



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 24 juillet 2009

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



Photo: SIRPA Air

BEAD-air-C-2009-003-I

Date de l'événement	05 mars 2009
Lieu	25 Nm à l'ouest de Cazaux (Gironde)
Type d'appareil	Mirage F1 CR
Immatriculation	N° 602 – FZJTI
Organisme	Délégation générale pour l'armement
Unité	Centre d'essais en vol de Cazaux

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.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

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 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.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : @SIRPA air.

Pages 10, 21, 36, 37 : CEV.

Pages 16, 17, 29, 33, 35, 40, 41, 42, 43, 49 : Dassault.

Page 38 : DIRCAM.

Page 39 : CFA.

Pages 34, 47 : BEAD-air.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
GLOSSAIRE	6
SYNOPSIS	8
1. Renseignements de base	9
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Contexte du vol	9
1.1.2. Description de l'événement	9
1.1.3. Localisation	12
1.2. Tués et blessés	12
1.3. Dommages à l'aéronef	12
1.4. Autres dommages	12
1.5. Renseignements sur le pilote	12
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.6.1. Maintenance	14
1.6.2. Performances	14
1.6.3. Masse et centrage	14
1.6.4. Carburant	14
1.6.5. Autres fluides	14
1.7. Conditions météorologiques	14
1.7.1. Prévisions du centre météorologique air de Cazaux (METAR 12 h 00)	15
1.7.2. Observation du centre météorologique air de Cazaux au moment de l'événement	15
1.7.3. Observation du centre météorologique air de Cazaux au moment de l'atterrissage	15
1.8. Aides à la navigation	15
1.9. Télécommunications	15
1.10. Enregistreur de bord	15
1.11. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact	16
1.11.1. Examen de la zone de l'événement	16
1.11.2. Examen de l'aéronef	16
1.12. Renseignements médicaux et pathologiques concernant le pilote	17
1.13. Incendie	17
1.14. Survie des occupants	17
1.15. Essais et recherches	17
1.16. Renseignements sur les organismes	18
1.17. Renseignements supplémentaires	18
1.17.1. Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans l'armée de l'air française	18
1.17.2. Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans des armées étrangères	18
1.17.3. Évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1	18
1.18. Techniques spécifiques d'enquête	19
2. Analyse	20
2.1. Origines de la perte de la verrière en vol	20
2.1.1. Hypothèse de la défaillance technique	20
2.1.2. Hypothèse d'une action en vol de l'opérateur sur la poignée de manœuvre	20
2.1.3. Hypothèse d'une action inadéquate ou incomplète de l'opérateur lors de la fermeture de la verrière au sol	21
2.1.4. Conclusions	22
2.2. Détermination des facteurs ayant conduit au non-verrouillage de la verrière	23
2.2.1. Erreur de routine du pilote	23
2.2.2. Information erronée véhiculée par l'extinction du voyant PCAB	23
2.2.3. Absence de modification technique de la poignée de manœuvre de la verrière	23
2.2.4. Conclusions	25
2.3. Gestion de l'événement	26
2.3.1. Séquence d'événement	26
2.3.2. Gestion de l'événement par les opérateurs (pilote, contrôleur CCER, contrôleur CAM, salle d'essais)	27
3. Conclusion	29
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	29
3.1.1. Contexte du vol	29

3.1.2. Fait marquant concernant l'état de définition de la poignée de manœuvre de la verrière	29
3.2. Causes de l'événement	29
4. Recommandations de sécurité	31
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	31
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	32
ANNEXES	33
ANNEXE 1 Poignée de manœuvre de la verrière et logique d'allumage du voyant PCAB sur Mirage F1	34
ANNEXE 2 Code couleurs des terrains MILAIP France – MIAM ENR 1 : règles et procédures générales – page ENR 1.1-4	39
ANNEXE 3 Tableau danger vent de travers à l'atterrissage CPSV FAC-FAS Ordre 5J	40
ANNEXE 4 Dégâts constatés sur le Mirage F1 CR n° 602 à l'issue du vol	41
ANNEXE 5 Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans l'armée de l'air française	45
ANNEXE 6 Modification technique n° 2105 : évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1	48
ANNEXE 7 Loi de pressurisation cabine du Mirage F1 (GCG 103-09 page 2-129)	50
ANNEXE 8 Mise en parallèle des opérations d'entretien de l'avion n° 602 avec le calendrier de la modification n° 2105	52

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photos :

Vue aérienne de la BA 120 de Cazaux : chemin de roulement de l'avion en rouge.....	10
Avion de retour au parking, verrière manquante.....	16
Vues de la poignée de manœuvre, en position ouverture bonhomme <i>abaissé</i>	16
Vue de la manette de commande du robinet boudin, en position <i>gonflage</i>	17
Captures d'images réalisées à partir de la vidéo de la camera <i>EVE</i>	22
Poignée de manœuvre de la verrière	34
Bonhomme en position <i>abaissée</i>	35
Bonhomme en position <i>rabattue</i>	35
Bonhomme en position <i>intermédiaire</i>	35
Capture d'écran EVE dite « position EVE ».....	37
Position EVE : cabine de l'extérieure	37
Position EVE : cabine de l'intérieur.....	37
Levier sur la position <i>verrouillage</i> (butée avant).....	38
Position du levier lors de l'extinction du voyant PCAB	38
Synthèse des positions du levier.....	38
Figure 1 : bloc de distribution en partie supérieur du canon du siège éjectable (1).....	41
Figure 2 : bloc de distribution en partie supérieur du canon du siège éjectable (2).....	41
Figure 3 : déformation du vérin d'équilibrage, du revêtement et de la tôle de renfort intérieur de la casquette à l'arrière de la verrière.....	42
Figure 4 : déformation du revêtement et de la tôle de renfort intérieur de la casquette à l'arrière de la verrière.....	42
Figure 5 : impacts sur la dérive	43
Figure 6 : impact 1 sur la dérive.....	43
Figure 7 : impact 3 sur la dérive.....	43
Figure 8 : impact 4 sur la dérive.....	43
Figure 9 : impact extradors du demi-empennage horizontal gauche.....	44
Figure 10 : rayures sur la partie supérieure du fuselage.....	44
Figure 11 : impact écope droite.....	44
Figure 12 : impact écope gauche.....	44
Index de positionnement : repères blancs alignés	48
Trait de peinture rouge : bonhomme <i>rabattu</i> dessus.....	48

Schémas :

Conditions d'allumage du voyant PCAB.....	36
Présentation de la panne PCAB en cabine	36
Loi de pressurisation cabine.....	50

Tableaux :

Approche classique et de précision	39
Danger vent de travers à l'atterrissage	40

GLOSSAIRE

AIA	Atelier industriel de l'aéronautique
BA	Base aérienne
BEAD-AIR	Bureau enquêtes accidents défense air
CAM	Circulation aérienne militaire
CCER	Centre de contrôle de la circulation essai et réception
C2M2A3	Commission centrale de modifications des matériels aériens de l'armée de l'air
CEMPN	Centre d'expertise médicale du personnel navigant
CER	Circulation essai réception
CEV	Centre d'essais en vol
CMC	Centre militaire de contrôle
DBE	Direction des bases d'essais
DDL	Débattements du manche en gauchissement (axe de roulis)
DDM	Débattements du manche en profondeur (axe de tangage)
DGA	Délégation générale pour l'armement
EETIS	Ensemble équipe technique et d'instruction spécialisée
EPI	Enquêteur de première information
EPNER	Ecole du personnel navigant d'essais et réceptions
EVE	« Evénements » – caméra filmant les avions d'essais au sol
FDR	<i>Flight data recorder</i> – enregistreur de paramètres de vol
FL	<i>Flight level</i> – niveau de vol (altitude en centaine de pieds ayant pour référence le calage 1 013 hPa)
ft	<i>Feet</i> - pieds (1 ft ≈ 0,30 mètre)
GV	Grande visite

ILS	<i>Instrument landing system</i> – système d'atterrissage aux instruments
Kt	<i>Knot(s)</i> – nœud(s) (1 kt = 1,852 km / h)
M	Nombre de mach
METAR	<i>Meteorological air report</i> – message d'observation météorologique régulière
MILAIP	<i>Military aeronautical information publication</i> – publication militaire d'information aéronautique
Nm	<i>Nautical mile</i> – miles marins (1 nm = 1 852 m)
OUO	Officier d'utilisation opérationnelle
PEXA	Pilote d'essais expérimental d'avions
PS	Patrouille serrée
QFE	Pression atmosphérique à l'altitude de l'aérodrome
QNH	Calage altimétrique requis pour lire une fois au sol l'altitude de l'aérodrome
RESEDA	Centre de restitution des enregistreurs d'accidents
SIMMAD	Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense
TAF	<i>Terminal area forecast</i> – message météorologique de prévision d'aérodrome
VP	Visite périodique
VRH	Vol rectiligne horizontal
VTH	Visualisation tête haute

SYNOPSIS

Date de l'événement : 05 mars 2009, 11 h 18.
Lieu de l'événement : 25 Nm dans le relèvement 240° de Cazaux (zone D31D sud).
Organisme : délégation générale pour l'armement (DGA).
Direction : direction des essais (DE).
Unité : centre des essais en vol (CEV) de Cazaux.
Utilisateur : Dassault Aviation.
Aéronef : Mirage F1 CR n° 602.
Nature du vol : vol d'essais.
Nombre de personnes à bord de l'aéronef : 1.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'un vol d'essais au décollage de la base de Cazaux, pendant la montée vers la zone de travail, la verrière se désolidarise du fuselage. Le pilote interrompt le déroulement du vol et effectue un atterrissage de précaution sur la piste de Cazaux.
Le pilote est indemne. L'aéronef est endommagé et la verrière n'a pas été retrouvée.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur de première information (EPI) de la base aérienne (BA) 120 de Cazaux, désigné enquêteur délégué.
- Un officier pilote du centre d'essais en vol (CEV) de Cazaux ayant une expertise sur Mirage F1 CR.
- Un spécialiste technique ayant une expertise sur Mirage F1 CR.

Autres experts consultés

- Centre de restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été informé par téléphone de l'incident le 05 mars 2009 à 13 h 00 par le CEV de Cazaux.
Le BEAD-air a délégué l'enquête technique à un EPI de la BA 120 de Cazaux.
Les premières constatations et investigations ont débuté le jour même.

Enquête judiciaire

Cet événement ne fait l'objet d'aucune procédure judiciaire.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Contexte du vol

Indicatif mission : TANGO WHISKY.

Type de vol : circulation essai réception (CER) et circulation aérienne militaire (CAM).

Type de mission : vol d'essais.

Dernier point de départ : BA 120 de Cazaux.

Heure de départ : 11 h 15.

Point d'atterrissage prévu : BA 120 de Cazaux.

Ce vol d'essais est réalisé dans la zone D31, située à l'ouest de Cazaux, au-dessus de l'océan Atlantique.

1.1.2. Description de l'événement

Cette description est fondée sur les témoignages du pilote et des contrôleurs aériens, sur la restitution audio-vidéo de la visualisation tête haute (VTH) et à partir des données extraites de l'enregistreur de paramètres de vol (FDR) de l'appareil.

L'équipe d'essais effectue le briefing de la mission d'essais sans contrainte temporelle. Le pilote revêt une combinaison étanche car le vol se déroule au-dessus de l'océan et la température de l'eau est inférieure à 18°C.

L'avion est stationné sur le parking « Mike » de la BA 120 de Cazaux.

Le pilote effectue le tour avion puis s'installe dans la cabine et se brêle.

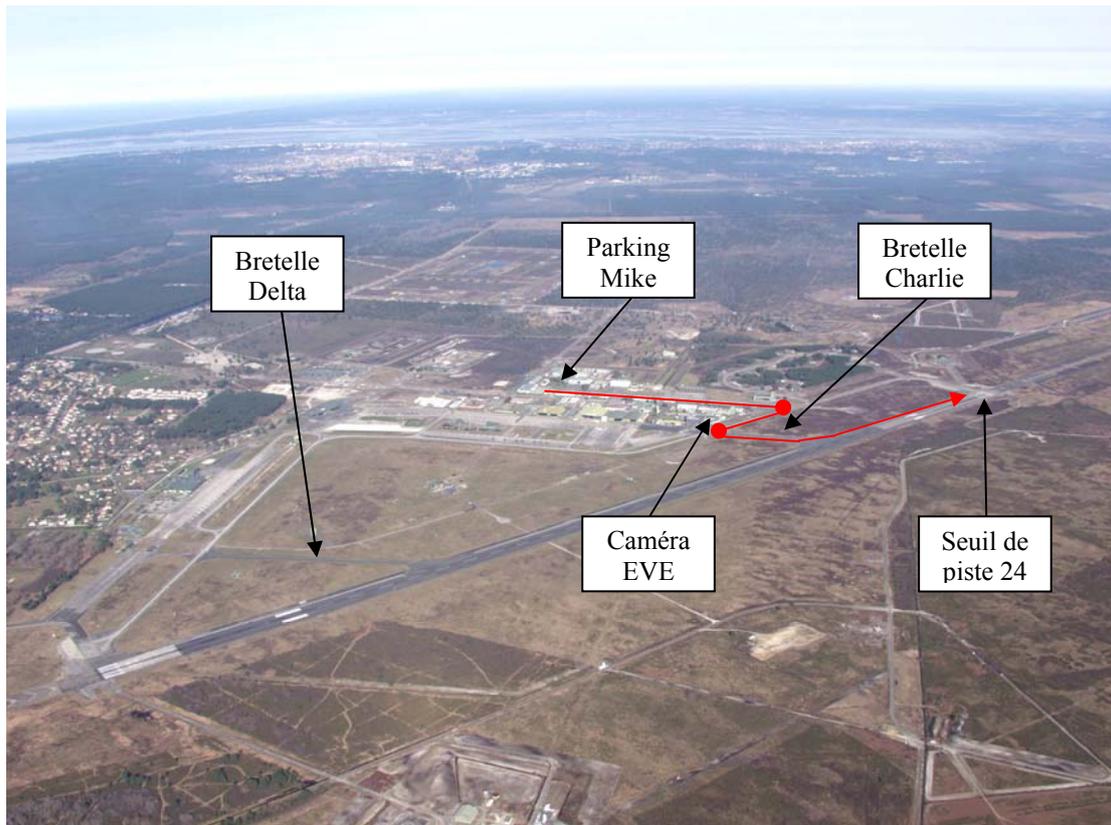
Une fois les sécurités du siège éjectable enlevées puis rangées par le mécanicien de piste, le pilote ferme sa verrière sans rien noter d'anormal. Il vérifie et constate l'extinction du voyant PCAB (la logique d'allumage du voyant PCAB sur Mirage F1 est fournie en annexe 1).

L'autorisation de roulage est transmise par Cazaux Sol pour la piste 24, terrain « Vert+ Technique¹ » (le code couleurs des terrains est fourni en annexe 2), QFE 987, danger vent « Bravo » (le tableau danger vent de travers à l'atterrissage est fourni en annexe 3).

En quittant le parking « Mike », le pilote vire par la droite, passant devant la caméra EVE.

Il s'engage sur la bretelle « Charlie » et rejoint la piste de décollage.

¹ Technique : atterrissage interdit pour d'autres raisons que les conditions météorologiques (MILAIP France – manuel d'information aéronautique militaire (MIAM) ENR1 : règles et procédures générales – page ENR1.1-4)



Vue aérienne de la BA 120 de Cazaux : chemin de roulement de l'avion en rouge

Le pilote s'aligne en piste 24, vérifie l'extinction du tableau de pannes, dont le voyant PCAB, puis effectue la mise en puissance du réacteur.

Le décollage est effectué à 11 h 15.

La montée est autorisée vers le niveau de vol (FL) 320 par l'organisme du centre de contrôle de la circulation essai et réception (CCER), et s'effectue à 420 kt² puis en réduction progressive vers 370 kt. Le calage utilisé est 1013 hPa.

Passant 15 000 ft³ en montée, alors qu'il vient de vérifier les pressions hydrauliques, le pilote perçoit un bruit sourd accompagné simultanément d'une augmentation du niveau sonore dans la cabine et du gonflement anormal de sa combinaison étanche, ainsi que de l'alarme sonore « panne rouge ».

Il est alors 11 h 18 et les éléments sont : 16 350 ft en montée à + 3,5° de pente, Vi = 360 kt - M = 0.73, route 237°.

Pensant à une décompression explosive, le pilote pousse vigoureusement sur le manche (jusqu'à - 20° de pente) pour redescendre rapidement vers 10 000 ft et annonce simultanément sa panne à la radio.

² Kt : *knot(s)* – noeud(s)

³ Ft : *feet* – pieds

Il inhibe l'alarme sonore en effaçant le répéteur de panne (voir fonctionnement en annexe 1).

Le pilote annonce ses ennuis au contrôle qui lui fait prendre un cap retour vers Cazaux (060°). Après être descendu vers 10 000 ft, le pilote constate que la vitesse influe sur le niveau sonore : il réduit alors sa vitesse vers 250 kt. Stable au cap 060°, il descend vers 5 700 ft.

Stabilisé en altitude, vitesse et cap, le pilote sort sa check-list.

Une nouvelle intervention de la salle d'essais en vol de Dassault Aviation amène le pilote à annoncer à nouveau son appréciation de la situation. Il précise notamment que son état physiologique est normal.

A 11 h 23, le pilote s'aperçoit de l'absence de la verrière et l'annonce immédiatement au contrôle. Il constate également que le levier de la poignée de manœuvre de la verrière se trouve sur la position *ouverture*, bonhomme *abaissé*, et décide de ne pas manipuler cette commande jusqu'à la fin du vol (l'annexe 1 décrit les caractéristiques de la poignée de manœuvre de la verrière du Mirage F1).

Le pilote, en concertation avec la salle d'essais en vol, décide de consommer une partie de son carburant pour réaliser son atterrissage à masse minimale, l'utilisation de la barrière d'arrêt étant proscrite sans verrière.

Compte tenu du vent de travers, du relèvement compris entre 320 et 350°, les acteurs, contrôleurs et pilote, s'interrogent sur la piste idoine pour l'atterrissage. Le chef de quart du centre militaire de contrôle (CMC) de Cazaux, responsable du recueil de l'aéronef en panne, décide donc de faire démonter le brin d'arrêt en piste 24 afin de ne pas endommager l'appareil en cas d'atterrissage en piste 06. Il est également décidé, de concert, de retarder légèrement la finale de l'aéronef après le passage d'un orage sur le terrain.

Le pilote, craignant une détérioration de la dérive, s'assure alors que le comportement et la manœuvrabilité de son avion sont sains.

Le chef de quart positionne la barrière sur « déclenchement manuel » pour l'atterrissage (application des procédures en vigueur pour tout atterrissage avec verrière détériorée).

Dans un premier temps, la présentation s'effectue à vue pour la piste 06.

Compte tenu du vent relevé et annoncé juste avant la finale, le pilote rejoint la « vent-arrière » sud et effectue une large étape de base pour atterrir en piste 24.

Le pilote annonce alors 2 150 litres de carburant restant.

L'atterrissage avec parachute est effectué sur une piste détremnée.

L'avion dégage la piste par la bretelle « Delta » et, sur ordre de la salle d'essais rentre au parking « Mike » en autonome.

La coupure du réacteur s'effectue une fois au parking « Mike » et est nominale.

1.1.3. Localisation

- Lieu : 25 Nm dans le relèvement 240° de la BA 120 de Cazaux (zone D31D sud) :
 - pays : France ;
 - département : Gironde (33) ;
 - commune : Cazaux ;
 - coordonnées géographiques :
 - N 44°20' ;
 - W 001°33'.
 - altitude du lieu de l'événement : 16 400 ft au calage 1 013 hPa.
- Moment : jour.
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : BA 120 de Cazaux, à 25 Nm dans un relèvement 060° du lieu de l'incident.

1.2. Tués et blessés

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Mirage F1 CR N° 602			X	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le pilote

- Age : 40 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : Dassault Aviation Mérignac :
 - fonction dans l'unité : chef pilote d'essais à Mérignac.
- Formation : pilote de chasse (école polytechnique 1988 – brevet chasse en 1992) :
 - qualification : pilote d'essais expérimental d'avions (PEXA) catégorie « A » ;
 - école de spécialisation : école du personnel navigant d'essais et réceptions (EPNER) (Istres) promotion 2000-2001 ;
 - année de sortie d'école : brevet PEXA (07/2001).

– Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Mirage F1	Sur tous types	Dont sur Mirage F1	Sur tous types	Dont sur Mirage F1
Total (h)	3685	1300	130	7	20	0

– Date du dernier vol comme pilote :

- sur Mirage F1 : 13 janvier 2009 ;
- sur autre type : 04 mars 2009.

– Licence :

- type : licence PEXA n° 537 ;
- date d'expiration : 30 juin 2009 (renouvelée le 08 décembre 2008 pour 6 mois).

1.6. Renseignements sur l'aéronef

Le Mirage F1 C n° 277, avion de chasse monoplace, a été cédé à la DGA en août 1982 pour servir d'avion prototype « CR » et a ensuite été numéroté F1 CR n° 602.

- Organisme : délégation générale pour l'armement.
- Direction d'appartenance : direction des essais.
- Base aérienne de stationnement : BA 125 Istres (BA 120 de Cazaux pour ce vol).
- Unité d'affectation : Dassault Aviation.
- Type d'aéronef : Mirage F1 CR :
 - configuration : sans lien avec l'événement ;
 - armement : néant.
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Mirage F1 CR	602	864 h 20	GVA4 : 158 h 46	VPA5 : 78 h 50
Moteur	ATAR 09k50	11552	372 h 10	RG6 : 372 h 10	

La dernière visite périodique (VP) a été réalisée le 23 mars 2005 par l'atelier industriel de l'aéronautique (AIA) de Clermont-Ferrand.

Le dernier graissage⁷ a été réalisé le 21 juillet 2007 à Mont de Marsan.

La dernière visite intermédiaire a été réalisée le 21 mars 2008 par Dassault Aviation.

⁴ GVA : grande visite adaptée

⁵ VPA : visite périodique adaptée

⁶ RG : révision générale

⁷ Graissage : opération de maintenance de la cellule contre la corrosion

Un contrôle de la cinématique de la verrière a été réalisé à Mont de Marsan en août 2005 en réponse au message n° 1755/CFAC/LOG/03.530/B.F1 du 23 mars 2005 (contrôle de la cinématique verrière sur l'ensemble de la flotte Mirage F1).

Un échange de la verrière a également été réalisé à Mont de Marsan au second semestre 2006 (chaîne pyrotechnique arrivée en limite de fonctionnement).

1.6.1. Maintenance

La maintenance a été réalisée sur le site de Cazaux par les mécaniciens de la direction des bases d'essais (DBE) / piste de Dassault Aviation à Istres.

La mise en œuvre et la maintenance ont été effectuées conformément à la documentation technique de l'avionneur et du motoriste.

1.6.2. Performances

Les paramètres calculés sont conformes à la documentation en vigueur et cohérents des conditions du jour et de la configuration de l'appareil.

L'avion fait l'objet d'une réserve de vol sans lien avec l'événement (radar bloqué).

1.6.3. Masse et centrage

La masse et le centrage étaient dans les normes :

- masse à la mise en route à Cazaux : 12 423 kg ;
- masse estimée au moment de l'événement : 11 800 kg ;
- masse estimée à l'atterrissage à Cazaux : 10 800 kg.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TRO-JETA1.
- Quantité de carburant à la mise en route à Cazaux : 4 100 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : estimée à 3 330 litres.
- Quantité de carburant restant à l'atterrissage : 2 100 litres.

1.6.5. Autres fluides

- Fluide hydraulique standard (H515-AIR3520B) : environ 12 litres.
- Oxygène liquide : environ 2,5 litres.

1.7. Conditions météorologiques

La situation générale est une traîne active de nord-ouest, principalement marquée par des averses de pluie importantes et du vent établi dans le travers de la piste avec des rafales.

1.7.1. Prévisions du centre météorologique air de Cazaux (METAR 12 h 00)

- Vent : 320° / 15 kt, temporairement 320° / 20 kt avec des rafales à 30 kt.
- Visibilité et nébulosité : visibilité supérieure à 10 km, quelques nuages à 1 000 ft, chargé en nuages à 2 000 ft avec des cumulus en développement, temporairement visibilité 4 000 m sous les averses de pluie, nuages épars à 1 000 ft, chargé en cumulonimbus à 2 000 ft, probabilité de 40 % ; temporairement visibilité 2 000 m orage de pluie et de grésil, nuages épars à 1 000 ft, chargé en cumulonimbus à 1 500 ft.
- Température / point de rosée : + 08 °C / + 05 °C.
- QNH : 991 hPa.

1.7.2. Observation du centre météorologique air de Cazaux au moment de l'événement

- Vent : modéré à fort de nord-ouest, variable du 330° / 14 kt au 360° / 21 kt.
- Visibilité et nébulosité : visibilité fluctuante de 15 km à 6 km (réduction liée aux averses), averses de pluie et/ou de grésil, quelques stratus à 1 500 ft, épars à chargé en cumulonimbus à 1 800 ft, stratocumulus épars à 4 000 ft, chargé en altocumulus à 10 000 ft.
- Turbulences : turbulences de basses couches liées au vent, turbulence dans les cellules convectives instables de type cumulus et cumulonimbus.
- Température / point de rosée : + 05 °C / + 01 °C.
- QNH : 990 hPa.

1.7.3. Observation du centre météorologique air de Cazaux au moment de l'atterrissage

- Vent : 320° / 09 kt rafale à 14 kt.
- Visibilité et nébulosité : visibilité supérieure à 10 km, quelques nuages à 1 300 ft, cumulonimbus épars à 1 800 ft.
- Température / point de rosée : + 06 °C / + 03 °C.
- QNH : 990 hPa.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'événement, l'aéronef est en contact radio et radar avec le CCER Cazaux. Le transpondeur de bord affiche le code 2652 (mode 3/A).

1.10. Enregistreur de bord

Le Mirage F1 CR est équipé d'un enregistreur de paramètres de vol à bande magnétique de type ENERTEC PE6010-6A (numéro de série 453).

Cet avion, utilisé comme avion banc d'essais, est également pourvu d'un enregistreur de type « mini DV » permettant l'acquisition numérique de la vidéo de la VTH en « noir et blanc » et l'enregistrement des conversations radio émises et entendues par le pilote ainsi que les échanges avec la salle d'essais (dits « voix G »).

La position de la poignée de manœuvre de la verrière ainsi que l'état des voyants du tableau de panne, dont PCAB, ne sont pas enregistrés.
Seuls les changements d'état du voyant répéteur de panne sont enregistrés.

1.11. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact

1.11.1. Examen de la zone de l'événement

La verrière a été perdue au-dessus de l'océan et aucun dommage aux tiers n'a été rapporté.
Aucune recherche n'a été entreprise.

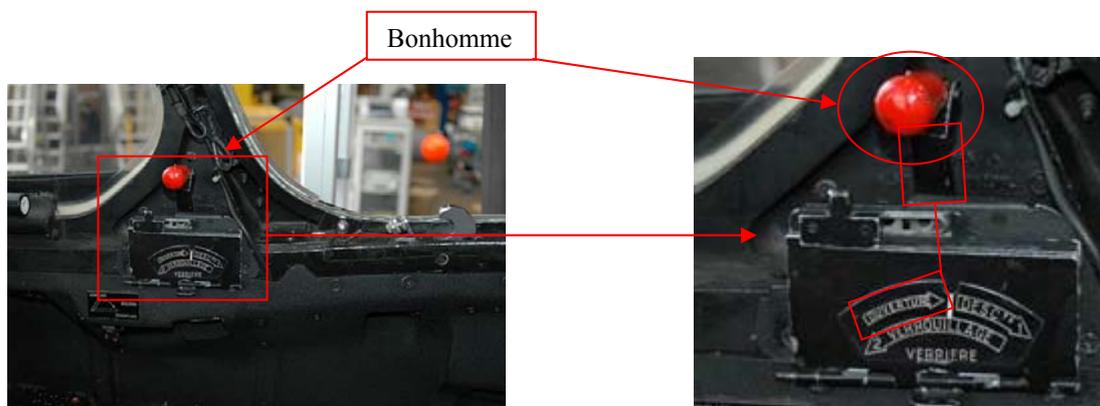
1.11.2. Examen de l'aéronef

La verrière est manquante.



Avion de retour au parking, verrière manquante

La poignée de manœuvre de la verrière se trouve sur la position *ouverture*, bonhomme *abaissé* comme le montrent les photos suivantes prises après la coupure du réacteur.
L'annexe 1 décrit les caractéristiques de la poignée de manœuvre de la verrière du Mirage F1.



Vues de la poignée de manœuvre, en position ouverture bonhomme abaissé

La manette de commande du robinet boudin a été retrouvée en position nominale sur *gonflage*, fil à freiner présent.



Vue de la manette de commande du robinet boudin, en position *gonflage*

L'aéronef a subi des dégâts au niveau du siège éjectable, le long du fuselage, sur la dérive et sur le demi-empennage horizontal gauche.

L'annexe 4 présente la liste détaillée des dégâts constatés sur l'avion au retour de vol.

1.12. Renseignements médicaux et pathologiques concernant le pilote

- Dernier examen médical :
 - type : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) ;
 - date : 30 janvier 2009 ;
 - résultat : apte sans restriction ;
 - validité : 6 mois.
- Examens biologiques : non effectués.
- Blessures : néant.

A l'issue de son vol, le pilote a été reçu en consultation par le médecin-chef du service médical de la BA 120 de Cazaux : aucune lésion clinique n'a été décelée.

1.13. Incendie

Néant.

1.14. Survie des occupants

Néant.

1.15. Essais et recherches

La restitution audio (bandes audio du contrôle) a été exploitée par le CMC de Cazaux.

La restitution vidéo (caméra EVE) a été exploitée par le CEV de Cazaux.

La restitution audio-vidéo (cassette mini DV) et l'extraction des données du FDR ont été effectuées par le centre RESEDA.

1.16. Renseignements sur les organismes

L'avion Mirage F1 CR n° 602 équipé d'installations d'essais et de mesures a été mis à disposition de la société ASTRAC sous forme de prêt à usage (...) consenti pour la réalisation d'essais au sol et en vol (...) effectués du 15 novembre 2007 au 28 février 2010 (Décision ministérielle n° 016238/DEF/CM31 du 14 novembre 2007).

L'autorisation de vol a fait l'objet de l'acte technique n° 0186-09/CEP/ASA/SCA du 04 mars 2009, la société Dassault Aviation y étant désignée *organisation responsable de la mise en vol*.

1.17. Renseignements supplémentaires

1.17.1. Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans l'armée de l'air française

D'après les comptes-rendus disponibles, il a été recensé dans l'armée de l'air française depuis 1991 huit événements impliquant la poignée de manœuvre de la verrière du Mirage F1 avec allumage du voyant PCAB sans action délibérée du pilote.

Ces événements peuvent être classés en deux catégories :

- allumage du voyant PCAB avec perte de verrière ;
- allumage du voyant PCAB sans perte de verrière.

L'annexe 5 précise ces 8 événements.

1.17.2. Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans des armées étrangères

La seule perte de verrière sur Mirage F1 « export » portée à la connaissance de la société Dassault Aviation, constructeur de l'aéronef, est survenue en 1988 sur un avion irakien, sans information supplémentaire.

1.17.3. Évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1

Les premiers événements avec perte de verrière en vol sont apparus sur Mirage F1 de l'armée de l'air française dès 1978. Cependant, la traçabilité, moins aboutie alors, ne permet pas d'apporter d'éléments de comparaison avec l'événement actuel.

Face à la recrudescence de ce type d'événement à partir de 2003, et afin de corriger un défaut d'ergonomie connu sur Mirage F1, l'armée de l'air a fait évoluer la poignée de manœuvre de la verrière des Mirage F1.

Ce processus, entamé dès janvier 2004 par l'ensemble équipe technique et d'instruction spécialisée (EETIS) et l'officier d'utilisation opérationnelle (OUO) Mirage F1 de Reims, a été finalisé par l'adoption de la modification technique n° 2105 en commission centrale de modifications des matériels aériens de l'armée de l'air (C2M2A3) le 23 juin 2005.

Cette évolution permet dorénavant de visualiser par le biais d'un détrompeur le positionnement correct (*butée avant*) du levier de la poignée de manœuvre lors du verrouillage de la verrière. Cette modification, décrite en annexe 6, a ensuite été appliquée à l'ensemble de la flotte Mirage F1 étatique, **sauf sur l'avion n° 602**.

Il est important de noter que cette modification ne concerne que le parc des Mirage F1 de propriété étatique, si bien que l'avion n° 602 présente donc la particularité d'avoir une définition conforme à la référence « constructeur » et non-conforme à la référence « état ».

1.18. Techniques spécifiques d'enquête

Néant.

2. ANALYSE

L'événement, une perte de verrière en vol, survient en phase de montée rectiligne, quelques minutes après le décollage, sans action du pilote sur la poignée de manœuvre de la verrière et sans signe annonciateur (aucune alarme préalable).

L'analyse qui suit s'appuie sur les faits et constatations exposés au chapitre précédent, les témoignages des opérateurs (pilote et contrôleurs), l'exploitation des données enregistrées (FDR, VTH et caméra EVE) et les résultats des expertises.

Elle détermine les origines de la perte de la verrière en vol et détaille la chronologie de l'événement et sa gestion par les différents acteurs.

2.1. Origines de la perte de la verrière en vol

La perte d'une verrière en vol peut être due à :

- une défaillance technique du mécanisme de fermeture et de verrouillage de la verrière ;
- une action en vol de l'opérateur sur la poignée de manœuvre, effectuée de manière intempestive ou non ;
- une action inadéquate ou incomplète de l'opérateur lors de la fermeture au sol.

2.1.1. Hypothèse de la défaillance technique

L'expertise de la cinématique du mécanisme de fermeture et de verrouillage de la verrière conclut qu'elle ne présente aucune anomalie et que les réglages sont conformes aux spécifications techniques.

L'hypothèse qu'une défaillance technique du mécanisme de fermeture et de verrouillage de la verrière est à l'origine de la perte de la verrière en vol est REJETEE.

2.1.2. Hypothèse d'une action en vol de l'opérateur sur la poignée de manœuvre

Le pilote témoigne ne pas avoir agi sur la poignée de manœuvre de la verrière en vol.

L'analyse de la restitution vidéo de la VTH et des données du FDR montre qu'à l'apparition de la panne, des actions sur le manche sont effectuées par le pilote (paramètres DDL⁸ et DDM⁹ non nuls).

Ces informations prouvent que le pilote, dans cette phase du vol, manipule le manche avec sa main droite ce qui empêche toute action sur la poignée de manœuvre de la verrière.

L'hypothèse qu'une action en vol du pilote sur la poignée de manœuvre de la verrière est à l'origine de la perte de la verrière est REJETEE.

⁸ DDL : débattements du manche en gauchissement (axe de roulis)

⁹ DDM : débattements du manche en profondeur (axe de tangage)

2.1.3. Hypothèse d'une action inadéquate ou incomplète de l'opérateur lors de la fermeture de la verrière au sol

L'annexe 1 décrit la poignée de manœuvre et la logique de signalisation du voyant PCAB.

2.1.3.1. État du tableau de panne au décollage

Les données recueillies par le FDR et la VTH montrent la signalisation d'une panne rouge dès la perte de la verrière par l'allumage du voyant répétiteur de panne et le déclenchement de l'alarme sonore.

PCAB étant le seul voyant allumé au tableau de panne à la survenue de la panne (témoignage du pilote), la logique de signalisation des voyants permet d'affirmer que le voyant PCAB s'est allumé au moment précis de la désolidarisation de la verrière.

Par conséquent, le pilote s'aligne et décolle avec un tableau de panne éteint.

2.1.3.2. Position du bonhomme de la poignée de manœuvre de la verrière

Le pilote témoigne avoir fermé sa verrière au parking, avant la mise en route puis ne plus manipuler la poignée de manœuvre de la verrière, y compris suite à la panne.

Lorsqu'il s'aperçoit de l'absence de la verrière, le pilote constate que la poignée de manœuvre se trouve à la verticale et que le bonhomme est *abaissé*.

A la coupure du réacteur, il est constaté que :

- le levier de la poignée de manœuvre de la verrière se trouve sur la position *ouverture* ;
- le bonhomme est *abaissé*.

Les essais réalisés sur la poignée de manœuvre montre qu'un mouvement, même sec et brutal, du levier vers l'arrière ne suffit pas à faire passer le bonhomme d'une position *rabattue* à une position *abaissée*.

Par conséquent, le bonhomme de la poignée de manœuvre ne se trouve pas dans une position nominale (dite *rabattue*) à l'issue de la fermeture de la verrière effectuée au parking : il est soit *abaissé*, soit dans une position *intermédiaire*.

2.1.3.3. Position du levier de la poignée de manœuvre de la verrière

Le chemin de roulement emprunté par le pilote pendant le roulage vers le point de manœuvre, fait passer l'appareil devant la caméra EVE, permettant de filmer la cabine depuis l'extérieur et de produire les photos suivantes sur lesquelles on distingue le bonhomme de la poignée de manœuvre de la verrière.



Captures d'images réalisées à partir de la vidéo de la camera EVE

En s'appuyant sur ces photos, des essais ont permis de montrer qu'à ce moment-là le levier de la poignée de manœuvre de la verrière se trouve dans une position intermédiaire entre *ouverture* et *verrouillage* telle que :

- le voyant PCAB est éteint ;
- la verrière est fermée mais non verrouillée.

Une synthèse de ces essais figure en annexe 1.

L'hypothèse qu'une action incomplète du pilote sur la poignée de manœuvre de la verrière lors de la fermeture de celle-ci est à l'origine de la perte de la verrière est CERTAINE.

2.1.4. Conclusions

Au cours du vol, le levier de la poignée de manœuvre de la verrière se trouvait dans une position *intermédiaire* (verrière fermée mais non verrouillée).

La loi de pressurisation de la cabine du Mirage F1 fournie en annexe 7 montre qu'au cours de la montée, les forces induites par l'augmentation de la différence de pression entre la cabine et l'extérieur ont augmenté jusqu'à devenir supérieures à la force de retenue exercée par les crochets de la cinématique sur la verrière.

Les vibrations et les turbulences aérologiques ainsi que l'effort exercé par les boudins sur la verrière pour assurer l'étanchéité de la cabine ont probablement accéléré ce phénomène.

L'ouverture de la verrière en vol est due à :

- une action incomplète du pilote lors de la fermeture de la verrière ne permettant pas un verrouillage complet de celle-ci ;
- suivie de l'augmentation progressive de la différence de pression entre la cabine et l'extérieur,
- ce phénomène étant accéléré par les vibrations du réacteur, les turbulences aérologiques et les efforts exercés par les boudins d'étanchéité.

2.2. Détermination des facteurs ayant conduit au non-verrouillage de la verrière

2.2.1. Erreur de routine du pilote

A l'issue du brûlage, les sécurités du siège éjectable enlevées et rangées par le mécanicien de piste, le pilote ferme sa verrière.

Cette opération de fermeture est effectuée de manière non réfléchie. Le pilote ne se rappelle pas avoir atteint ou non la butée avant de verrouillage. Il n'a noté aucune sensation inhabituelle. En revanche, il a vérifié et a constaté l'extinction du voyant PCAB.

A l'issue de cette action, le pilote ne touche plus à la poignée de manœuvre de la verrière.

Le pilote témoigne avoir également effectué les actions vitales avant l'alignement en vérifiant visuellement l'extinction des voyants au tableau de panne mais sans s'être assuré que le levier de la poignée de manœuvre de la verrière avait atteint la butée avant.

Lors de la fermeture de la verrière au parking et des actions vitales réalisées avant l'alignement, le pilote confirme la fermeture et le verrouillage de la verrière :

- par l'extinction du voyant PCAB ;
- sans vérifier que le levier de la poignée de manœuvre de la verrière soit en butée avant.

2.2.2. Information erronée véhiculée par l'extinction du voyant PCAB

La logique d'allumage du voyant PCAB sur Mirage F1, fournie en annexe 1 paragraphe 2, précise que lorsque *la commande verrière n'est pas en bonne position*, le voyant PCAB s'allume.

Par conséquent, l'information visuelle fournie au pilote par l'extinction du voyant PCAB à l'issue de la fermeture de la verrière au parking puis lors la vérification avant l'alignement est erronée puisque la poignée de manœuvre n'est pas en bonne position.

L'extinction du voyant PCAB ne garantit pas le verrouillage de la verrière. Elle transmet donc au pilote une information non fiable car pouvant dans certains cas être erronée.

2.2.3. Absence de modification technique de la poignée de manœuvre de la verrière

2.2.3.1. État de réalisation des modifications techniques sur le Mirage F1 CR n° 602

Les modifications techniques réalisées sur les avions sont numérotées de manière croissante : plus le chiffre est élevé, plus la modification est récente.

La modification la plus récente effectuée sur cet avion est la modification n° 2088 (amélioration de la tenue d'air dynamique, du 26 novembre 1998) réalisée le 19 avril 2000 par Dassault Aviation à Istres.

La dernière opération de modification effectuée sur cet avion, concernant la modification n° 1073 (capacité de l'enregistrement des phonies et écoutes pilote avec alternat, du 05 octobre 2000), a été réalisée le 21 mars 2005 par l'AIA de Clermont-Ferrand.

La modification technique n° 2105 qui concerne la poignée de manœuvre de la verrière du Mirage F1 n'a pas été réalisée sur l'avion n° 602.

L'hypothèse selon laquelle la réalisation de la modification de la poignée de manœuvre de la verrière aurait permis d'éviter l'événement est PROBABLE.

2.2.3.2. Processus de réalisation et de suivi des modifications techniques

Le Mirage F1 CR n° 602 a servi d'avion prototype « CR », puis il a été essentiellement utilisé dans le cadre des évolutions des standards « Mirage F1 ».

Cet avion a été régulièrement mis à disposition de la société Dassault Aviation (affecté à Dassault Aviation Istres depuis le 26 novembre 2007).

Totalisant moins de 900 heures de vol, il a été peu utilisé comparativement à un avion d'arme dans les forces.

Les opérations d'entretien du Mirage F1 CR n° 602 ont respecté le programme de maintenance préconisé par le constructeur.

La dernière VP du Mirage F1CR n° 602 a été réalisée trois mois avant la décision de la modification n° 2105 en C2M2A3, si bien que cet avion n'est pas entré dans le processus de mise en conformité des autres Mirage F1 réalisée au cours des VP et GV.

Enfin, lors de l'entretien de graissage mené en juillet 2007, aucune vérification de conformité de l'aéronef n'a été réalisée car non prévue par ce type de visite.

L'annexe 8 met en parallèle des opérations d'entretien de l'avion n° 602 avec le calendrier de la modification n° 2105.

Les investigations ont également révélé que d'autres modifications techniques n'ont pas été réalisées sur cet aéronef, par exemple la décision de modification pour améliorer la tenue des jambes du pilote lors de l'éjection avec le port de la combinaison étanche (DM n° 2100 du 22 juillet 2003) ou celle pour sécuriser la manipulation de l'interrupteur coupe feu (DM n° 2104 du 15 avril 2004).

D'autre part, la décision de modification (DM n° 2105 du 23 juin 2005) et l'instruction technique associée (IT n° 2105 du 18 janvier 2006) prévoient les mises à jour de la documentation technique et des documents de contrôle suivants :

- ACB 111-01, ACG 103-01 et ACE 117-03 par l'industriel Dassault Aviation ;
- GCB 111-03, GCG 103-03 et GCE 117-03, YCB 111-02-22, YCG 103-02-22 et YCE 117-02-22 par l'EETIS 66.530 de Reims ;
- UCB 111-01, UCG 103-01 et UCE 117-01, MCB 111-00, MCG 103-00 et MCC 106-00 par l'OUO Mirage F1.

Ces mises à jour n'ont pas été réalisées.

Enfin, aucune procédure d'utilisation de la nouvelle définition de la poignée de manœuvre de la verrière n'a été publiée.

Plusieurs modifications techniques n'ont pas été réalisées sur le Mirage F1 CR n° 602. Les mises à jour de la documentation technique et des documents de contrôles prévues par la modification technique n° 2105 n'ont pas été effectuées.

Aucune procédure d'utilisation de la nouvelle définition de la poignée de manœuvre de la verrière n'a été publiée

2.2.4. Conclusions

Le pilote a effectué une action incomplète lors de la fermeture et du verrouillage de sa verrière. Cette action a été réalisée par routine sans attention particulière.

Le pilote a été conforté dans son interprétation de la situation par l'information erronée de l'extinction du voyant PCAB lui indiquant que la commande de manœuvre de la verrière était dans la bonne position (en butée avant).

La réalisation et le suivi des modifications techniques sur le Mirage F1 CR n° 602 n'ont pas été effectués.

La documentation des opérateurs de la flotte Mirage F1 n'a pas été mise à jour suite à la décision de la modification technique n° 2105. Aucune procédure d'utilisation n'a été publiée

Les facteurs ayant conduit au non-verrouillage de la verrière sont :

- une erreur de routine du pilote qui l'amène à fermer sa verrière de manière incomplète ;
- l'information non fiable de l'extinction du voyant PCAB, erronée dans le cas présent, qui ne garantit pas le bon verrouillage de la verrière ;
- la non application de la modification technique n° 2105 sur le Mirage F1 CR n° 602.

Un dysfonctionnement dans le processus d'application et de suivi des modifications techniques, dont la modification n° 2105, a été un facteur contributif de l'événement.

**La documentation technique et les documents de contrôles concernés par la décision de modification technique n° 2105 n'ont fait l'objet d'aucune mise à jour.
Aucune procédure d'utilisation associée à cette modification n'a été publiée.**

2.3. Gestion de l'événement

2.3.1. Séquence d'événement

Les principales phases de la séquence d'événements sont présentées dans le tableau suivant :

	Événement	Cap (°)	VC (Kt)	Altitude (Ft) (1013 Hpa)	Observations
To - 13 mn	L'avion quitte le parking « Mike » en virant par la droite	Au sol			L'avion va rouler devant la caméra EVE et permettre de filmer la cabine au sol
To - 3,5 mn	Lâcher des freins	Au sol			Vent de travers lors de la course au décollage
To - 2,5 mn	Avion trimé	238	420	2 500	
To - 80 s	Transfert avec CCER et autorisation montée FL 320	238	430	7 500	
To - 38 s	Actions vitales cabine	238	393	12 500	
To 11 h 18 mn 08 s	Arrachement de la verrière	237	359	16 350	Avertisseur sonore « panne rouge »
To + 5 s	Réaction pilote : il pousse sur le manche (- 20°) et annonce sa panne au contrôle	237	353	16 800	Le pilote identifie une dépressurisation rapide
To + 44 s	Arrêt de l'avertisseur sonore « panne rouge »	239	400	10 400	Le pilote réarme le répéteur en stabilisant son altitude vers 10 000 ft
To + 72 s	Clairance du contrôle pour revenir vers le terrain	Virage Gauche	320	9 870	Le pilote se met en virage par la gauche
To + 82 s	Réduction de vitesse	205	299	9 840	Le pilote réduit sa vitesse pour diminuer le bruit en cabine
To + 150 s	Nouvelle annonce de la panne	080	246	9 160	Suite à une demande du contrôle
To + 207 s	Le pilote enclenche le pilote automatique et consulte la check-list	060	276	7 160	

To + 250 s	La salle d'essais demande une nouvelle description des problèmes	025	233	5 590	Le pilote annonce ce qu'il a ressenti et confirme que tout va bien sur le plan physiologique
To + 302 s	Le pilote constate la perte effective de la verrière	002	218	5 850	
To + 29 mn 15 s	Atterrissage	235	150	80	

2.3.2. Gestion de l'événement par les opérateurs (pilote, contrôleur CCER, contrôleur CAM, salle d'essais)

Dès l'apparition de la panne, le pilote interrompt sa mission et décide de diminuer son altitude puis sa vitesse. Après analyse, il consomme du carburant pour alléger son avion, vérifie le comportement et la manœuvrabilité de son aéronef puis se présente en large étape de base pour atterrir, sans autre dommage.

Juste avant l'apparition de la panne, les boudins jouent leur rôle d'étanchéité de la cabine vis-à-vis de l'extérieur si bien que la pression de la cabine, et donc à l'intérieur de la combinaison étanche du pilote, est supérieure d'environ 260 mbar par rapport à l'extérieur, en progression vers 300 mbar.

La perte de la verrière (To) a comme incidences directes :

- la sensation pour le pilote d'entendre un « bang » ;
- une augmentation très importante du bruit ambiant dans la cabine (perturbations aérodynamiques ambiantes) ;
- une diminution rapide de la pression dans la cabine (mise à la pression extérieure par diminution de 260 mbar de la pression cabine) provoquant un gonflement immédiat de la combinaison étanche (la pression interne de la combinaison étanche étant alors celle de la cabine juste avant la perte de la verrière).

Cette situation inattendue stresse le pilote impliquant notamment :

- une diminution de l'efficacité de la perception avec un risque de mauvaise interprétation ;
- une polarisation sur un seul aspect du problème.

Ainsi, obnubilé par la sensation désagréable du gonflement soudain de sa combinaison étanche, le pilote identifie immédiatement un problème de pressurisation qui, conjugué au « bang » entendu et à l'augmentation du niveau sonore le conduit à reconnaître une décompression explosive. Son plan d'action, clairement établi, va monopoliser l'essentiel de ses ressources cognitives et empêcher l'analyse complète de la situation.

En réaction immédiate (To + 5 s), il pousse sur le manche en amenant la manette de gaz en position « plein réduit » afin de regagner rapidement l'altitude de 10 000 ft qui correspond, selon lui, à l'altitude de refuge pour ce type de panne.

Une fois vers 10 000 ft, les actions immédiates effectuées, il affine son analyse de la panne et s'aperçoit que le niveau de bruit ambiant est proportionnel à la vitesse : il décide donc de réduire celle-ci.

Diminuant ainsi les perturbations sonores, le pilote récupère par la même occasion de la ressource cognitive qui lui permet alors de constater que le voyant PCAB est allumé au tableau de panne : cette information le conforte dans sa logique d'analyse.

Dans la phase qui suit la panne, le pilote dialogue à la fois :

- avec le contrôle qui essaye de ramener rapidement l'aéronef vers le terrain tout en gérant le plan vertical pour lui permettre de rejoindre une altitude conforme aux besoins ;
- avec la salle d'essais par l'intermédiaire de la voix G.

Pendant la phase d'analyse, les différents échanges radiotéléphoniques interrompent plusieurs fois le processus de gestion de panne entrepris par le pilote et le perturbent dans ses tâches si bien que :

- il n'annonce qu'il sort sa « check-list » que 3 mn 30 s (To + 207 s) après l'apparition de la panne, soit 2 mn 40 s après avoir atteint 10 000 ft et débuté la phase d'analyse de la panne ;
- sa lecture de check-list est interrompue et non effectuée à voix haute. Il est impossible de savoir si le pilote a déroulée chronologiquement la lecture de la check-list. Toutefois, le troisième item de la panne PCAB *Vérifier (...) verrière fermée et verrouillée* n'a pas été appliqué.

Près de 5 minutes après la panne, sentant un courant d'air frais sur le côté droit de la cabine, le pilote recherche d'où vient cet air et constate alors l'absence de verrière ainsi que la position du levier de la poignée de manœuvre de la verrière sur la position *ouverture*, bonhomme *abaissé* : il l'annonce à la radio (To + 320 s) et décide de ne pas manipuler la poignée de manœuvre de la verrière.

Le constat de la perte de la verrière par le pilote semble tardif. Il faut cependant considérer les points suivants :

- le pilote est relativement bien protégé des effets directs du vent relatif par la partie frontale de sa verrière ;
- étant en situation de stress le bruit et le gonflement de sa combinaison l'amènent à occulter les autres phénomènes extérieurs ;
- enfin, ce constat tardif de perte de verrière a été déjà rencontré dans des situations similaires (événement du 06 décembre 2001).

Les phénomènes physiques rencontrés (bang, niveau sonore élevé et gonflement de la combinaison étanche) ont conduit à une représentation incomplète de la situation. L'action immédiate initiée par le pilote (descente rapide) est toutefois adaptée à la situation.

Les multiples interventions radio ont gêné le pilote dans l'analyse de la situation, le perturbant notamment dans la lecture de la check-list et donc dans le constat de la perte de la verrière.

3. CONCLUSION

Le 5 mars 2009, le Mirage F1 CR n° 602 perd sa verrière quelques minutes après le décollage en phase de montée rectiligne.

3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

3.1.1. Contexte du vol

Il s'agit d'un vol d'essais réalisé par la société Dassault Aviation au profit de la société ASTRAC.

Le pilote, qui est pilote d'essais, a une expérience et une expertise certaines sur Mirage F1 CR.

La plate-forme est également bien connue du pilote.

Ce vol ne comporte aucune pression temporelle.

3.1.2. Fait marquant concernant l'état de définition de la poignée de manœuvre de la verrière

Les investigations et expertises réalisées sur le système de fermeture et de verrouillage de la verrière et sur la cinématique associée n'ont relevé aucune anomalie.

La modification n° 2105, élaborée afin de sécuriser le bon positionnement du levier de la poignée de manœuvre de la verrière sur *verrouillage* suite à plusieurs événements similaires survenus dans l'armée de l'air, a été appliquée sur l'ensemble du parc étatique Mirage F1, sauf sur l'avion n° 602 du fait d'un dysfonctionnement dans le processus d'application et de suivi des modifications.

Il apparaît également que la documentation utilisateur n'a fait l'objet d'aucune mise à jour, et aucune procédure d'utilisation associée à la modification n° 2105 n'a été réalisée.

3.2. Causes de l'événement

Les causes identifiables de l'événement sont :

- une action incomplète du pilote sur la poignée de manœuvre de la verrière lors de la fermeture, éteignant le voyant PCAB mais insuffisante pour assurer un verrouillage correct, si bien que la commande se trouve dans une position intermédiaire entre *ouverture* et *verrouillage* ;
- le non verrouillage de la verrière suivi de l'augmentation progressive de la différence de pression entre la cabine et l'extérieur lors de la montée de l'aéronef. Les vibrations du réacteur et les turbulences aérologiques du vol ont probablement favorisé ce phénomène.

Les facteurs ayant contribué au non verrouillage de la verrière sont :

- une description erronée de la définition du voyant PCAB dans les manuels d'utilisation, conduisant le pilote à associer une visualisation sur le tableau de panne (non allumage du voyant) à une position du levier de la poignée de manœuvre de la verrière (butée avant atteinte) ;
- la non application de la modification technique n° 2105 ;
- un dysfonctionnement dans la réalisation et le suivi des modifications techniques qui a conduit à l'absence de modification de la poignée de manœuvre de la verrière.

La gestion de l'événement met en évidence :

- une analyse tardive de la perte de la verrière par le pilote car les phénomènes environnementaux (bang, élévation du niveau sonore et surtout gonflement de la combinaison étanche du pilote) le conduisent à concentrer l'essentiel de ses ressources sur ses sensations physiologiques ;
- une incidence négative des interventions radiotéléphoniques du personnel au sol qui interrompt plusieurs fois le processus d'analyse de la panne par le pilote.

Enfin, la documentation utilisateur pour l'ensemble de la flotte Mirage F1 n'a pas été mise à jour suite à la décision de modification n° 2105, et aucune procédure d'utilisation associée à cette modification n'a été publiée.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

Les investigations menées dans le cadre de cet événement ont montré que le Mirage F1 CR n° 602, appartenant à la DGA, n'a pas fait l'objet de modifications techniques applicables à l'ensemble de la flotte étatique Mirage F1, dont la modification n° 2105 concernant la poignée de manœuvre de la verrière.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à

la délégation générale pour l'armement :

- **d'appliquer la modification technique n° 2105 au Mirage F1 n° 602 ;**
- **de vérifier la conformité du Mirage F1 n° 602 à la définition étatique, et le cas échéant de procéder à sa mise en conformité.**

Dans le cadre des investigations menées, il a également été constaté d'une part que la documentation utilisateur Mirage F1 fait apparaître une description erronée de la définition du voyant PCAB, d'autre part que la documentation utilisateur Mirage F1 n'a pas fait l'objet de mises à jour, contrairement aux décisions prises en commissions, et enfin qu'aucune procédure d'utilisation de la poignée de manœuvre de la verrière n'a été publiée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à

la délégation générale pour l'armement et à la structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense, en concertation avec la société Dassault Aviation, de corriger la description erronée de la définition du voyant PCAB sur Mirage F1 dans la documentation utilisateur ;

la structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense en coordination avec l'armée de l'air :

- **de procéder à la mise à jour de la documentation utilisateur ;**
- **de publier la procédure d'utilisation de la poignée de manœuvre de la verrière suite à la modification technique n° 2105.**

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande également aux

organismes concernés, armée de l'air et centre d'essais en vol, d'effectuer un rappel aux utilisateurs sur le risque de non verrouillage de verrière sur Mirage F1.

Dans la gestion de la panne, les interventions radiotéléphoniques du personnel sol ont ralenti voire interrompu le processus d'analyse et de gestion de la panne par le pilote.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande aux

organismes concernés, armée de l'air, centre d'essais en vol et Dassault Aviation d'utiliser cet événement pour sensibiliser le personnel sur la synergie nécessaire entre l'équipage en vol et l'équipe au sol dans la gestion d'une panne.

4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement

Dans le cadre des investigations, il a été constaté un dysfonctionnement dans l'application et le suivi des modifications techniques sur les aéronefs étatiques.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à

la délégation générale pour l'armement et à la structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense d'améliorer le processus d'application et de suivi des modifications techniques sur les aéronefs étatiques.

ANNEXES

Annexe 1 : Poignée de manœuvre de la verrière et logique d'allumage du voyant PCAB sur Mirage F1	34
Annexe 2 : Code couleurs des terrains	39
Annexe 3 : Danger vent de travers à l'atterrissage.....	40
Annexe 4 : Dégâts constatés sur le Mirage F1 CR n° 602 à l'issue du vol.....	41
Annexe 5 : Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans l'armée de l'air française.....	45
Annexe 6 : Modification technique n° 2105 : évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1	48
Annexe 7 : Loi de pressurisation cabine du Mirage F1 (GCG 103-09 page 2-129)	50
Annexe 8 : Mise en parallèle des opérations d'entretien de l'avion n° 602 avec le calendrier de la modification n° 2105	52

ANNEXE 1

Poignée de manœuvre de la verrière et logique d'allumage du voyant PCAB sur Mirage F1

1. POIGNEE DE MANŒUVRE DE LA VERRIERE

Sur Mirage F1, la verrière est articulée à sa partie supérieure arrière, et équilibrée par un vérin pneumatique qui assure en outre les fonctions de verrouillage en position haute.

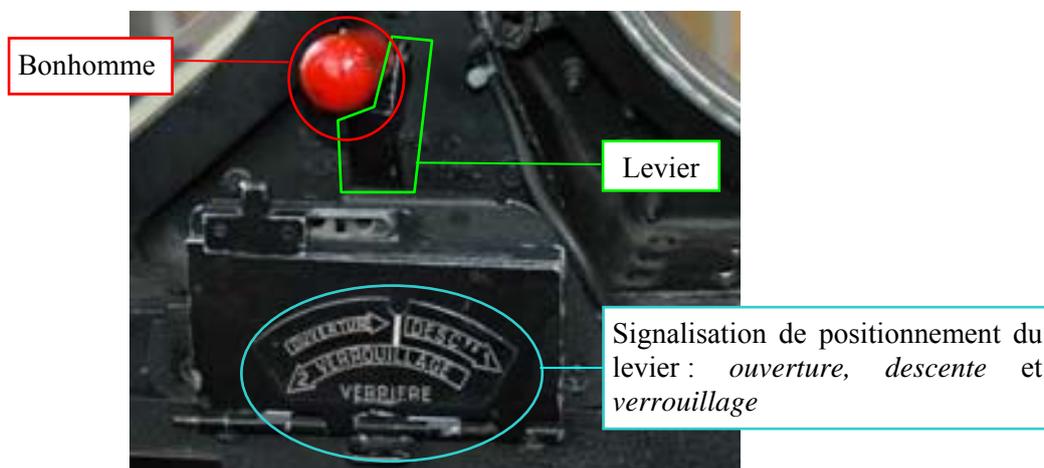
La verrière se manœuvre à la main.

La poignée de manœuvre utilisée par le pilote se trouve sur le côté droit de la cabine. Elle est constituée de deux éléments (Figure 1) :

- un levier à trois positions :
 - « OUVERTURE », dite *ouverture* (lorsque la verrière est ouverte) ;
 - « 2 VERROUILLAGE », dite *verrouillage* (lorsque la verrière est fermée verrouillée) ;
 - « DESC.TE 1 », dite *descente*, (pour déverrouiller la verrière lorsqu'elle est en position haute et permettre de la descendre) ;
- un bonhomme situé à l'extrémité du levier, et pouvant être positionné à l'horizontale (position dite *abaissée* – Figure 2), à la verticale (position dite *rabattue* – Figure 3) ou entre les deux (position dite *intermédiaire* – Figure 4).

Seule la position *descente* du levier est instable (passage du levier sur la position *ouverture* au relâchement).

Il est possible d'installer le levier dans une position intermédiaire entre *ouverture* et *verrouillage*.



Poignée de manœuvre de la verrière



Bonhomme en position *abaisseé*



Bonhomme en position *rabattue*



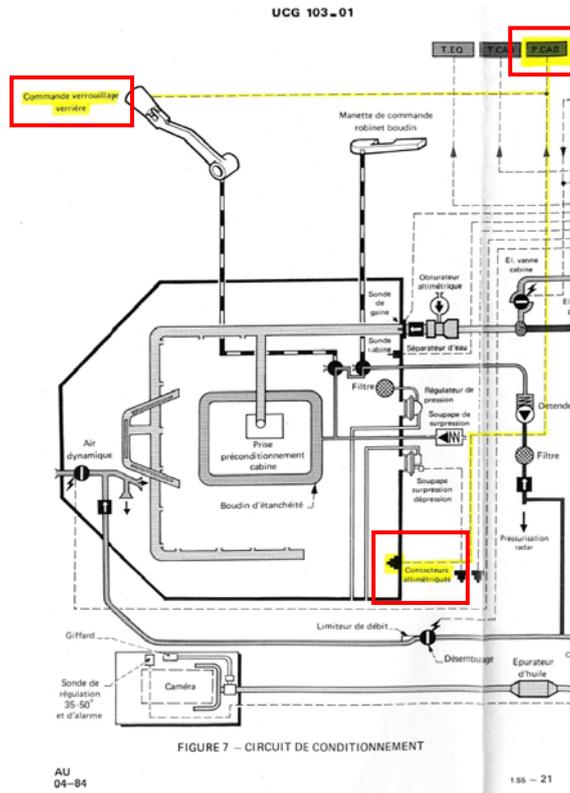
Bonhomme en position *intermédiaire*

Remarque : l'installation d'évacuation en secours de l'avion comporte un dispositif de fragilisation de la verrière, sans lien avec l'événement.

2. LOGIQUE D'ALLUMAGE DU VOYANT PCAB SUR MIRAGE F1

La panne de conditionnement cabine, appelée également panne de pressurisation ou panne PCAB, est effective lorsque *l'altitude cabine dépasse 30 000 ft* ou bien lorsque *la commande verrière (ie : la poignée de manœuvre de la verrière) n'est pas en bonne position* (UCG 103.01-1,55.3.5-PANNES).

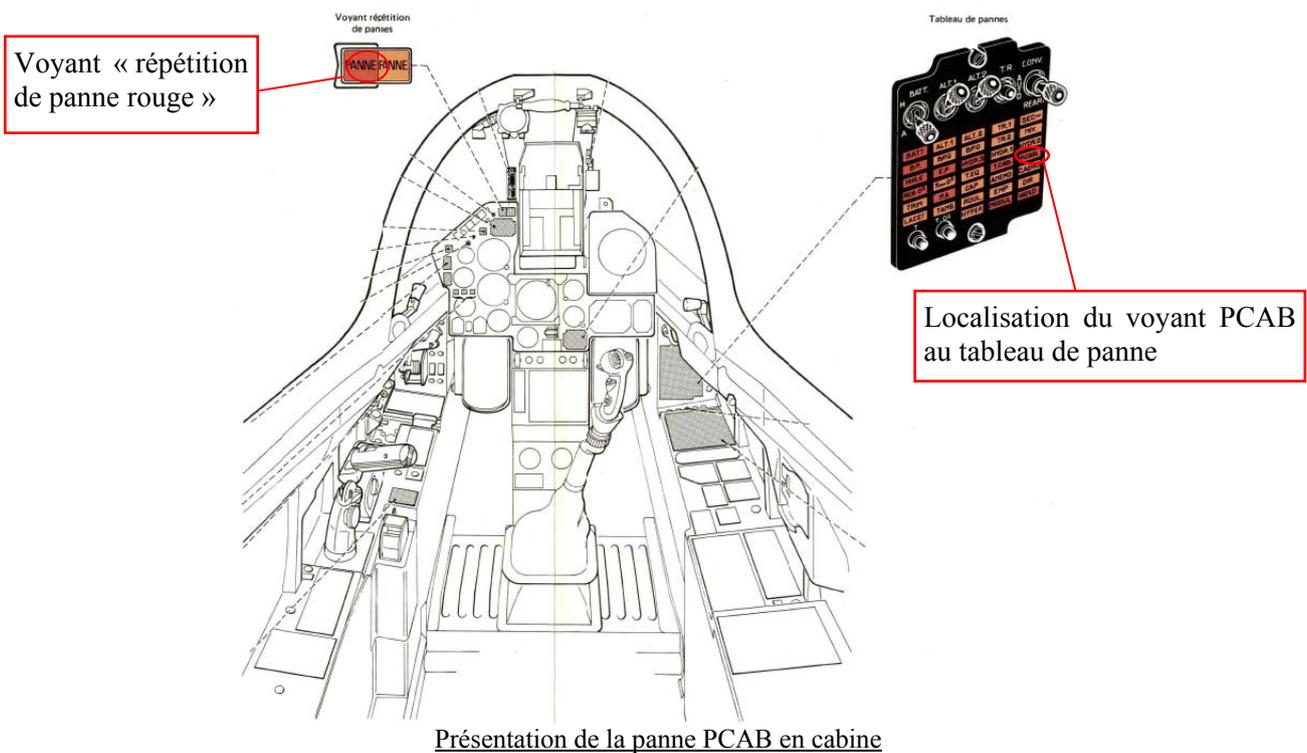
Elle est détectée soit par le contacteur altimétrique, soit par le contacteur 28H de la poignée de manœuvre de la verrière comme le montre la figure 5.



Conditions d'allumage du voyant PCAB

Cette panne est présentée en cabine par l'allumage :

- du voyant PCAB (Figure 6), voyant rouge présent au tableau de panne du Mirage F1 ;
- du voyant « répétition de panne rouge », présent sur le tableau de bord.



Présentation de la panne PCAB en cabine

Lorsqu'il y a panne, la détection ferme un circuit qui provoque :

- l'allumage du voyant rouge PCAB ;
- l'allumage du voyant « répétition de panne rouge » ;
- le déclenchement de l'avertisseur sonore.

Par simple pression sur le voyant de répétition de panne, le pilote provoque :

- l'extinction de ce voyant ;
- l'arrêt de l'avertisseur sonore ;
- le réarmement de l'ensemble pour signaler une nouvelle panne au répéteur ;

Toutefois, le voyant PCAB au tableau de panne reste allumé tant que la panne subsiste.

3. DETERMINATION DE LA POSITION DU LEVIER DE LA POIGNEE DE COMMANDE DE LA VERRIERE AU COURS DU VOL

La caméra EVE a permis de produire la photo suivante lors du roulage de l'avion vers la piste.



Capture d'écran EVE dite « position EVE »

Des essais ont été effectués pour déterminer la position du levier de la poignée de commande de la verrière à cet instant.

Les photos suivantes, réalisées à titre de comparaison, ont été prises avec les mêmes caractéristiques que la caméra EVE en azimuth et site.



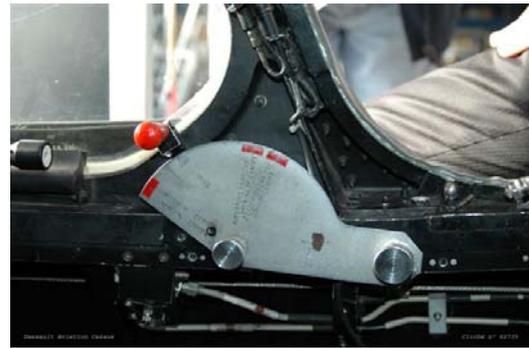
Position EVE : cabine de l'extérieure



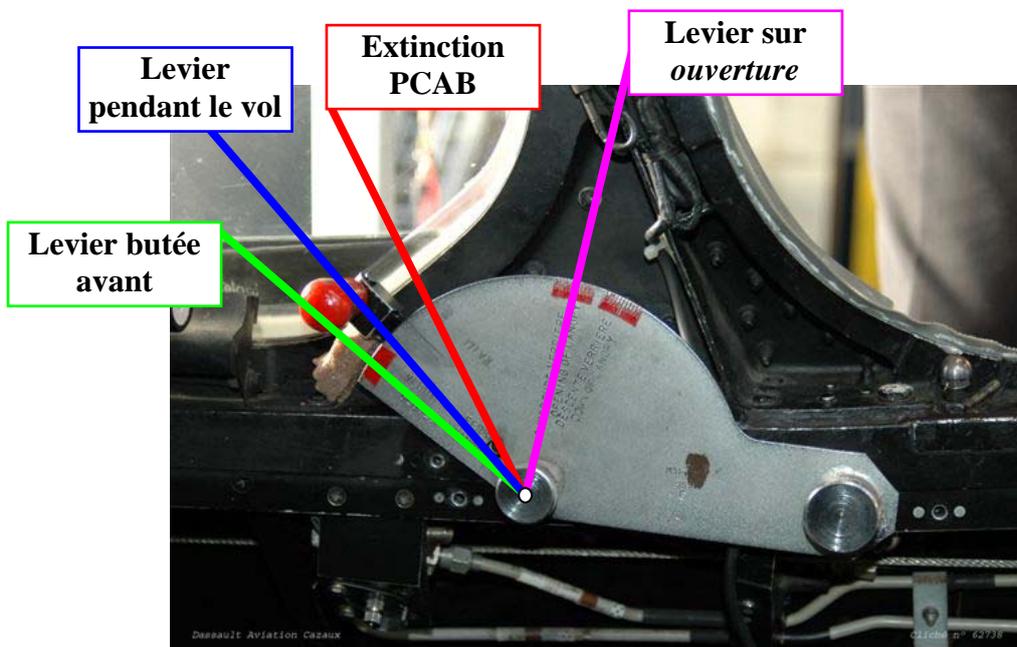
Position EVE : cabine de l'intérieur



Levier sur la position *verrouillage* (butée avant)



Position du levier lors de l'extinction du voyant PCAB



Synthèse des positions du levier

Ces photos montrent que lors du passage devant la caméra EVE, le levier de la poignée de manœuvre de la verrière se trouve dans une position intermédiaire entre *ouverture* et *verrouillage* telle que :

- le voyant PCAB est éteint ;
- la butée avant n'est pas atteinte par le levier ;
- la verrière est fermée mais non verrouillée.

ANNEXE 2

**Code couleurs des terrains
MILAIP France – MIAM
ENR 1 : règles et procédures générales – page ENR 1.1-4**

Le code couleur terrain ne concerne que les avions à réaction de combat et d'entraînement.
Ce code fait l'objet du STANAG 6015.

Nébulosité		0	RVR/VIS mini 800 m	RVR/VIS + 800 m VIS (2) mini 1600 m	3700 m	5000 m	8000 m
SKC FEW							BLEU +
SCT BKN OVC	☉ 2500 ft						BLEU
	1500 ft						BLANC
	1000 ft						VERT +
	MDH-MVL Mini 700 ft						VERT
	DH + 100ft MDH Mini 300 ft						JAUNE
	DH Mini 200 ft						AMBRE (1)
	0	RVR/VIS mini 800 m	RVR/VIS + 800 m VIS (2) mini 1600 m	3700 m	5000 m	8000 m	

VISIBILITÉ ⇒

- (1) approche de précision uniquement
- (2) approche classique indirecte uniquement disponible

❖ observations : pour la France et l'Allemagne, la couleur AMBRE ne peut être attribuée que si une approche de précision est disponible, dans le cas contraire, la couleur ROUGE est attribuée.

Approche classique et de précision

ANNEXE 3

Danger vent de travers à l'atterrissage
CPSV FAC-FAS
Ordre 5J

Classe	Désignation de l'aéronef	Angle de divergence avec la piste			
		20°	30°	45°	90°
		FORCE DU VENT (kt)			
A		30	20	15	10
B		40	30	20	15
C	Mirage F1 (avec charge ventrale et/ou charges extérieures) Mirage 2000 D (dissymétrie > 800 kg) Rafale (toutes configurations) Alphajet (avec charges extérieures)	60	40	30	20
D	Mirage 2000 (toutes configurations) Mirage F1 (sans charge extérieure) Alphajet (lisse ou pod canon)		50	35	25

ANNEXE 4

Dégâts constatés sur le Mirage F1 CR n° 602 à l'issue du vol

La verrière est manquante.

1. DEGATS CONSTATES SUR LA CABINE (FIGURE 1 A 4)

- Le bloc de distribution du siège éjectable situé en partie supérieure du canon est endommagé (Figure 1 et 2) ;
- le revêtement et la tôle de renfort intérieur de la casquette à l'arrière de la verrière sont déchirés (Figure 3 et 4) ;
- le guide des cordons souples situé sur le cadre oblique est déformé ;
- les équipements suivants sont à remplacer :
 - la verrière ;
 - les cordons souples de fragilisation ;
 - la centrale à percussion (Figure 1 et 2) ;
 - le vérin d'équilibrage (Figure 3).



Figure 1 : bloc de distribution en partie supérieur du canon du siège éjectable (1)



Figure 2 : bloc de distribution en partie supérieur du canon du siège éjectable (2)

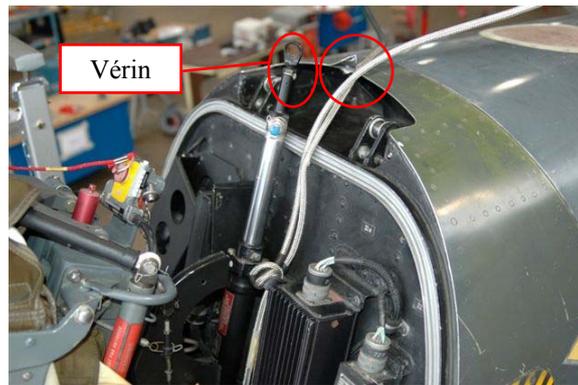


Figure 3 : déformation du vérin d'équilibrage, du revêtement et de la tôle de renfort intérieur de la casquette à l'arrière de la verrière

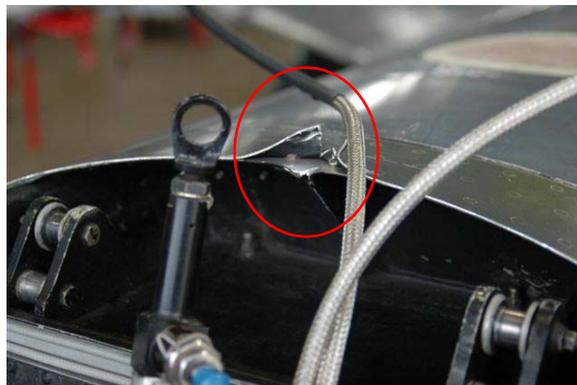


Figure 4 : déformation du revêtement et de la tôle de renfort intérieur de la casquette à l'arrière de la verrière

2. DEGATS CONSTATES SUR LA DERIVE (FIGURE 5 A 7)

- Le pied de dérive (Impact 1 – Figures 5 et 6) :
 - le capotage inférieur avant est détruit ;
 - la nervure, la plaque de support et les prises sont endommagées.
- le bord d'attaque de la partie basse présente un léger enfoncement (Impact 2 – Figure 5) ;
- le bord d'attaque sous l'antenne goniométrique présente un enfoncement avec une déchirure (Impact 3 – Figure 3 et 7) ;
- le haut de la dérive (Impact 4 – Figure 1 et 8) :
 - la tôle du bord d'attaque est enfoncée ;
 - la nervurette médiane est touchée ;
 - l'antenne VOR / ILS gauche est détruite ;
 - l'antenne UHF est détruite ;
 - le carénage V / UHF est détruit.
- le revêtement est arraché sur le côté gauche de la dérive (Impact 5 – Figure 1).

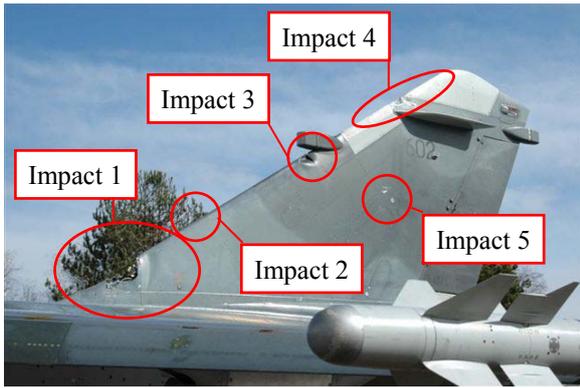


Figure 5 : impacts sur la dérive

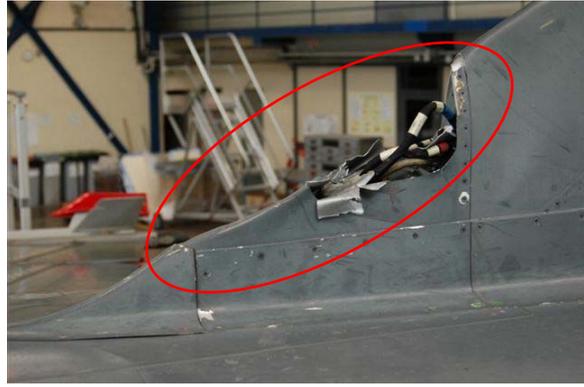


Figure 6 : impact 1 sur la dérive



Figure 7 : impact 3 sur la dérive



Figure 8 : impact 4 sur la dérive

3. DEGATS CONSTATES SUR L'EMPENNAGE HORIZONTAL (FIGURE 9)

L'extrados du demi-empennage horizontal gauche présente une déchirure vers le bord de fuite :

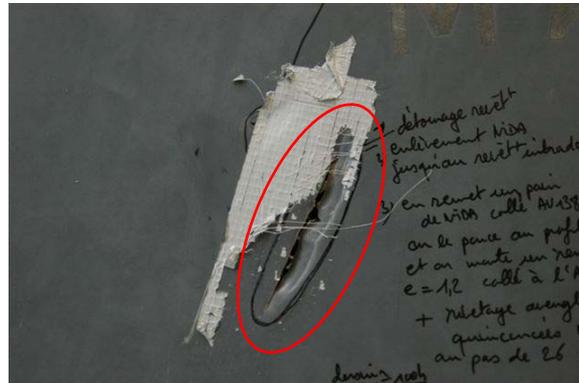


Figure 9 : impact extrados du demi-empennage horizontal gauche

4. DEGATS CONSTATES SUR LE FUSELAGE (FIGURE 10 A 12)

Le sommet du fuselage est rayé (Figure 10), et les deux écopes latérales situées sur la partie supérieure du fuselage, de part et d'autre de la dérive, sont déformées (Figure 11 et 12).



Figure 10 : rayures sur la partie supérieure du fuselage



Figure 11 : impact écope droite



Figure 12 : impact écope gauche

ANNEXE 5

Synthèse de l'étude d'événements similaires survenus sur Mirage F1, dans l'armée de l'air française

Huit événements avec perte effective ou potentielle de verrière, impliquant la poignée de manœuvre de la verrière avec allumage du voyant PCAB et sans action délibérée du pilote, ont été recensés sur Mirage F1 dans l'armée de l'air française depuis 1991.

Ces événements peuvent être classés en deux catégories :

- allumage du voyant PCAB avec perte de verrière ;
- allumage du voyant PCAB sans perte de verrière.

1. LA PREMIERE CATEGORIE RECENSE QUATRE EVENEMENTS :

- F1 C n° 257 à Landivisiau le 16 octobre 1991, à 12 800 ft et 490 kt : la fiche d'incident mentionne notamment :
 - *lors d'une montée (...) après décollage du terrain de Landivisiau, le pilote en position de n° 2 entend l'avertisseur sonore et constate l'allumage du voyant PCAB. L'altitude est 900 ft en montée (...), le pilote stabilise ses éléments VMC au FL150 il vérifie que la verrière est fermée et verrouillée (...). Afin de brûler son pétrole, le pilote effectue avec la PC des évolutions. Au cours d'un virage, il constate l'arrachement de la verrière, coupe la PC et (affiche) plein réduit.*
- F1 B n° 512 à Colmar le 09 novembre 1992, à 12 000 ft et 250 kt : la fiche d'événement aérien et le compte-rendu de fait technique mentionnent notamment :
 - *au FL095, après le transfert avec MENTHOL, le pilote constate le voyant PCAB allumé. Il vérifie la verrière (en place avant) fermée et verrouillée (...); Ne constatant aucun oubli, et la panne persistant, le pilote pense à un problème de pressurisation.(...) Après environ 2 mn (...), en virage droite au FL120, Vi 250kt, le pilote entend un bruit d'explosion suivi d'un bruit de turbulence provenant de l'arrière. Pensant à une éjection verrière arrière, il fait rassembler MELBA 26 qui confirme la perte de la verrière sans autre dégât apparent (...) Après des essais de manœuvrabilité à basse vitesse, l'atterrissage (...) a lieu sans autre problème ;*
 - *contrôle des attaches verrière, du vérin de verrière, de l'attache du vérin de verrière, de la cinématique et de l'étanchéité cabine : rien à signaler ;*
 - *la verrière a été fermée mais non verrouillée (crochets en appui sur les galets). Avec les vibrations, elle s'est ouverte et s'est arrachée avec le vent relatif.*
- F1 CR n° 623 à Avord le 06 décembre 2001, à 500 ft et 450 kt : la fiche d'événement aérien et le compte-rendu de fait technique mentionnent notamment :
 - *en VRH (vol rectiligne horizontal) à 450 kt et 500 ft, le pilote ressent un fort vent relatif en cabine. Il analyse initialement une explosion verrière suite à une collision volatile. Après un déroutement sur Avord, le pilote constate que l'arceau verrière est manquant et la poignée d'ouverture levée ;*
 - *la poignée verrière est retrouvée en position « ouverture » et bonhomme abaissé vers l'intérieur de la cabine ;*
 - *contrôle de la pression de gonflage du vérin de verrière : RAS. Vérification et entretien de la cinématique verrière : aucun défaut, ni jeu anormal relevé. Vérification étanchéité cabine : bon fonctionnement ;*
 - *le bureau « sécurité des vols » du commandement de la force aérienne de combat a demandé une étude sur la viabilité d'une modification du système qui augmenterait l'effort au verrouillage.*

- F1 CT n° 279 à Nancy le 03 juin 2003, au 16 535 ft et 366 kt : la fiche d'événement aérien et le compte-rendu de fait technique mentionnent notamment :
 - *passant le FL150 en montée IMC en position de patrouille serrée droite, le pilote ressent une détonation. Il pense à un problème moteur et l'annonce à son leader. Rapidement, il constate l'absence de la verrière, l'annonce (...). Le pilote vérifie la position de la poignée verrière qui est en position ouverture avec le bonhomme vers le haut ;*
 - *l'analyse du dépouillement montre que l'avion était en montée avec des actions permanentes sur la commande des gaz et manche (profondeur, gauchissement) correspondant à la tenue de la PS (patrouille serrée) lors de l'allumage du voyant PCAB correspondant à la perte de la verrière ;*
 - *(à l'apparition de la panne), Pression cabine = pression extérieure + 246 mb en progression vers + 300 mb ;*
 - *vérification de la cinématique de verrouillage verrière : rien à signaler. Contrôle des jeux de passage entre galets de verrière et crochets d'ouverture : rien à signaler. Vérification du réglage de l'accrochage des galets de verrière : rien à signaler. Vérification des efforts appliqués à la poignée de manœuvre de la verrière lors des opérations de verrouillage et de déverrouillage : rien à signaler. (...) Contrôle du réglage des crochets : rien à signaler. Réglage du micro contacteur 28H ;*
 - *l'absence de la verrière ne permet pas de connaître les différents jeux de passage entre les galets et les crochets d'ouverture, ni les valeurs des efforts appliqués à la poignée de manœuvre de la verrière pour le verrouillage et le déverrouillage, ni l'état de ses axes venant se loger dans les crochets de verrouillage.*

2. LA SECONDE CATEGORIE RECENSE QUATRE EVENEMENTS QUI AURAIENT PU CONDUIRE A UN INCIDENT SIMILAIRE :

- F 1 CT n° 268 à Colmar le 07 novembre 2003, au sol avant le décollage : le compte-rendu de fait technique mentionne notamment :
 - *avant la mise en route, le pilote ferme la verrière, le voyant PCAB s'éteint. Avant le décollage, le pilote constate que la poignée n'est pas en bout de course (voyant PCAB toujours éteint). A ce moment-là, il actionne la poignée de manœuvre de la verrière jusqu'en butée. (...) Au retour, il effectue des essais ouverture/fermeture et constate que la poignée de manœuvre de la verrière lui semble molle ;*
 - *les valeurs des mesures des efforts de verrouillage sont dans les tolérances.*
- F1 CT n° 275 à Reims le 15 décembre 2003, en vol (pas d'information sur les paramètres de vol lors de l'apparition de la panne) : le compte-rendu de fait technique mentionne notamment :
 - *allumage du voyant PCAB avec poignée verrière en position relevée ; Le pilote essaie sans forcer de refermer la verrière sans succès ;*
 - *le recul de la poignée verrière en vol peut s'expliquer par :*
 - *le maintien insuffisant de l'arc-boutement de la cinématique en position verrouillage du fait d'une anomalie au niveau de la bielle élastique ;*
 - *le mauvais verrouillage de la verrière au départ de l'avion, la possibilité d'une fermeture incomplète de celle-ci avec voyant PCAB éteint a été reproduite sur certains avions. L'extinction du voyant PCAB intervient avant le verrouillage complet de la verrière et avant le passage de l'arc-boutement. Le recul de la poignée peut s'expliquer par un verrouillage incomplet de la verrière (non passage de l'arc-boutement), les vibrations moteur entraînant le recul de la poignée. Le fait que la verrière n'ait pas été larguée est probablement dû à l'action des crochets.*
 - *quatrième cas en un mois signalé par l'EETIS de Reims ;*

- *avis de l'EETIS 66.530 : le verrouillage géométrique de la cinématique verrière est obtenu après le passage de l'arc-boutement. Du point de vue mécanique, un recul sans sollicitation de la (poignée de manœuvre de la verrière) est impossible si le verrouillage est effectif. L'extinction du voyant PCAB associé au gonflage du boudin verrière peut produire une sensation de verrouillage ;*
 - *rappel aux pilotes (...) que l'extinction du voyant PCAB ne correspond pas à un verrouillage effectif de la cinématique ;*
 - *étude d'une modification visant à permettre au pilote de s'assurer du verrouillage effectif de la verrière par rapport à la position de la poignée :*
 - *modification du réglage du voyant PCAB afin que son extinction coïncide au verrouillage de la verrière ;*
 - *application de repères sur le secteur poignée verrière : peinture de repérage.*
- F1 CT n° 273 à Reims le 05 octobre 2004, 15 000 ft en montée à 420 kt : la fiche d'événement aérien et le compte-rendu de fait technique mentionnent notamment :
- *passant le FL 150 (en montée), le pilote s'aperçoit que le voyant PCAB est allumé sans alarme sonore. Le pilote s'aperçoit que le voyant s'éteint si une pression est effectuée sur la (poignée de manœuvre de la verrière);*
 - *concernant l'allumage PCAB : mauvais verrouillage probable de la verrière ;*
 - *concernant l'absence de l'alarme sonore : défaut constaté sur le répéteur de panne ;*
 - *mesures prises : réglage de la cinématique de la verrière : rien à signaler.*
- F1 B n° 520 à Colmar le 05 janvier 2006, passant 5 000 ft en montée : le compte-rendu de fait technique mentionne notamment :
- *(en montée passant 5 000 ft), le pilote constate l'allumage du voyant PCAB. La mission est annulée (...). Lors du roulage retour, une pression sur la (poignée de manœuvre de la verrière) avant permet l'extinction du voyant PCAB ;*
 - *causes présumées : compte tenu des contrôles et vérifications effectués, un basculement incomplet de la (poignée de manœuvre de la verrière) avant en butée semble être à l'origine de l'allumage du voyant PCAB ;*
 - *essais de fonctionnement liés à l'étanchéité et la pressurisation cabine (...): rien à signaler. Vérification et entretien cinématiques verrières (...): rien à signaler. Contrôle du réglage cinématique verrière (...):*
 - *place avant : rien à signaler ;*
 - *place arrière : réglage 28H2 hors tolérances mais conforme (...) (extinction du voyant P.CAB avant que la (poignée de manœuvre de la verrière) n'arrive en butée).*

ANNEXE 6

Modification technique n° 2105 : évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1

Afin de corriger un défaut d'ergonomie connu sur Mirage F1, l'armée de l'air a voulu faire évoluer la poignée de manœuvre de la verrière des Mirage F1 dans le but de *sécuriser le bon positionnement du levier de verrouillage de la verrière par le pilote afin d'éviter un largage en vol de celle-ci.*

Cette évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière sur Mirage F1 a été validée en 2005 par *l'adjonction d'une indication permettant de s'assurer du verrouillage correct de la verrière en position fermée* (Procès verbal n° 2/2005 de la C2M2A3 du 23 juin 2005 présidée par la structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense (SIMMAD)).

Elle permet dorénavant de visualiser par le biais d'un détrompeur le positionnement correct (*butée avant*) du levier de la poignée de manœuvre lors du verrouillage de la verrière.

Cette indication est matérialisée :

- *en place avant* (Figures ci-dessous) : *par l'adjonction d'une plaquette indiquant le bon positionnement du levier en position fermée par un trait de peinture et de deux index de positionnement* ;
- *en place arrière* : *par la mise en place sur la poignée verrière d'un trait de peinture et de deux index de positionnement permettant de visualiser un verrouillage incomplet à la position verrouillage du levier.* (Aucune figure de la place arrière du Mirage F1 B car sans lien avec l'événement).



Index de positionnement : repères blancs alignés



Trait de peinture rouge : bonhomme rabattu dessus

Catégorie de matériels devant recevoir la modification : Tous les Mirage F1 B, CR, CT et simulateurs de vol MF1.

La modification doit être appliquée avant ou à l'occasion de la prochaine visite (VA ou GV et au plus tard à To + 12 mois d'après les directives de la Technical note n°295-30 / 373-9 / 809-16 / 847-9 du 27 septembre 2004)

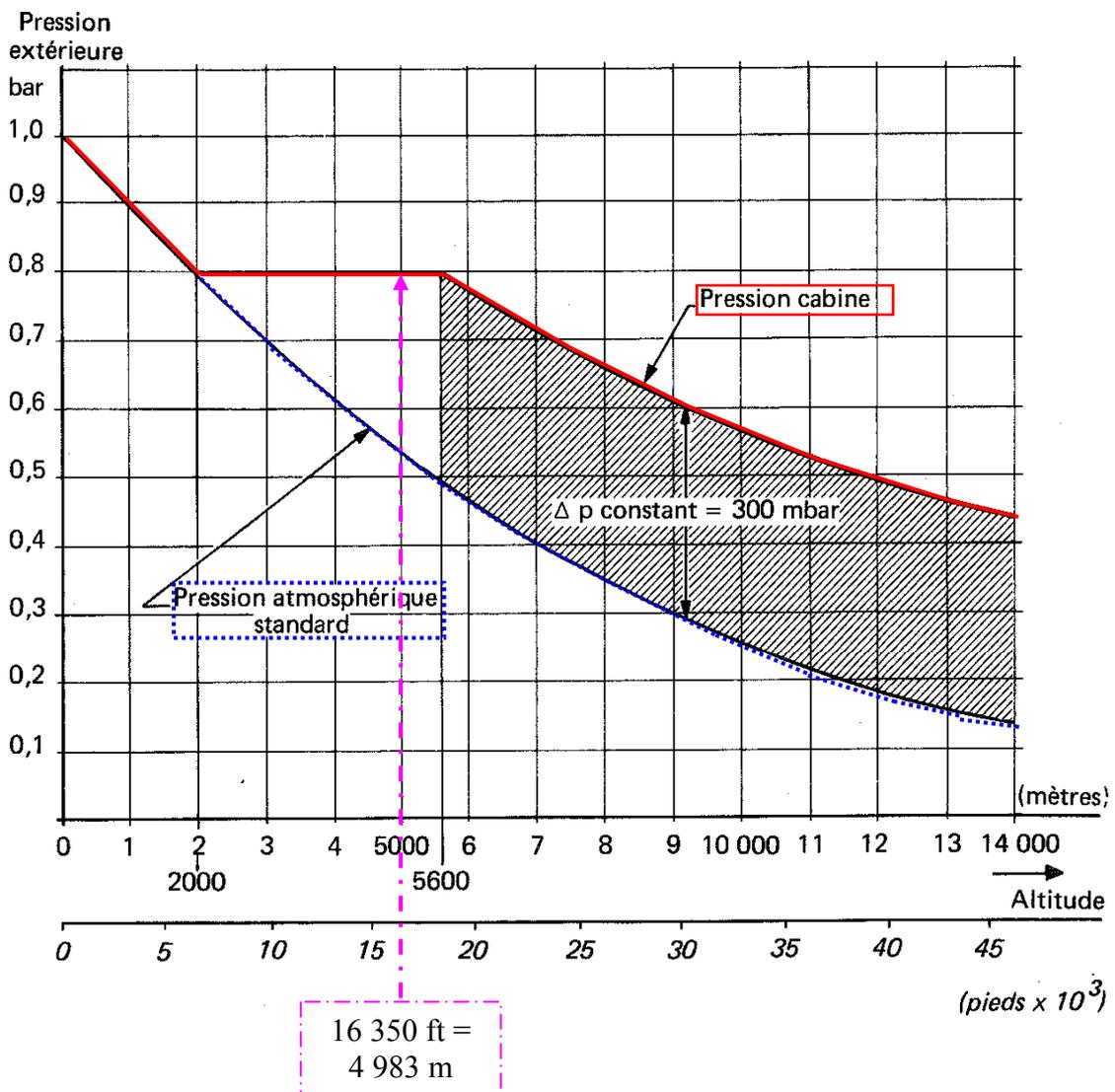
Nota 1 : l'évolution de la définition de la poignée de manœuvre de la verrière a été validée par le ministère de la défense et, à ce titre, ne concerne que les Mirage F1 appartenant à l'état français en vue de leur utilisation par du personnel étatique.

Nota 2 : Dassault Aviation a été consulté pour son avis technique sur la réalisation et l'impact de cette modification sur l'aéronef. Cependant, l'étude préalable, la présentation puis le passage en C2M2A3, la commande et la décision d'application de cette modification ont été décidées et réalisées par des organismes étatiques.

ANNEXE 7

Loi de pressurisation cabine du Mirage F1 (GCG 103-09 page 2-129)

- de 1013 à 795 mbar (0 à 2000 m) : Pression cabine = Pression extérieure
- de 795 à 498 mbar (2000 à 5600 m) : Pression cabine = Pression 795 mbar (2000 m)
- à $P < 498$ mbar ($z > 5600$ m) : Pression cabine supérieure de $300 \pm \frac{5}{10}$ mbar à la pression extérieure



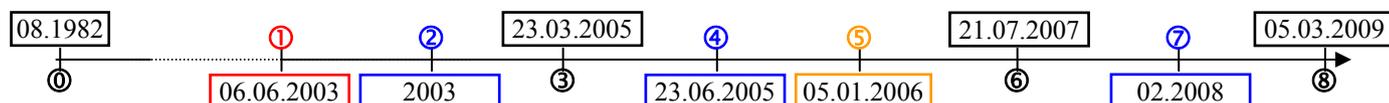
Loi de pressurisation cabine

La loi de pressurisation cabine du Mirage F1 montre qu'aux forces de portances près :

- du sol jusqu'à 2 000 m (6 560 ft), la pression cabine est égale à la pression extérieure, si bien qu'aucun effort « vers l'extérieur » n'est exercé sur la verrière ;
- à partir de 2 000 m, et jusqu'à 5 600 m (18 370 ft), la pression cabine est maintenue à 2 000 m, alors que la pression extérieure diminue progressivement. Il s'exerce donc des efforts « de l'intérieur de la cabine vers l'extérieur » qui augmentent progressivement jusqu'à 5 600 m : il existe alors une différence de pression avec l'extérieur qui est maintenue constante à 300 mbar au-dessus de 5600m ;
- à l'altitude de l'événement, 4 983 m (16 350 ft), la différence de pression entre la cabine et l'extérieur est d'environ 260 mbar en progression vers 300 mbar.

ANNEXE 8

Mise en parallèle des opérations d'entretien de l'avion n° 602 avec le calendrier de la modification n° 2105



- ① Cession du Mirage F1C n° 277 (futur CR n° 602) à la DGA ;
- ① Dernier événement similaire avec perte de verrière survenu dans l'armée de l'air ;
- ② Début de la réflexion étatique sur la modification de la poignée de manœuvre de la verrière du Mirage F1 ;
- ③ Dernière VP (VPA) réalisée sur l'avion Mirage F1 CR n° 602 ;
- ④ Procès verbal d'application de la modification n° 2105 en C2M2A3 ;
- ⑤ Dernier événement similaire sans perte de verrière survenu dans l'armée de l'air ;
- ⑥ Dernière visite de graissage réalisée sur l'avion Mirage F1 CR n° 602 ;
- ⑦ Dernier Mirage F1 de l'armée de l'air concerné par la modification n° 2105 ;
- ⑧ Date de l'événement.

Le processus initié par l'armée de l'air, suite à la recrudescence d'événements de ce type en 2003, a permis :

- dans un premier temps de valider une modification de la poignée de manœuvre de la verrière en l'espace de trois années ;
- dans un second temps d'appliquer cette modification au parc Mirage F1 dans les 18 mois qui ont suivi son adoption en C2M2A3, à l'occasion notamment des VP et GV.

La dernière VP du Mirage F1CR n° 602 a été réalisée trois mois avant la décision de la modification en C2M2A3, si bien que cet avion n'est pas entré dans le processus de mise en conformité des autres Mirage F1 réalisée au cours des VP et GV.

Enfin, lors de l'entretien de graissage mené en juillet 2007, aucune vérification de conformité de l'aéronef n'a été réalisée, car non prévue par de ce type de visite.