ⇒ les interrupteurs et commandes sont positionnés comme prévu après un vol, à l'exception du fil à casser de la commande « dégonflage boudin » qui est rompu, la manette étant sur la position « dégonflage »,
 - ⇒ le manomètre de la bouteille oxygène de secours sur le siège éjectable indique le plein complet,
 - ⇒ l'interrupteur de commande du circuit d'oxygène est sur « normal »,
 - ⇒ tous les organes et équipements à l'intérieur de la cabine ne présentent pas d'anomalie,
 - ⇒ aucune anomalie n'est constatée lors de l'inspection visuelle des compartiments et des organes liés à la pressurisation cabine ainsi que pour le compartiment recevant le réservoir d'oxygène liquide.

¹⁷ RESEDA : restitution d'enregistreur d'accident.

1.10. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

1.10.1. Membres d'équipage de conduite

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite semestrielle au CPEMPN¹⁸ de l'HIA¹⁹ de Percy,
 - ⇒ date : 10 mars 2004,
 - ⇒ résultat : apte sans restriction,
 - ⇒ validité : 10 septembre 2004.
- Examens biologiques : réalisés (négatifs).
- Blessures : le pilote a subi un aéroembolisme et un barotraumatisme entraînant une inaptitude temporaire de quatre mois.

1.11. ORGANISATION DES SECOURS

L'avion étant en contact radio avec le terrain de Clermont-Ferrand, les secours ont été positionnés avant l'atterrissage de l'avion. Ils ont procédé à sa prise en charge dès l'arrêt de l'appareil sur le *taxiway*. Le pilote a pu être transféré immédiatement à l'infirmerie de l'AIA puis pris en charge par le SAMU²⁰ pour une évacuation par hélicoptère sur Lyon.

Les personnels secours de l'aérodrome et ceux de l'AIA ont la compétence pour le recueil des avions de chasse.

1.12. ESSAIS ET RECHERCHES

L'ensemble des équipements des chaînes de pressurisation, conditionnement et oxygène a été expertisé. Par ailleurs, l'enquête a conduit à faire réaliser par le CEV un essai d'étanchéité cabine en haute altitude ainsi qu'un essai de dépressurisation au sol par l'armée de l'air.

¹⁸ CPEMPN : centre principal d'expertises médicales du personnel navigant.

¹⁹ HIA : hôpital d'instruction des armées.

²⁰ SAMU : service d'aide médicale d'urgence.

1.13. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES

L'AIA est un établissement étatique rattaché à la DGA (Délégation générale pour l'armement) qui est chargé, entre autres, de la maintenance de troisième niveau (grande visite) des Mirage F1 de l'armée de l'air.

Le CEV est un établissement étatique rattaché à la DGA qui est chargé, entre autres, de la réalisation des vols de réception des aéronefs de la défense à l'issue des grandes visites. Ces vols sont destinés à s'assurer que l'appareil est apte à être livré aux unités.

2. ANALYSE

Ce chapitre analysera les circonstances de l'événement puis énoncera les hypothèses qui lui sont relatives.

2.1. ANALYSE DETAILLEE DE L'EVENEMENT

2.1.1. Reconstitution du vol

Le mardi 4 mai 2004, dès le début du vol de réception du Mirage F1 CT n° 279, le pilote est incommodé par la chaleur qui règne dans le cockpit. Il a l'impression que le bruit de la ventilation et le débit de climatisation sont plus faibles que d'habitude. Pensant que la baisse de débit est liée à la formation de glace dans le circuit de conditionnement de l'avion, il positionne à trois reprises la commande de climatisation sur « plein chaud » en espérant la faire fondre et récupérer ensuite la fonction froid²¹. La manœuvre est sans résultat et l'inconfort thermique augmente.

Le voyant « température cabine » ne s'est pas allumé. Ce voyant se déclenche lorsque la température cabine est supérieure à 32° et que la température de gaine de conditionnement est supérieure à 60°. Il est donc possible d'avoir une température cabine supérieure à 32° sans que le voyant ne s'allume.

Le pilote n'a pas rapporté avoir actionné la commande « secours froid » qui interrompt l'arrivée d'air chaud dans la cabine.

Le pilote décide de poursuivre le vol et d'effectuer, conformément au programme de réception, les opérations de contrôle du bon fonctionnement du système de pressurisation de la cabine.

Il passe en vitesse supersonique en palier au niveau 360. L'altitude de la cabine est normalement stabilisée à 17 000 ft. Puis il débute un cabré pour monter au FL 500 qui le soumet à + 4 Gz²² pendant 5 secondes.

²¹ Cette action n'est pas prévue dans la *check-list* du Mirage F1.

²² Gz : accélération sur l'axe vertical.

Il annonce au cours de sa montée les altitudes de la cabine. Au niveau 400, l'altitude cabine de 19 000 ft reste conforme aux valeurs de référence. Le pilote ressent ensuite une dépressurisation rapide au passage du niveau 460 et annonce simultanément une altitude cabine anormalement élevée à 28 000 ft (au lieu de 21 000 ft). Il corrige immédiatement sa trajectoire pour prendre une assiette à piqué afin de redescendre au plus vite.

Une fois la manœuvre initialisée, il annonce son problème de pressurisation et décide de procéder à une descente d'urgence. L'alarme de la pression cabine, tarée à 30 000 ft, retentit 10 secondes plus tard, alors que l'avion n'a pas encore débuté sa descente. Le sommet de la trajectoire de l'avion est évalué à 47 000 ft à partir des données recueillies sur l'enregistreur de bord. Le pilote réduit les gaz et sort les aérofreins pour repasser en vitesse subsonique en haute altitude.

Le pilote parvient ensuite à maintenir un niveau de vigilance suffisant pour contrôler sa trajectoire et prendre, puis garder, correctement son assiette à piqué et ce, malgré la survenue rapide d'un malaise important, de type fatigue physique, qu'il décrit d'une voix « pâteuse et ralentie » environ 15 secondes après la détection de l'anomalie.

Il est exposé à l'altitude cabine maximale de 34 000 ft environ 5 secondes avant la survenue de la dépressurisation.

Dès lors, le pilote présente une incapacité partielle à conduire en autonome le reste du vol. Il lui est impossible de fournir son cap au contrôleur. Il lui semble avoir activé la surpression de confort mais il ne ressent rien au masque. Il annonce toutefois qu'il est passé sur 100 % d'oxygène.

Il constate la survenue de fourmillement dans le bras et la main gauche. Il n'existe pas d'essoufflement perceptible à la radio.

Polarisé par le contrôle de l'attitude de l'avion, la surveillance de l'altitude et de sa vitesse, le pilote n'effectue pas la manœuvre de décompression physiologique²³ au cours de la descente.

²³ Manœuvre de décompression physiologique : manœuvre valsalva.

Le pilote est immédiatement assisté par le conducteur d'essais et le contrôle de Clermont-Ferrand qui lui transmettent les instructions pour un retour sur le terrain et ce en l'interrogeant régulièrement sur l'évolution de son état.

Ils le prennent en charge à tour de rôle en lui fournissant les informations nécessaires et en le conseillant sur les choix des procédures à mettre en œuvre.

Ainsi, il lui est conseillé d'attendre d'avoir rejoint le niveau 100 pour appliquer la procédure de sécurité de contrôle en cas de dépressurisation de la cabine (« *check O²* »).

Arrivé à 10 000 ft, soit 4 minutes après la détection de l'anomalie, le pilote semble aller mieux. Il se plaint toujours de ne pas bien voir et fait répéter le message du contrôleur relatif aux commandes du boudin et de l'air dynamique alors qu'il effectue sa *check O²*.

L'état du pilote semble ensuite se dégrader à nouveau et il se plaint de la chaleur en cabine. Le pilote fait le choix d'arriver par le nord. A la dix-huitième minute, alors que l'avion est en longue finale, il applique la *check-list* d'atterrissage que lui lit le conducteur d'essais.

Le pilote n'arrive pas à tenir les paramètres de vitesse (présentation trop rapide), de plan de descente puis d'alignement en courte finale. La piste lui apparaît floue et fixe. Il a l'impression de « refus en la piste ». Ses manœuvres de correction se caractérisent par une lenteur d'exécution. Elles sont tardives et imprécises. Il en résulte à chaque fois un dépassement des axes de référence (axe et plan de descente).

A mi-piste, et alors que l'avion est désaxé à gauche de la piste et à très basse hauteur (3 à 4 mètres), le pilote décide, de sa propre initiative, de remettre les gaz. Il annonce à la tour qu'il n'est pas en état de se poser et demande à être mis en attente avant une seconde tentative. Il se plaint de nouveau de la chaleur et a la sensation de manquer d'oxygène. Le conducteur d'essais lui propose d'actionner la commande d'air dynamique.

Dès lors, une fois cette manœuvre entreprise et collationnée par le pilote, le malaise semble diminuer un peu alors que le pilote signale qu'il fait toujours aussi chaud dans la cabine.

Le pilote actionne la commande de dégonflage du boudin pour augmenter la circulation d'air dans la cabine. La deuxième approche s'effectue normalement.

Au moment du freinage, le pilote a la sensation de « pieds mous ». Il arrête son avion sur la bretelle après avoir dégagé la piste. Il coupe le moteur et demande que l'on vienne le chercher.

Les pompiers rejoignent le pilote qui est sans réaction et incapable d'évacuer l'appareil par lui-même. Il fait l'objet d'une extraction de son siège puis d'un conditionnement sommaire par l'équipe de secours qui l'amène ensuite à l'infirmerie. Il est ensuite évacué par hélicoptère sur l'hôpital militaire de Lyon.

2.1.2. Gestion de l'événement par les personnels au sol

Le contrôle et le conducteur des essais ont mis en œuvre des attitudes professionnelles particulièrement adaptées qui ont permis de pallier l'incapacité du pilote à maîtriser seul la situation dégradée à laquelle il est confronté.

Les questions régulièrement posées au pilote sur son état physique ont eu un double bénéfice :

- au niveau du contrôle et du conducteur d'essais, celui d'évaluer le niveau de vigilance du pilote et ses capacités du moment afin de proposer des instructions adaptées à la situation qui tiennent compte de la charge nécessaire à leur exécution,
- au niveau du pilote, celui de lui apporter une aide, non seulement morale en le rassurant, mais surtout technique en lui permettant de concentrer le reste de ses ressources attentionnelles encore disponibles sur le respect des paramètres essentiels de conduite de la trajectoire.

Les instructions et les conseils prodigués en vol sont considérés par le pilote comme autant de solutions toutes faites pour faire face aux problèmes rencontrés. Il a pu ainsi garder à la fois un niveau de charge de travail acceptable, sans saturer ses ressources attentionnelles, et un niveau de stress compatible avec la gestion dégradée de cette situation critique, sans être submergé par la panique.

La prise de décision tardive du pilote à remettre les gaz s'explique en partie par le fait qu'il se retrouve, en l'absence d'instructions venant de l'extérieur au cours de la courte finale, en surcharge de travail pour gérer seul cette délicate phase du vol avec une nette tendance à la « focalisation ».

Après entretien avec le pilote de l'aéronef, celui-ci a clairement affirmé que, de part son malaise, il aurait été incapable d'effectuer une approche finale autonome de type ILS. L'utilisation du radar SPAR supplémentaire a donc été vitale pour le recueil de l'aéronef.

2.1.3. Synthèse

L'analyse de l'événement nous permet d'établir que :

- **le pilote a été confronté dès le début du vol à une panne du circuit de conditionnement réduisant fortement le débit d'air froid dans la cabine ce qui a entraîné une forte élévation de température et donc un inconfort thermique pour le pilote,**
- **en fin de montée vers le FL 500, la cabine est soumise à une dépressurisation rapide,**
- **le pilote entreprend une descente d'urgence mais présente un malaise aux symptômes multiples qui altère fortement ses capacités psychomotrices et le rend incapable de gérer la conduite de son appareil.**

2.2. ÉNONCÉ DES HYPOTHÈSES

Le présent chapitre établit des hypothèses liées à des causes techniques et humaines relatives aux pannes circuit de conditionnement et de pressurisation ainsi qu'une analyse des conséquences de ces pannes sur le pilote.

2.2.1. Hypothèses liées à des causes techniques

La pressurisation et la climatisation de la cabine sont assurées par de l'air prélevé sur le dernier étage du compresseur du réacteur. Le principe consiste, à partir de cette veine d'air chaud, à en refroidir une partie au travers d'une boucle de refroidissement (échangeur et turboréfrigérateur) et d'effectuer ensuite un mélange dosé air chaud-air froid afin d'assurer le confort du pilote.

Ce mélange est dosé par une électrovanne commandée par un rhéostat à la disposition du pilote. La cabine est mise en pression par contrôle automatique de l'évacuation de l'air de climatisation. Pour cela, un régulateur de pression laisse échapper dans la soute à équipements une partie de l'air de climatisation de manière à maintenir à l'intérieur de la cabine une pression obéissant à la loi suivante :

- de 0 à 6 500 ft : la pression de la cabine est égale à la pression extérieure,
- de 6 500 ft à 18 000 ft : la pression dans la cabine est constante et égale à ce qu'elle était à 6 500 ft,
- au dessus de 18 000 ft : la pression dans la cabine est supérieure de 300 mb²⁴ à la pression extérieure.

Un boudin, gonflé par de l'air refroidi, assure l'étanchéité de la verrière une fois celle-ci fermée et si la manette « gonflage boudin » est en position « avant » (verrouillée par fil à casser). Le déverrouillage de la verrière dégonfle le boudin.

Les actions d'investigations sur le matériel et la documentation sont listées en annexe 1, *Essais effectués sur l'aéronef suite à l'incident*, page 33.

²⁴ mb : millibar.

2.2.1.1. Circuit de conditionnement

Dès le début du vol, le pilote a constaté une température élevée liée à un débit d'air froid insuffisant. L'expertise du turbo réfrigérateur a montré que son filtre d'entrée était fortement colmaté par des particules de corrosion issues de l'échangeur primaire. **Le programme de maintenance du Mirage F1 ne prévoit pas de contrôle ni d'entretien de cet échangeur.**



Colmatage du filtre d'entrée du turboréfrigérateur

L'hypothèse que la panne du circuit de conditionnement soit due à un colmatage du filtre d'entrée du turboréfrigérateur, par des particules de corrosion issue de l'échangeur refroidisseur est CERTAINE.

2.2.1.2. Circuit de pressurisation

L'ensemble des investigations menées sur le matériel (régulateur de pression, soupape surpression/dépression, contacteur altimétrique, boudin cabine, purge baquet, structure, écope air dynamique) ainsi que les essais menés dans le cadre de l'enquête ainsi que la consultation d'experts industriels n'ont pas permis de déterminer les causes de la dépressurisation.

Toutefois, au niveau FL 450, il est acquis qu'une dépressurisation rapide de la cabine s'est produite. Cette dépressurisation est confirmée par deux capteurs différents et indépendants, à savoir l'altimètre cabine et le système de détection de la panne « pression cabine » qui s'est déclenché.

En théorie, la panne du circuit de conditionnement n'a pas d'incidence majeure sur la pressurisation de la cabine si le débit d'air entrant reste supérieur au taux de fuite naturel de la cabine. L'essai au sol après l'accident a montré que le taux de fuite de la cabine était conforme aux spécifications. Il n'aurait donc pas conduit à une dépressurisation rapide telle qu'elle a été constatée lors du vol. Le BEA défense a demandé au CEV de réaliser un vol d'essais sur le Mirage F1 n°279 avec coupure du circuit de conditionnement afin de déterminer le niveau de fuite de la cabine dans les conditions de l'accident. L'essai n'a pas montré de fuite anormale. Toutefois pour des raisons de sécurité, l'essai a été réalisé en subsonique alors que l'accident s'est produit en supersonique. Les experts consultés estiment que ce paramètre n'est pas dimensionnant quant aux conclusions déductibles de cet essai.

L'hypothèse que la panne du circuit de conditionnement ait pu être à l'origine de la panne du circuit de pressurisation est REJETÉE.

La dépressurisation de la cabine a pu provenir d'une panne du système de pressurisation. Bien qu'aucune anomalie n'ait été mise en évidence lors des investigations, on ne peut écarter avec certitude l'hypothèse d'une panne fugitive qui se soit résorbée d'elle-même empêchant ainsi son identification a posteriori.

L'hypothèse que le circuit de pressurisation ait présenté une panne fugitive est POSSIBLE.

Le contrôle après le vol de l'ensemble des équipements de protection contre l'hypoxie (vérification de l'étanchéité de la cabine, du fonctionnement du système de pressurisation, des soupapes, du masque et du régulateur d'oxygène, analyse des gaz résiduels dans convertisseur et dans la bouteille d'oxygène de secours) n'a révélé aucune défaillance technique.

Par ailleurs, l'expertise du circuit de pressurisation anti-G (valve anti-G et pantalon) n'a révélé aucune anomalie.

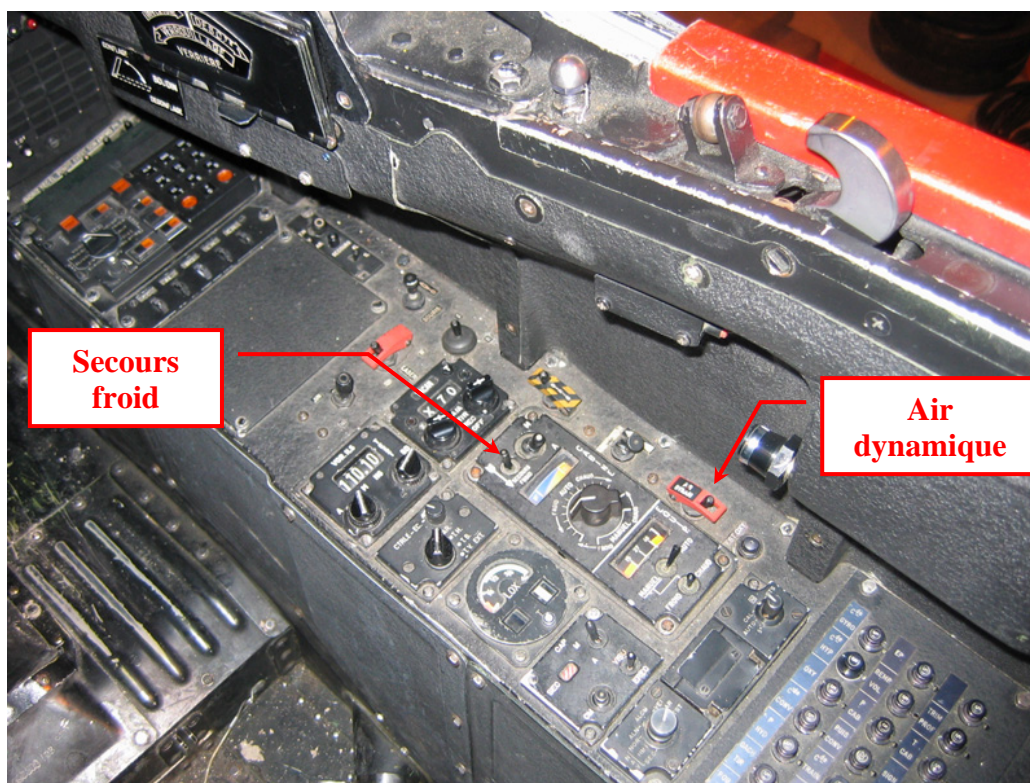
Conclusion générale de la partie technique

- La déficience du conditionnement thermique de la cabine de l'aéronef a une origine technique certaine,
- la déficience du circuit de pressurisation de la cabine de l'aéronef n'a pas d'origine technique identifiée,
- ces deux déficiences sont d'origine indépendante.

2.2.2. Hypothèses liées à des causes humaines

En ce qui concerne les causes de la dépressurisation, l'hypothèse d'une action sur la commande « air dynamique » a été examinée.

Cette commande sous cache est utilisée pour permettre l'admission d'air extérieur afin d'assurer la ventilation de la cabine en air frais en cas de mauvais fonctionnement du système de conditionnement. Elle ne doit pas être actionnée au dessus du FL 100.



Vue de la banquette droite avec le boîtier de commande du conditionnement

Son action conduit de fait à une dépressurisation de la cabine. Un essai au sol a montré que le temps de dépressurisation était de 15 secondes (pour une différence de pression cabine de 130 mb) ce qui ne correspond pas à une dépressurisation brutale mais à une dépressurisation rapide similaire à celle observée lors de l'événement.

Par ailleurs, contrairement aux autres avions Dassault Aviation, la commande « air dynamique » est dissociée de la commande du boudin d'étanchéité de la verrière. Elle est située en banquette droite à proximité de la commande « secours froid » qui bloque l'arrivée d'air chaud en cabine. **Il ne peut être exclu que le pilote ait actionné la commande « air dynamique » à la place de la commande « secours froid » alors qu'il voulait réduire la température en cabine en manipulant le boîtier de conditionnement.**

Ce raté d'exécution pourrait s'expliquer par la faible expertise du pilote sur Mirage F1 qui, dans un contexte d'inconfort thermique important, est confronté à une panne rare sur un appareil sur lequel la commande d'air dynamique est différente des autres appareils qu'il connaît. Le pilote n'a pas de souvenirs précis relatifs à l'éventualité de cette manipulation.

L'hypothèse que le pilote ait actionné par erreur la commande d'air dynamique est POSSIBLE.

2.2.3. Conséquences physiologiques sur le pilote

L'enregistreur de paramètres du F1 CT ne permet pas de restituer l'évolution de l'altitude de la cabine au cours de ce vol. **Il n'existe donc pas de valeur précise sur la vitesse de dépressurisation, son importance et sa durée alors que ces éléments sont fondamentaux pour évaluer l'occurrence d'une hypoxie, d'un aéroembolisme et d'un barotraumatisme chez le pilote.** Cependant l'enregistrement de la VTH montre que l'alarme de pressurisation de la cabine, réglée pour déclencher à 30 000 ft, a retenti à deux reprises :

- la première fois, 10 secondes après la survenue de la dépressurisation alors que l'avion n'avait pas encore tout à fait atteint son altitude maximale de 47 000 ft,
- la seconde fois, environ deux minutes après l'événement alors que l'avion est en descente vers 34 000 ft.

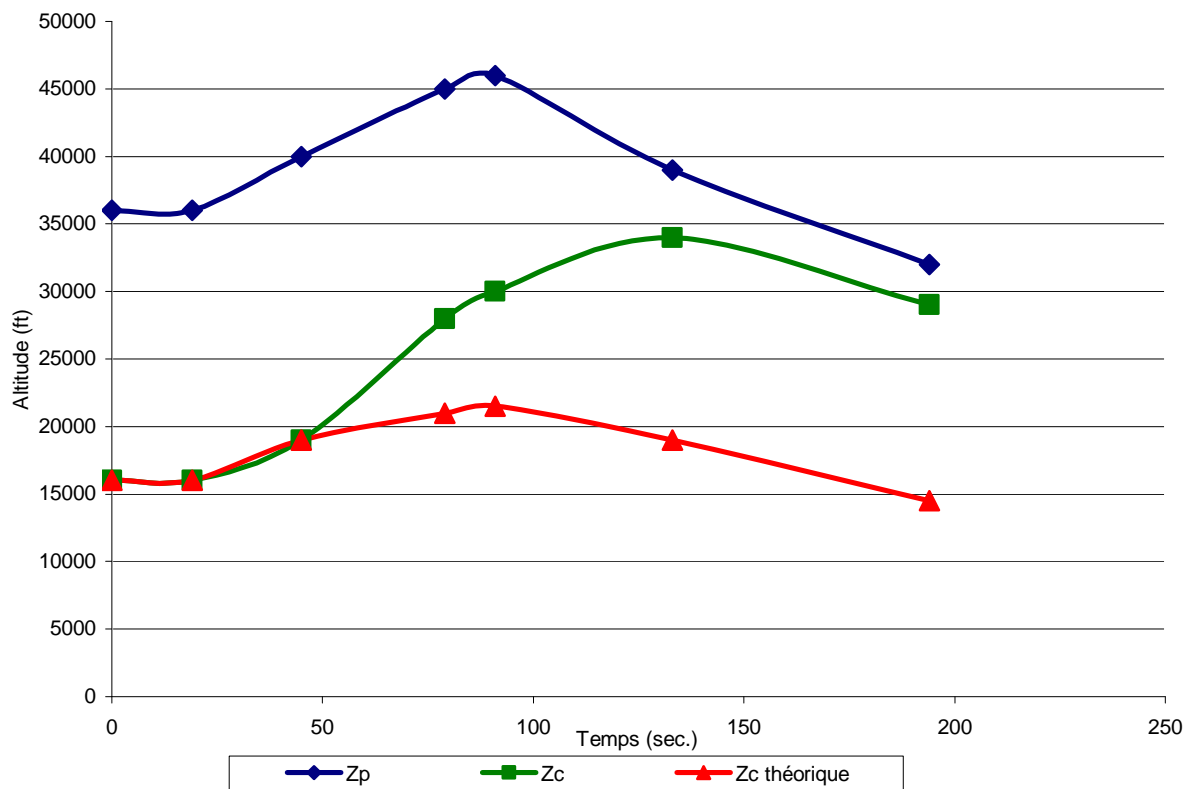
La reconstitution de la courbe de la dépressurisation subie par le pilote, bien qu'imprécise, peut se faire par déduction à partir de ces éléments.

L'intensité de la dépressurisation est d'environ 300 hPa²⁵ (passage d'une altitude cabine de 17 000 ft/550 hPa, 40 secondes avant l'événement, à un pic de dépressurisation estimé à 36 000 ft/ 250 hPa survenant 30 secondes après l'événement). Le rapport entre la pression initiale et la pression finale (550 hPa/200 hPa) est de 2,7. Le rapport de dépressurisation est suffisamment important (> 2) pour provoquer un syndrome aéroembolique chez le pilote.

La dépressurisation s'installe en une minute environ. Sa vitesse d'installation moyenne est de l'ordre de 20 000 ft/min. La dépressurisation est donc rapide (supérieure à 1 m/s), mais pas explosive (installation en plus d'une seconde).

²⁵ hPa : hectoPascal.

La durée d'exposition est d'environ trois minutes en tout (délai avant le retour à l'altitude de rétablissement initiale de 17 000 ft/550 hPa) dont au moins deux minutes passées à une altitude de plus de 30 000 ft/< 220 hPa.



Estimation de l'évolution de l'altitude cabine en fonction du temps

L'enregistreur de paramètres du F1 CT ne permet pas la restitution de l'évolution de la température ambiante de la cabine au cours de ce vol. **Il n'existe donc pas de valeur précise pour évaluer l'incidence de la panne de climatisation sur le comportement du pilote et l'occurrence d'une hyperthermie.** Néanmoins l'action du pilote qui a consisté à positionner à trois reprises la commande de climatisation sur plein chaud alors que la température cabine était déjà élevée n'a pu qu'augmenter l'inconfort thermique.

Le pilote déclare avoir placé le commutateur d'oxygène sur « 100 % » juste après la survenue de la dépressurisation et être passé en surpression de confort. Le personnel de l'AIA déclare n'avoir touché à rien dans le cockpit avant l'arrivée de la commission d'enquête. La commission constate, à son arrivée sur les lieux sept jours plus tard, la position du commutateur sur « Normal ».

Le déroulement des faits associé à la symptomatologie clinique complexe du pilote, est évocateur à la fois d'hyperthermie et d'hypoxie aiguë, d'aéroembolisme et de barotraumatisme.

Les facteurs évocateurs d'un tableau d'hypoxie aiguë sont :

- le temps de latence d'environ 15 secondes avant la survenue des premiers troubles qui correspond au temps de conscience utile moyen rapporté par les auteurs chez un sujet inhalant de l'air avec une activité physique modérée et qui est soumis à une décompression rapide à une altitude de 10 500 mètres,
- la clinique du malaise au début qui associe une voix « pâteuse », ou « cotonneuse », très caractéristique, des troubles de la mémoire et de la perception, un défaut de concentration, des fourmillements dans la main gauche et une sensation de fatigue,
- la résolution relativement rapide de ces troubles au bout de 2 min 40 s, soit lorsque l'avion rejoignait le FL 200,
- l'absence de marque du masque sur la face du pilote constatée par tous personnels ayant participé à son secours (pompiers, médecins),
- le fait que ce pilote ait donné 500 ml de son sang quatre jours avant l'événement, (facteur qui ne doit cependant pas être considéré comme déterminant mais comme aggravant).

Les facteurs en contradiction avec un tableau d'hypoxie aiguë sont :

- l'absence d'anomalie constatée sur l'ensemble de l'équipement d'oxygène de secours (masque, régulateur et source) au retour au sol,
- les performances du régulateur intertechnique 427 dont la loi de dilution, qui permet de délivrer 100 % d'oxygène au masque à la pression ambiante jusqu'à l'altitude de 36 000 ft, assure dans ces conditions au pilote une pression partielle d'oxygène alvéolaire (P_{AO_2}) d'environ 110 hPa qui est supérieure au seuil d'apparition des troubles fixé à 69 hPa (qui correspond aussi à la limite à assurer au pilote de chasse dans tous les cas).

Compte tenu de ces éléments, il y a une très forte probabilité à ce que l'hypoxie aiguë soit survenue à cause du réglage inapproprié du masque inhalateur d'oxygène du pilote.

L'hypothèse qu'une hypoxie aiguë ait pu survenir par un réglage inapproprié de son masque inhalateur est POSSIBLE.

L'inconfort thermique subi par le pilote a pu inhiber la vigilance devant être consentie à ce réglage.

La cohérence chronologique entre les informations issues des paramètres enregistrés lors du vol (informations VTH et radio, alarme de l'altitude cabine, vitesse de dépressurisation de 20 000 ft/min ; rapport entre la pression initiale et la pression finale de 2,7, recompression rapide de 10 000 ft/min) et le tableau clinique du pilote d'âge mûr (42 ans, donc plus exposé au risque aéroembolique) constituent des signes :

- d'aéroembolisme (le malaise général d'installation différée, la sensation d'oppression, la sensation de fatigue physique intense associée à des troubles neurologiques objectifs au retour au sol comme les acouphènes, la récupération rapide sous oxygénothérapie hyperbare),
- de barotraumatisme de l'oreille interne en l'absence d'exécution par le pilote de la manoeuvre de Valsalva lors de la descente (surdité et acouphènes).

Les troubles physiologiques subis par ce pilote ont pu s'organiser autour d'une chronologie telle que :

- **une hyperthermie : l'amenant à conserver un réglage lâche de son masque inhalateur,**
- **une hypoxie aiguë : liée au réglage lâche du masque,**
- **un aéroembolisme et un barotraumatisme occasionnés par la descente en absence de pressurisation cabine.**

Conclusion générale sur le facteur humain

- **La déficience du circuit de pressurisation de la cabine de l'aéronef a pu trouver son origine dans une manipulation inappropriée du pilote.**
- **Cette déficience a entraîné des troubles physiologiques de nature hypoxique, aéroembolique et barotraumatique du pilote réduisant ses capacités psychomotrices.**

3. CONCLUSION

3.1. ÉLÉMENTS ETABLIS UTILES A LA COMPREHENSION DE L'ÉVENEMENT

- L'événement s'est produit lors d'un vol de réception d'un Mirage F1 après la réalisation d'un chantier de grande visite.
- Apte médicalement, le pilote possédait et toutes les qualifications requises pour effectuer le vol.
- Le pilote totalise près de 6 000 heures de vol dont 92 sur Mirage F1.
- L'appareil était entretenu conformément aux normes en vigueur.
- L'appareil a subi une panne de conditionnement en début de vol.
- Une dépressurisation rapide de la cabine est intervenue en montée supersonique, passant le FL 450.
- Le pilote a été victime d'un malaise diminuant fortement ses capacités d'analyse et son aptitude psychomotrice.
- Assisté par le contrôleur et le conducteur d'essai, le pilote parvient à poser son appareil à la deuxième tentative.

3.2. CAUSES DE L'ÉVENEMENT

- Les expertises ont permis d'imputer la panne de conditionnement à un colmatage du filtre d'entrée du turboréfrigérateur par des particules de corrosion issue de l'échangeur refroidisseur.
- Les expertises menées n'ont pas mis en évidence d'anomalie technique susceptible d'expliquer la dépressurisation de la cabine.
- Il n'y a pas de lien technique entre la panne du circuit de conditionnement et la dépressurisation.

Les hypothèses possibles sur l'origine de la dépressurisation sont :

- une panne fugitive d'un des équipements de la chaîne de pressurisation (dépressurisation rapide),
- une action erronée sur la commande « air dynamique » à la place de la commande « secours froid », en raison d'une ergonomie qui place ces deux commandes très proches l'une de l'autre.

3.3. MECANISME DE L'ACCIDENT

Le pilote a été exposé à une dépressurisation rapide dont l'importance des paramètres physiques, en terme de vitesse d'installation, de gradient de pression, de durée d'exposition, et de vitesse de recompression, explique la survenue à la descente d'un malaise aéroembolique aggravé d'un barotraumatisme de l'oreille moyenne et interne.

Le pilote a souffert d'un inconfort thermique important du fait de la panne de conditionnement d'air détectée dès le début de la mission. Cet inconfort thermique s'est aggravé lors de la recompression rapide et a participé, avec les autres symptômes, à la dégradation de sa performance psychomotrice jusqu'à la fin du vol.

Le pilote a vraisemblablement présenté un bref tableau d'hypoxique aiguë, sans perte de conscience, mais avec une dégradation nette de la performance psychomotrice transitoire. Ce phénomène n'aurait pas dû se produire compte tenu des performances de l'équipement de protection contre l'hypoxie et de son absence de défaillance constatée à l'issue du vol. Il pourrait s'expliquer par un masque insuffisamment serré sur le visage dans le contexte de l'inconfort thermique.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Cet événement révèle que les risques liés au vol aux hautes altitudes (dépressurisation, décompression) sont toujours bien présents.

4.1. MESURES DE PREVENTION AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT

- La panne du circuit de conditionnement est liée à l'obturation du filtre d'entrée du turboréfrigérateur par des particules de corrosion issues de l'échangeur.

En conséquence, le BEA défense recommande :

- **de fixer une périodicité :**
 - ⇒ **de contrôle du filtre d'entrée du turboréfrigérateur,**
 - ⇒ **de surveillance de la corrosion des échangeurs refroidisseur des Mirage F1 et des équipements de conception similaire pour les autres aéronefs qui en sont dotés.**

- Le cas présent montre l'importance de continuer à délivrer, voire de renforcer, l'enseignement théorique et pratique en caisson d'altitude au bénéfice de l'ensemble de la communauté du personnel navigant opérationnel et des essais, des parachutistes ainsi qu'un enseignement théorique pour les contrôleurs.

Les démonstrations en caisson d'altitude sur les risques liés au vol aux hautes altitudes, sur les pathologies qui peuvent en découler (hypoxie, aéroembolisme, barotraumatisme) et sur les procédures à mettre en œuvre (ajustement soigneux et contrôle d'étanchéité du masque) doivent continuer à être systématiquement effectuées.

C'est pourquoi le BEA défense recommande que l'enregistrement vidéo de la visualisation tête haute soit présenté à titre didactique aux unités aériennes concernées par ce type de vol, présentation assortie d'un commentaire médical par le personnel approprié.

4.2. MESURES DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT

- Lorsque le conducteur d'essais était en contact radio avec le pilote pour l'assister, le contrôleur n'a pas pu intervenir pour passer un message de sécurité.

En conséquence, le BEA défense recommande que soit mis en place à l'AIA un dispositif qui permette aux intervenants de dialoguer entre eux hors fréquence.

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT FINAL D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-D-2004-011-A



ANNEXES

1. ESSAIS EFFECTUES SUR L'AERONEF SUITE A L'INCIDENT

- En présence du groupe d'enquête et de celle des responsables de la DPM/SQ²⁶ de l'AIA de Clermont-Ferrand, les personnels AIA ont effectué sur l'aéronef, à l'aide de la documentation technique réglementaire :
 - ⇒ les essais liés au système de pressurisation cabine (*procès-verbal de contrôle pressurisation cabine du 12 mai 2004*) qui montrent que seule la pression d'ouverture de la soupape de sécurité du circuit boudin est hors tolérances²⁷. Les essais d'étanchéité cabine au sol sont dans les tolérances exigées.
 - ⇒ Les essais électriques liés au système de régulation de température cabine qui montrent un fonctionnement correct du système.
 - ⇒ Les essais électriques d'isolement et de continuité du circuit de commande d'ouverture fermeture de l'électrovalve de la soupape de surpression dépression qui montrent un circuit ne présentant aucune anomalie.
 - ⇒ Le test de bon fonctionnement de l'installation oxygène qui montre un fonctionnement correct de l'installation.

²⁶ DPM/SQ : direction des programmes, des méthodes d'acquisition et de la qualité / service de la qualité.

²⁷ Cette anomalie est sans incidence sur l'événement.

2. ESSAIS EFFECTUES EN LABORATOIRE SUR LES EQUIPEMENTS DEPOSES DE L'AERONEF LIES AU SYSTEME DE PRESSURISATION CABINE

- En présence du groupe d'enquête et de celle des responsables de la DPM/SQ de l'AIA de Clermont-Ferrand, les personnels AIA ont effectués en laboratoire à l'aide de la documentation technique réglementaire :
 - ⇒ les essais liés à la soupape de sécurité boudin n° 886 (*procès-verbal d'essais et de contrôle n°32-02-1 du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,
 - ⇒ les essais liés à la soupape de surpression dépression n° 600 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent fonctionnement correct de cet équipement,
 - ⇒ les essais liés au régulateur de pression n° 831 (*procès-verbal d'essais et de contrôle n°32-59 du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,
 - ⇒ les essais liés au contacteur altimétrique n° 4190 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,
 - ⇒ les essais liés au contacteur altimétrique n° 4248 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement.

3. ESSAIS EFFECTUES EN LABORATOIRE SUR LES EQUIPEMENTS DEPOSES DE L'AERONEF LIES AU SYSTEME DE L'INSTALLATION OXYGENE ET DE PROTECTION ANTI-G.

➤ En présence du groupe d'enquête ou de celle des responsables de la DPM/SQ de l'AIA de Clermont-Ferrand, les personnels AIA effectuent à l'aide de la documentation technique réglementaire :

⇒ les essais liés au masque inhalateur d'oxygène pilote n° 11065 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,

⇒ les essais liés au régulateur oxygène n° 1436 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,

⇒ les essais liés à l'ensemble de jonction oxygène n° 1165 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement,

⇒ les essais liés à la valve anti-G n° 1506 (*procès-verbal d'essais du 13 mai 2004*) qui montrent un fonctionnement correct de cet équipement.

Tous les essais réalisés, aussi bien sur l'aéronef qu'en laboratoire se sont révélés optimaux.

4. DOCUMENTATION

4.1. EXAMEN DES DOCUMENTS ARMEE DE L'AIR ANTERIEURS A L'ENTREE EN GRANDE VISITE

- Le document de mise en réparation de l'aéronef (*demande de mise en réparation d'un aéronef n° 2003132578 du 15 septembre 2003*) ne comporte pas de demande d'intervention spécifique ayant un rapport avec la nature de l'incident de l'aéronef.
- Le dossier des quatre dernières formules 11 de l'aéronef (*carnet n°18322 feuilles 24, 25, 26, 27*) ne comporte pas d'intervention spécifique ayant un rapport avec la nature de l'incident de l'aéronef.

4.2. EXAMEN DU DOSSIER DE CHANTIER

- Le dossier de chantier décrit :
 - ⇒ les modifications électriques à effectuer pour la mise au standard T2 et montre que le cheminement de câblage en cabine réutilise une traversée de cloison déjà existante référencée 14 delta, au cadre 10 de la structure de l'aéronef, sans avoir eu recours à un perçage supplémentaire au niveau de la structure de l'habitacle, en zone pressurisée.
 - Carte n° CT-23-E-201 édition du 18 juin 2003.
 - ⇒ Les modifications électriques à effectuer pour la mise au standard T2 et montre que le cheminement de câblage en zone supérieure réutilise une traversée de cloison déjà existante référencée 14 delta, au cadre 10 de la structure aéronef, sans avoir eu recours à un perçage supplémentaire au niveau de la structure de l'habitacle, en zone pressurisée.
 - carte n° CT-37-E-201 édition du 14 mai 2004.

4.3. EXAMEN DU DOSSIER DE MAINTENANCE

➤ Le dossier de maintenance dont il a été extrait un échantillon de documents parmi l'ensemble de celui-ci décrit :

⇒ les opérations effectuées lors de la phase dépose. Aucune anomalie n'a été constatée au cours de la dépose des équipements liés à l'installation de conditionnement et à l'installation oxygène

- carte dépose générale 1 n° 1-20-001H,
- carte dépose générale 2 n° 1-27-001H,
- carte dépose zones diverses latérales n° 1-20-006E,
- carte de dépose cabine avant cadre 10 n° 1-23-001E-1/5,
- carte dépose cabine avant planche de bord n° 1-23-001E-2/5,
- carte dépose cabine avant bouclier n° 1-23-001E-5/5.

⇒ Les opérations effectuées lors de la phase inspection montre d'une part les éléments échangés au cours de l'inspection des équipements liés à :

- l'installation de conditionnement,
- à l'installation oxygène,
- carte inspection conditionnement C10 à 31, compartiment O2 n° 3-20-006H page 5/5,

et d'autre part les opérations effectuées au cours desquelles l'inspection des équipements liés à :

- l'installation de conditionnement,
- à l'installation oxygène,

ne présentent pas d'anomalie

- carte inspection cabine n° 3-23-001E,
- carte inspection cabine équipements pressu-conditionnement n° 3-23-001H,
- carte inspection circuit cond-électrolyte batt-S3/S5 n° 3-09-001H,
- carte inspection entretien cinématique verrière n° 3-03-001M,
- carte inspection pare-brise et verrière n° 3-03-002M.

⇒ Les opérations effectuées lors de la phase modification en cabine. Aucune anomalie n'a été constatée

- carte modification en cabine n° F7-T2-5-23-001^E.

⇒ Les opérations effectuées lors de la phase pose montrent qu'aucune anomalie n'a été constatée au cours de la pose des équipements liés à l'installation de conditionnement et à l'installation oxygène

- carte pose des équipements de conditionnement n° 5-09-001-H,
- carte pose des équipements liés à la pressurisation n° 5-09-002H.

⇒ Les opérations effectuées lors de la phase essais montrent qu'aucune anomalie n'a été constatée au cours des essais réalisés sur les équipements liés à l'installation de conditionnement et à l'installation oxygène

- carte procès-verbal essais n° 0-00-000E,
- carte essais soufflage étanchéité circuit O2 avion n° 7-09-002H.

4.4. EXAMEN DU DOSSIER DE RETOUCHES AVANT VOL DE CONTROLE

- Le dossier de retouches avant le vol de contrôle du 4 mai 2004 ne comporte pas d'anomalie présentant un lien avec l'incident survenu au cours du vol de contrôle (dossier retouches piste Mirage F1 CT 279).

4.5. DOSSIER DE SUIVI DES INTERVENTIONS SUR AVION SUITE A INCIDENT

- Le dossier de suivi des interventions trace les interventions effectuées sur l'aéronef par les techniciens de l'AIA de Clermont-Ferrand postérieurement à l'incident, jusqu'à l'issue de l'intervention des enquêteurs du BEA défense (dossier de suivi des interventions sur avion suite à incident).

4.6. AUTRES DOCUMENTS

- Les documents listés ci-dessous ont été examinés :
 - ⇒ fiche de contrôle n° 09 travaux GVCT1-T2 - installation d'habitabilité,
 - ⇒ procès-verbal de contrôle pressurisation cabine n° 09 du 27 février 2004
 - ⇒ procès-verbal d'essais du contacteur altimétrique n° 4248 du 2 décembre 2003,
 - ⇒ procès-verbal d'essais du contacteur altimétrique n° 4190 du 2 décembre 2003,
 - ⇒ procès-verbal d'essais et de contrôle n° 32-02-1 de la soupape de sûreté boudin n° 886 du 8 janvier 2004,
 - ⇒ procès-verbal d'essais et de contrôle n° 32-01-1 du détendeur gonflage boudin n° 988 du 8 janvier 2004,
 - ⇒ procès-verbal d'essais du clapet anti-retour cabine n° 943 du 13 janvier 2004,
 - ⇒ (procès-verbal d'essais du clapet de surpression n° 1850 du 6 janvier 2004)
 - ⇒ procès-verbal d'essais et de contrôle de l'obturateur altimétrique n° 601 du 5 janvier 2004,
 - ⇒ procès-verbal d'essais et de contrôle n° 32-32/2B du turbo réfrigérateur n° 1039 du 5 janvier 2004,
 - ⇒ fiche matricule de la soupape de sûreté n° 886,
 - ⇒ fiche matricule de la soupape surpression dépression n° 600,
 - ⇒ fiche matricule du régulateur de pression cabine n° 831,
 - ⇒ fiche matricule du contacteur altimétrique n° 4190,
 - ⇒ fiche matricule du contacteur altimétrique n° 4248,
 - ⇒ fiche matricule du réservoir d'oxygène liquide n° 1814,
 - ⇒ principe du circuit de conditionnement MF1CT du GCB111-09.