



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT FINAL

D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2010-004-A

Date de l'événement	08 avril 2010
Lieu	Commune de Gidy – 45 (Loiret)
Type d'appareil	Mirage F1 CT
Immatriculation	N° 233 – FUHQT
Organisme	Armée de l'air – Commandement des forces aériennes
Unité	Escadron de reconnaissance 02. 033 « Savoie »

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 : BEAD-air.

Illustrations :

Page 10 : localisation issu d'internet (Google).

Pages 18, 19, 20, 36, 52, 55, 56, 57 et 58 : BEAD-air.

Photographies :

Pages 48 et 57 : BEAD-air.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1 Déroulement du vol	7
1.2 Tués et blessés	11
1.3 Dommages à l'aéronef	11
1.4 Autres dommages	11
1.5 Renseignements sur le personnel	11
1.6 Renseignements sur l'aéronef	14
1.7 Conditions météorologiques	16
1.8 Aides à la navigation	16
1.9 Télécommunications	16
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	16
1.11 Enregistreurs de bord	17
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	17
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	22
1.14 Incendie	22
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	22
1.16 Essais et recherches	24
1.17 Renseignements sur les organismes	24
1.18 Renseignements supplémentaires	24
1.19 Techniques spécifiques d'enquête	25
2. analyse	26
2.1 Séquence d'événement	26
2.2 Recherche de l'origine de la perte de liquide des circuits hydrauliques et scénario possible	30
2.3 Gestion de l'événement et aspects liés aux facteurs humains	36
2.4 Équipements de survie : endommagement du harnais parachute	42
3. conclusion	43
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	43
3.2 Mécanisme de l'événement	44
3.3 Causes de l'événement	44
4. Recommandations de sécurité	45
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	45
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	47
ANNEXES	51

GLOSSAIRE

CFA	commandement des forces aériennes
BAAC	brigade de l'aviation de chasse
AIA	atelier industriel de l'aéronautique
RESEDA	restitution des enregistreurs d'accident
ER	escadron de reconnaissance
CAM	circulation aérienne militaire
IMC	instrument flying conditions – conditions de vol aux instruments
VMC	<i>visual flying conditions</i> – conditions de vol à vue
CAPS	<i>critical action procedures</i> – procédures d'actions reflexes
SPAN	simu pannes
CSFA	commandement du soutien des forces aériennes
PCO	pilote de combat opérationnel
SCP	sous chef de patrouille
RPL	réservoir pendulaire largable
FDR	<i>flight data recorder</i> – enregistreur de données de vol
SPAR	<i>slight precision approach radar</i> – radar d'approche de précision
ILS	<i>instrument landing system</i> – système de guidage à l'atterrissage aux instruments
CPEMPN	centre principal d'expertise médicale du personnel navigant
NEDEX	neutralisation, enlèvement et destructions des explosifs et munitions
CDC	centre de détection et de contrôle
SDIS	service départemental d'incendie et de secours
SAR	<i>search and rescue</i> – recherches et secours
ESIS	escadron de sécurité incendie et de sauvetage
UTM	<i>universal transverse mercator</i> – grille de quadrillage mercator transverse universelle
CPIP	consignes permanentes du personnel navigant
Nm	<i>nautical mile</i> – mile nautique = 1,852 km
CCS	centre de coordination des secours
STPA	service technique des productions aéronautiques

SYNOPSIS

Date de l'événement : 08 avril 2010 à 11h34

Lieu de l'événement : commune de Gidy, proche de la base aérienne d'Orléans

Organisme : armée de l'air

Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA),
brigade aérienne de l'aviation de chasse (BAAC)

Unité : escadron de reconnaissance 02.033 « Savoie »

Aéronef : Mirage F1 CT n° 233

Nature du vol : entraînement

Nombre de personnes à bord : 01

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'une mission d'entraînement, en transit en haute altitude, le numéro deux d'une patrouille légère annonce des problèmes hydrauliques et se dérouté vers Orléans. Parvenu en finale, après avoir sorti le train, le pilote est confronté à l'impossibilité de piloter l'appareil et est contraint à s'éjecter.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air),
- Un officier pilote de la base aérienne de Reims ayant une expertise sur Mirage F1,
- Un officier mécanicien de la base aérienne de Colmar ayant une expertise sur Mirage F1,
- Un mécanicien cellule hydraulique de la base aérienne de Colmar, spécialiste des systèmes hydrauliques sur Mirage F1,
- Un officier contrôleur de trafic aérien de la base aérienne d'Orléans,
- Un médecin du personnel navigant de la base aérienne de Châteaudun,
- Un officier parachutiste d'essai du BEAD-air.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement – techniques aéronautiques (DGA-TA),
- Direction générale de l'armement – essais propulseurs (DGA-EP),
- Direction générale de l'armement – département RESEDA,
- Atelier industriel de l'aéronautique (AIA) d'Ambérieu,
- Dassault Aviation – Constructeur de l'aéronef.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu par le bureau maîtrise des risques de l'armée de l'air le 08 avril 2010 vers 11 h 45.

Le directeur d'enquête technique et le parachutiste d'essai se sont rendus sur les lieux de l'accident vers 16 h 30 et ont procédé aux premières constatations.

L'expert pilote et l'expert médecin ont également rallié le site dans l'après-midi.

Les experts mécaniciens ont rejoint le groupe d'enquête sur la base aérienne d'Orléans le lendemain. Ils ont procédé à l'identification des débris de l'appareil sur le site et à un premier tri de ceux-ci. Ce travail a été poursuivi jusqu'à l'enlèvement de l'épave, le 14 avril 2010.

Enquête judiciaire

Le parquet d'Orléans a été saisi.

Un directeur d'enquête judiciaire de la section de recherche de la gendarmerie de l'air (SRGA) a été commis.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : Carol Lima

Type de vol : CAM V + CAM I¹

Type de mission : ASV2² – rôle de l'équipier

Dernier point de départ : Base aérienne 112 Reims

Heure de départ : 10h04

Point d'atterrissage prévu : Base aérienne 112 Reims

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

La mission a été planifiée la veille. La préparation a débuté en fin d'après-midi, jusqu'à 18 h 30 environ, et a été achevée le lendemain vers 09 h 00.

La mission est prévue, selon un profil de vol haut-bas-haut avec percée, traitement de deux objectifs en basse altitude, puis remontée à Orléans, en fonction des données météorologiques disponibles.

La patrouille devant effectuer la mission est composée comme suit :

- Carol Lima 1, pilote de combat opérationnel (PCO) en phase d'entraînement à la qualification supérieure (sous-chef de patrouille – SCP).
- Carol Lima 2, SCP et responsable de la patrouille.

Effectuée dans le cadre de la progression de Carol Lima, cette mission a pour but de lui faire travailler le « leadership » et les capacités à instruire, tant à la préparation qu'en vol.

Un briefing d'environ une demi-heure est réalisé à l'issue de la préparation. Dans sa partie sécurité sont évoqués, outre les points de sécurité relatifs à la mission, les cas généraux de panne (panne mécanique, radio, radio + mécanique, collision volatile) et en particulier le rôle de chacun en cas d'ennui de l'autre appareil.

¹ Circulation aérienne militaire en règles de vol à vue (CAM V) et en règles de vol aux instruments (CAM I).

² Mission comprenant un ou plusieurs assauts à vue avec objectifs et cadre tactique simple.

1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement

La description suivante est basée sur les témoignages des membres de la patrouille.

La mise en route des deux appareils ne fait l'objet d'aucune observation.

La première partie de la mission se déroule selon la préparation.

A l'issue de la phase de basse altitude, Carol Lima 2 initie un exercice de collision volatile, et le leader décide d'un déroutement de la patrouille vers Châteaudun. Au cours de la finale, Carol Lima 2 sort normalement le train et les volets. il utilise les aérofreins à plusieurs reprises pour tenir la patrouille serrée sur le leader. Carol Lima 2 annonce la fin de l'exercice lorsque la piste est assurée. La patrouille remet les gaz, et les éléments sont rentrés sans problème particulier.

Après la remise de gaz, la patrouille, en contact radio avec l'approche d'Orléans, effectue une trajectoire qui l'amène à passer au Sud du terrain d'Orléans au cap Est avant de débiter la montée vers le niveau de vol (FL)³ 235 pour le retour vers Reims.

Les appareils entrent dans une couche uniforme de base 1200 pieds et en sortent vers 8500 pieds. La patrouille est transférée sous le contrôle du centre de détection et de contrôle (CDC) de Tours.

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

La patrouille est stable au FL 235 en direction du Nord-est depuis environ deux minutes, lorsque Carol Lima 2 observe au tableau d'alarme des allumages intermittents du voyant **HYDRI**⁴, avec le répéteur de panne ambre. Le voyant **HYDRI** reste ensuite allumé fixe.

Le pilote observe, sur l'indicateur double de pressions hydrauliques positionné sur « Sdes/FS⁵ », une pression « servitudes » de l'ordre de 120-130 bars en diminution.

Peu de temps après le répéteur d'alarme rouge s'allume, accompagné de l'alarme sonore, et du voyant **EP**⁶ au tableau d'alarme.

Le pilote déconnecte le pilote automatique, annonce ses ennuis au leader, puis au contrôle, et affiche « Emergency » au transpondeur. Il sort la check-list qu'il positionne sur sa jambe gauche.

Durant ce laps de temps, Carol Lima 1 analyse la position de la patrouille, (50 nautiques d'Orléans et 80 nautiques de Reims). Compte tenu des conditions météorologiques régnant sur les terrains de Reims (jaune) et d'Orléans (vert et conditions connues des pilotes), Carol Lima 2 décide un déroutement sur Orléans et reprend la tête de la patrouille.

³ FL : Flight Level

⁴ **HYDRI** : voyant ambre du tableau d'alarme signalant une panne sur le circuit hydraulique 1.

⁵ Sdes/FS : La commutation de l'indicateur des pressions hydrauliques sur cette position permet la lecture de la pression relative aux équipements de servitude et celle de l'accumulateur de circuit de frein secours.

⁶ **EP** : voyant rouge du tableau d'alarme alertant sur le fonctionnement continu de l'électropompe.

La patrouille effectue un virage à gauche en direction d'Orléans.

Le pilote perçoit l'allumage du voyant **HYDRS**⁷. Il acquitte le répéteur rouge, coupe l'électropompe, et vérifie les disjoncteurs.

Carol Lima 1, en position d'équipier, lui propose la lecture orale de la check-list, ce que décline Carol Lima 2.

La descente est initiée vers Orléans à 50 Nm environ, sous le contrôle du CDC et le transfert avec l'approche d'Orléans a lieu ensuite.

Toutes les demandes sont acceptées par le contrôle, qui autorise la descente vers 2000 pieds dans l'axe de la piste 25.

Carol Lima 2 gère le plan de descente. En l'absence d'aérofreins, il réalise qu'il se situe trop haut sur le plan de descente. La patrouille se trouve à environ 16 Nm et 8500 pieds. Il effectue alors un 360° en descente par la gauche afin de se repositionner correctement sur le plan. L'avion entre dans la couche. Carol lima 1 perd le visuel de Carol Lima 2 et reste en conditions de vol à vue (VMC) au dessus des nuages.

Carol Lima 2 stabilise à 2000 pieds en conditions de vol aux instruments (IMC) et réduit la vitesse.

Les volets ne sortent pas lorsque le pilote actionne la commande sur la position ½. A environ 230 nœuds en réduction, la poignée train secours est tirée en deux temps. Les trois vertes sont observées et la palette de train est abaissée.

Toujours en IMC, le pilote demande à descendre vers 1500 pieds, puis vers 1000 pieds. Il acquiert le visuel du sol et de la piste vers 1000 pieds.

Le pilote perçoit alors un flash puis l'allumage fixe du voyant **HYDR2**⁸ et du répéteur ambre. Peu après, l'avion effectue un mouvement à cabrer que le pilote tente de contrer sans succès tout en ressentant un blocage du manche.

L'avion remonte dans la couche et le pilote, dans l'impossibilité de piloter l'avion, décide de s'éjecter. Il annonce « éjection-éjection-éjection » à la radio, réduit les gaz, baisse sa visière fumée et tire la poignée d'éjection.

Le pilote ressent la poussée du siège en deux temps, aperçoit la zone de crash en flammes lors de sa descente sous voile, puis touche le sol, indemne. Il contacte son unité par téléphone portable et attend les secours allongé au sol.

Carol Lima 1 survole la zone de crash, aperçoit le parachute et transmet les coordonnées de la position du pilote éjecté avant de se poser à Orléans.

⁷ **HYDRS** : voyant rouge du tableau d'alarme signalant une panne sur le circuit hydraulique secours

⁸ **HYDR2** : voyant ambre de tableau d'alarme signalant une panne sur le circuit hydraulique 2.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France métropolitaine
 - département : Loiret (45)
 - commune : Gidy
 - coordonnées géographiques:
 - N 47° 59' 90''
 - E 001° 50' 26''
 - altitude du lieu de l'événement : 413 pieds.
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Orléans-Bricy, à 2,8 Nm dans le 260° du site.



Localisation du site d'impact

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	01		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4. Autres dommages

Le champ sur lequel l'avion s'est écrasé a été partiellement incendié et pollué par les débris.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres de la patrouille

1.5.1.1. Carol Lima 2, responsable de patrouille

- Age : 29 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : ER 02.033 « Savoie »
 - fonction dans l'unité : adjoint à la cellule instruction / opérations
- Formation :
 - qualification : SCP depuis un an (avril 2009)
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse – Tours
 - année de sortie d'école : octobre 2005

– Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT
Total (h)	1021	667	126	126	11	11
Dont nuit	76	55	6	6	2	2

– Date du dernier vol comme pilote :

- sur l'aéronef :
 - de jour : 07 avril 2010
 - de nuit : 06 avril 2010

– Carte de circulation aérienne :

- type : carte verte
- date d'expiration : 12 novembre 2010

– Entraînement au simulateur :

- Entraînement aux procédures de pannes : missions type CAPS⁹, SPAN1¹⁰ et SPAN2 ;
- Le 16 mars 2010, le pilote a exécuté un entraînement sur simulateur comportant des problèmes hydrauliques, avec un isolement des servitudes et impliquant une sortie du train en secours, suivi d'un allumage **HYDRI**. Le pilote a exécuté la procédure prévue dans ce cas sans remarque particulière.

– Planning de l'année précédent l'événement :

Depuis la phase de qualification SCP, le pilote alterne les participations aux différents détachements et exercices, les permissions et les périodes d'activité normale dans son unité comme suit :

- 21 avril – 25 mai 2009 (1 mois) : détachement au Tchad ;
- Juin – juillet 2009 (2 mois) : activité à l'escadron ;
- Août 2009 (1 mois) : permission ;
- 08 au 28 septembre 2009 (20 jours) : activité à l'escadron ;
- 28 septembre au 10 octobre 2009 (10 jours) : exercice *Serpentex* ;

⁹ CAPS (Critical Action Procedures) : entraînement aux procédures nécessitant des actions réflexes.

¹⁰ SPAN : Simu PANnes 1 et 2 – entraînements aux pannes les plus probables et significatives sur un type d'avion.

- 10 octobre au 02 novembre 2009 (20 jours) : activité à l'escadron ;
- 02 au 16 novembre 2009 (15 jours) : permission ;
- 19 novembre 2009 au 12 février 2010 (3 mois) : Afghanistan ;
- 12 février au 06 mars 2010 (20 jours) : permission ;
- 06 mars au 08 avril 2010 (1 mois) : activité à l'escadron.

– Antécédents :

Le pilote a déjà rencontré deux pannes hydrauliques réelles en vol, relatives à un isolement des servitudes. Ce type de panne ne génère l'allumage d'aucun voyant d'alarme :

- Le 18 septembre 2008 aux États-Unis (*Green Flag*), lors du break en circuit d'atterrissage ;
- Le 09 février 2010 (2 mois avant l'événement) au dessus de l'Afghanistan, en patrouille avec un Mirage 2000.

Dans les deux cas, le pilote ne s'est rendu compte de la panne qu'au moment de la manœuvre des aérofreins ou des becs, et il a dû effectuer la sortie du train en secours prévue en pareil cas. Enfin, il a dû gérer la panne seul à chaque fois, sans l'aide de l'autre membre de la patrouille.

1.5.1.2. Carol Lima 1

- Age : 28 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : ER 02.033 « Savoie »
- Formation :
 - qualification : PCO depuis novembre 2008, en phase d'entraînement à la qualification SCP.
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse – Tours.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT	Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT
Total (h)	890	480	90	90	28	28
Dont nuit	57	35	2	2	0	0

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique (ou opérationnel) d'appartenance : commandement de soutien des forces aériennes (CSFA).
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 112 Reims.
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 2^E 133.
- Type d'aéronef : Mirage F1CT.
 - configuration : 2 réservoirs pendulaires largables de 1200 litres sous voilures (6J).
 - armement : aucun.
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Mirage F1	233	6748h35	VP3R3¹¹ : 611h05	VI¹² : 30h15
Moteur	ATAR 9K50	11538	296h00	RG¹³ : 296h00	Pose : 30h15

L'appareil (F1C) a été mis en service en janvier 1980 et la cellule a été transformée au standard F1CT en 1992, en sortie de GV3, à 2287 heures.

Il se situe dans la moyenne de la flotte Mirage F1CT, en termes d'âge et d'heures de vol : mises en service échelonnées de décembre 1979 à mai 1983 et vieillissement de 5739 à 6916 heures.

1.6.1. Maintenance

L'étude de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au plan de maintenance en vigueur dans l'armée de l'air.

La dernière visite effectuée est une visite intermédiaire (VI), sortie le 08 mars 2010.

- VP3R3 : visite périodique effectuée le 27 février 2008 ;
- L'appareil a subi deux graissages (G) en octobre 2008 et mai 2009, entre la VP3 et la dernière VI ;
- VI : visite intermédiaire effectuée le 08 mars 2010. C'est la dernière visite programmée du plan d'entretien subie par l'appareil.

¹¹ VP3R3 : visite périodique

¹² VI : visite intermédiaire

¹³ RG : révision générale

Depuis la dernière VI, le 08 mars 2010, l'appareil a subi deux interventions suite à des pannes relatives aux circuits hydrauliques :

- le 16 mars 2010, à 6728h50 cellule, résolution d'une fuite dans la zone de la bêche hydraulique du circuit 1 par resserrage sur tuyauterie ;
- Le 22 mars 2010, à 6733h50 cellule, résolution d'une fuite au niveau du train principal gauche par échange standard d'une buse hydraulique. A cette occasion, le circuit 1 a été vidangé ;
- L'appareil a ensuite effectué environ 14 heures de vol et 13 atterrissages sans incident avant l'événement.

Les niveaux de liquide des bêches hydrauliques ont été contrôlés avant le vol et après la mise en route, et étaient dans les normes.

1.6.2. Performances

L'aéronef ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

Le pilote témoigne d'un comportement nominal de l'aéronef et de ses systèmes durant toute la partie du vol précédent l'événement.

1.6.3. Masse et centrage

Compte tenu de la configuration (6J), la masse au décollage est d'environ 13,6 tonnes, et le centrage est dans les normes.

Au moment de l'événement, la masse totale est d'environ 9,2 tonnes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34.
- Quantité de carburant au décollage : 6530 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 1500 litres environ.

1.6.5. Autres fluides

Quantités de liquide hydraulique H515 contenues dans les bêches :

- 9 litres dans la bêche du circuit 1.
- 6 litres dans la bêche du circuit 2.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

La mission a été planifiée la veille avec les informations provenant des services météo de la base aérienne de Reims et réactualisées le matin du vol.

Les prévisions font état de mauvaises conditions en très basse altitude sur la région Nord Est, avec une amélioration à l'Est d'Orléans et de Châteaudun.

1.7.2. Observations

La coupe verticale du terrain d'Orléans au moment de l'événement mentionne les conditions suivantes :

- Visibilité supérieure à 10 kilomètres ;
- Plafond 6 octats stratus et strato-cumulus à 1200 pieds, 7 octats à 1600 pieds, et sommet de couche vers 5000 pieds ;
- Vent du secteur Nord pour 15 nœuds ;
- QFE 1011 hPa ; QNH 1026 hPa.

Les conditions observées par la patrouille lors de la remontée avec l'approche d'Orléans témoignent d'une couche nuageuse de base 1000-1200 pieds jusqu'à 8500 pieds environ.

Au moment de l'événement, le terrain de Reims est en conditions IFR.

1.8. Aides à la navigation

Le pilote effectue une approche guidée au radar sur le terrain d'Orléans et il dispose à bord d'une centrale à inertie améliorée GPS qui lui permet de contrôler sa navigation.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'accident, le pilote est en contact avec l'approche d'Orléans sur le poste V/UHF (poste « vert »), ainsi qu'avec le leader sur une fréquence inter patrouille affichée sur le poste UHF (poste « rouge »).

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

La piste 25 est en service à Orléans au moment de l'événement.

Le radar de précision SPAR et l'ILS sont hors service.

Les autres moyens de la plateforme sont disponibles.

1.11. Enregistreurs de bord

Le Mirage F1CT est équipé d'un enregistreur d'accident à bande magnétique de type « ENERTEC » ainsi que d'un magnétoscope.

Le magnétoscope et la bande vidéo Hi8 ont été détruits lors de l'impact de l'aéronef. Le magnétoscope de Carol Lima 1 ne fonctionnait pas au moment de l'événement suite à une panne survenue en cours de mission.

Concernant la signalisation des pannes, seuls les changements d'état des répéteurs de panne ambre et rouge sont enregistrés sur le FDR.

Logique d'allumage et d'extinction des répéteurs de panne :

L'allumage d'un répéteur de panne ambre ou rouge a pour origine l'allumage simultané d'un voyant de couleur correspondante au tableau d'alarme.

L'extinction d'un répéteur de panne peut avoir pour origine soit l'extinction du voyant d'alarme correspondant, soit un réarmement du répéteur par action sur celui-ci (cette action n'entraîne pas l'extinction du voyant correspondant au tableau d'alarme).

Ne sont pas enregistrés :

- l'allumage des voyants du tableau d'alarme ;
- la position des trains d'atterrissage et des servitudes ;
- les pressions des circuits hydrauliques.

1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1. Examen de la zone d'impact

Un cratère d'environ un mètre de profondeur et d'environ neuf mètres sur cinq marque le point d'impact de l'appareil. Il est situé en terrain plat et découvert, dans une zone cultivée, non loin d'une autoroute.

Les débris sont dispersés selon un axe moyen 270°, en direction du terrain d'Orléans.

A la base du cratère, le sol est soufflé selon deux axes marqués et opposés, sensiblement perpendiculaires à l'axe principal de dispersion.

L'enregistreur d'accident est retrouvé à quelques mètres du cratère.

La voilure gauche est restée au bord du cratère, la voilure droite a été projetée à 50 mètres environ au-delà.

Le plus gros fragment de l'épave, constitué du moteur et de l'empennage arrière, gît à une dizaine de mètres du cratère. Le FDR est retrouvé à proximité.

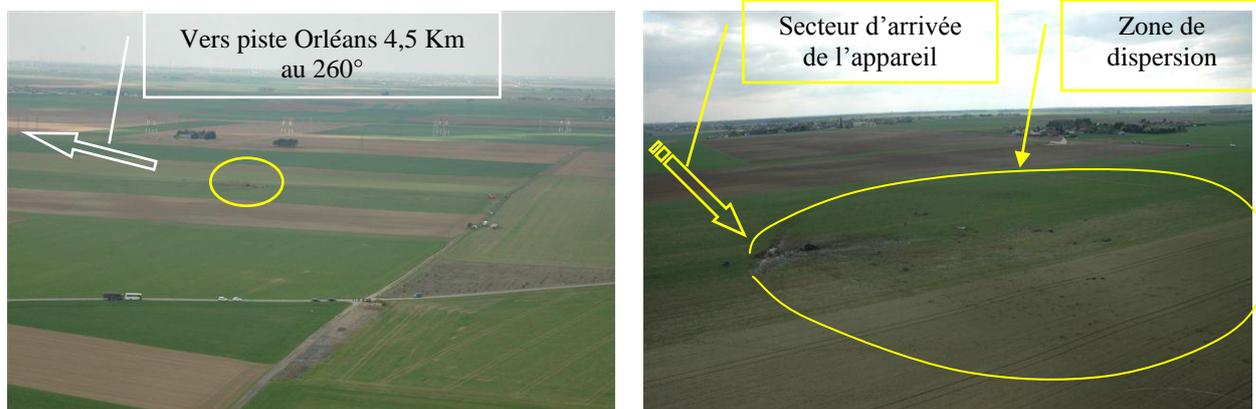
De manière générale, les fragments de la partie avant de l'appareil (pointe avant, poste de pilotage) sont répartis sur la droite de l'axe moyen de dispersion, tandis que les éléments de la partie supérieure de l'appareil sont répartis sur la gauche du même axe.

Le train auxiliaire se trouve à une quinzaine de mètres en amont du cratère avec quelques débris de petite taille.

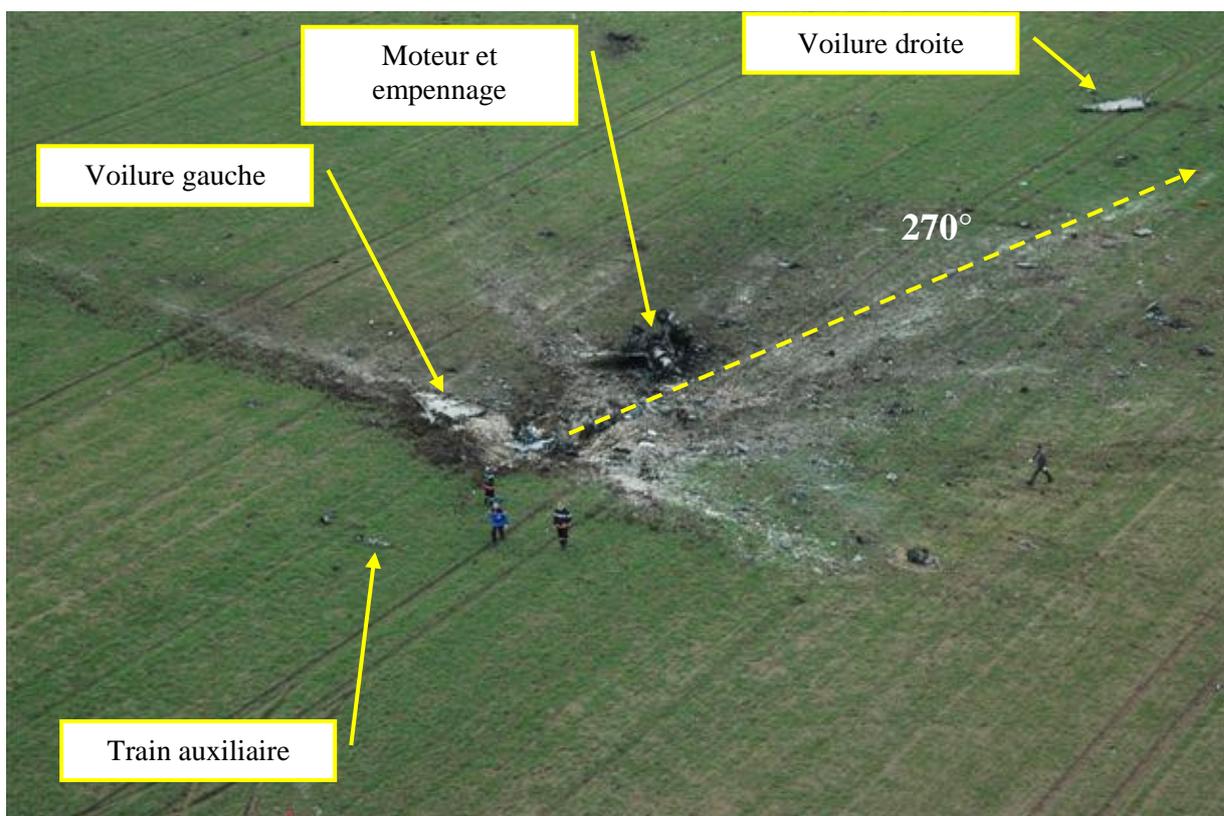
Les dispositifs pyrotechniques encore en place sur les pylônes d'attache des réservoirs largables ont été neutralisés par l'équipe Nedex.

Des fragments de la verrière ont été retrouvés en amont du point d'impact. Certains comportent un morceau du cordeau pyrotechnique utilisé pour une évacuation au sol. Ce cordeau n'est pas mis en œuvre en cas d'éjection.

La physionomie d'ensemble du site témoigne d'une assiette importante à piquer et d'une inclinaison à gauche de l'appareil lors de l'impact.



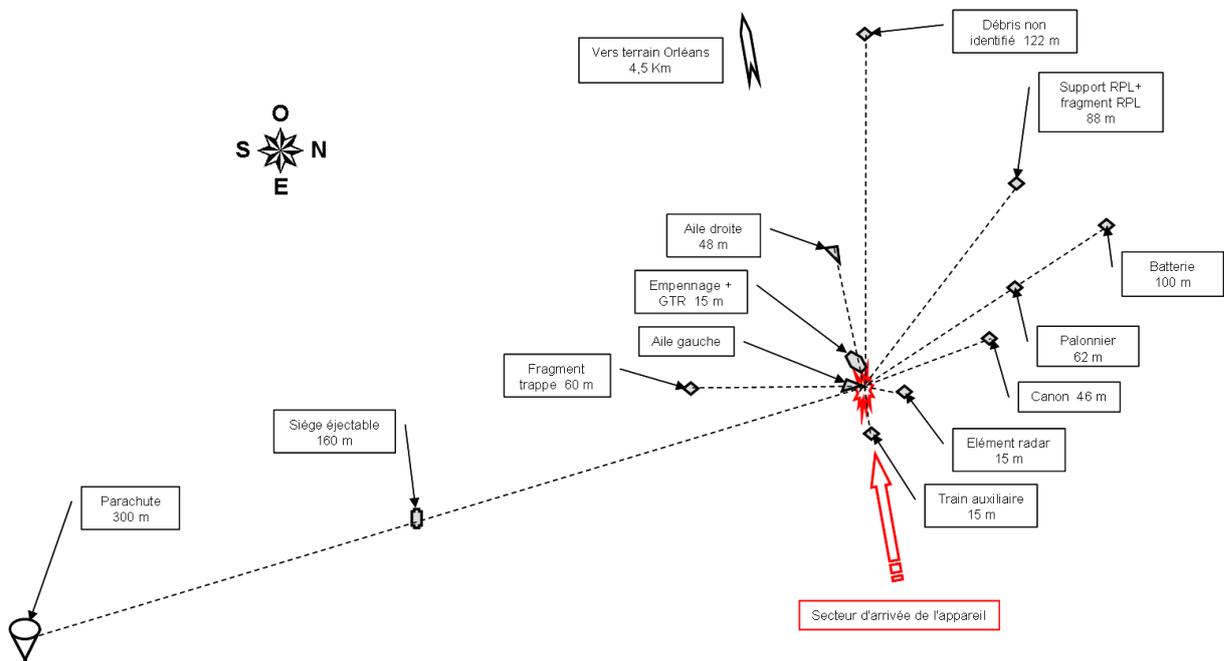
Vues de l'environnement de la zone de crash



Point d'impact, débris principaux, et axe moyen de dispersion



Aspect du cratère d'impact, vu selon l'axe d'arrivée de l'appareil



Répartition des principaux débris et positions du siège et du parachute

1.12.2. Examen des fragments de l'épave

1.12.2.1. Fragment principal :

Il est constitué par la partie arrière du fuselage, des cadres 36 à 41, et comprend le moteur ainsi que les restes de l'empennage. L'ensemble porte des traces d'incendie postérieures au crash.

- Le réacteur a été comprimé dans le sens de la longueur avec une flexion prononcée en « S » inversé à gauche en référence à l'axe de la cellule. Le micro-turbo est absent. Les aubes visibles des étages du compresseur sont déformées en rotation. La tuyère est ouverte. Le parachute frein a été expulsé et brûlé après l'impact, lors du rebond de la partie arrière.
- Les servocommandes de profondeur portent des traces d'incendie mais elles ont été relativement préservées des effets mécaniques de l'impact. Le corps de la servocommande de profondeur droite est maculé de liquide hydraulique.
- Les servocommandes de direction, préservées, ne présentent pas d'indice de fuite hydraulique.



Ensemble moteur et empennage arrière, et FDR

1.12.2.2. Voilures

- Voilure gauche :
 - Demeurée au bord du cratère, elle est fortement endommagée sur le bord d'attaque. Le bec basculant interne a disparu, le bec externe à fente est détruit ;
 - Les volets de courbure sont proches de la position rentrés.
- Voilure droite :
 - Le bec interne a disparu. Le bec externe est en place et non sorti, le vérin correspondant est en position bec rentré ;
 - Les volets de courbure sont absents, l'aileron est désolidarisé ;
 - Le vérin électrique des volets de courbure est en position volets rentrés.

1.12.2.3. Atterrisseurs

Les trains d'atterrissage principaux sont en partie disloqués par l'impact. Les vérins de manœuvre sont en position trains sortis.

Le vérin de contre fiche du train auxiliaire est en position train sorti. Le train est verrouillé bas.

1.12.2.4. Constats significatifs

La bêche hydraulique du circuit 1 est vide et non percée, avec son indicateur de niveau à zéro. L'écrou de fixation de la tuyauterie du circuit retour, freiné, présente quelques degrés de liberté.

La bêche hydraulique du circuit 2 est déchirée et son indicateur n'est pas identifié.

Le relais accessoires est disloqué et ses organes dispersés.

Le mécanisme de la poignée secours train est retrouvé en position poignée sortie au deuxième cran.

Les vérins des souris sont en position souris rentrées.

1.12.2.5. Organes des circuits hydrauliques identifiés parmi les débris

- Clapet double alimentation gauche et droit ;
- Distributeur frein secours ;
- Electropompe ;
- Pompes hydrauliques 1 et 2.

1.12.2.6. Siège éjectable et parachute

Le siège éjectable est retrouvé à 160 mètres dans le 160° environ du point d'impact, enfoncé verticalement dans le sol meuble. Les organes pyrotechniques ont été sécurisés ultérieurement par l'équipe NEDEX de Tours.

L'ensemble parachute et paquetage de survie se situe à 300 mètres dans le 160° du point d'impact.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Carol Lima 2

- Dernier examen médical :
 - type : expertise médicale au CPEMPN
 - date : 29 octobre 2009
 - résultat : aptitude pilote de chasse
 - validité : un an
- Examens biologiques : résultats des prélèvements effectués non contributifs.
- Blessures : douleurs lombaires et contractures consécutives à l'éjection.

1.13.2. Carol Lima 1

- Dernier examen médical : Aptitude médicale renouvelée au CPEMPN, en cours de validité.
- Examens biologiques : non effectués (sans objet).

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

- Éjection : l'éjection est tentée et réussie dans le domaine du siège. Elle est déclenchée dans une phase de cabré, en IMC, quelques secondes après la prise de décision, consécutive à l'impossibilité de piloter l'appareil. Les gaz sont réduits, la visière fumée est baissée, la position dans le siège rectifiée, et la poignée est tirée par une action franche. Lors de la montée du siège, le pilote ressent d'abord une légère poussée, puis une seconde plus puissante. La séquence automatique se déroule normalement (séparation du siège, ouverture du parachute et mise en œuvre du paquetage).

Lors de la descente sous voile, le pilote est dans l'impossibilité de diriger la chute à cause du vrillage des suspentes, qu'il tente en vain de résoudre en écartant les élévateurs. Il perçoit le gonflement du canot pneumatique. Il ressent un violent contact avec le sol et effectue un roulé-boulé vers l'avant, à droite. Le pilote, indemne, reste allongé au sol avec son harnais parachute et utilise la couverture de survie de son paquetage avec l'aide de deux témoins dans l'attente des secours.

- Type de siège éjectable : Martin Baker MK10 M
 - Éléments au moment de l'éjection : l'éjection a lieu avec une assiette et une vitesse ascensionnelle positives de l'appareil, ainsi qu'une légère inclinaison à droite, sans facteur de charge significatif
 - hauteur : environ 1700 pieds
- vitesse : 180 nœuds
 - Conditions météorologiques au sol : visibilité supérieure à 10 km, vent faible du secteur Nord
 - Constatation : l'élévateur arrière droit est rompu

1.15.2. Organisation et chronologie des secours

A 11h26, l'alerte crash est déclenchée par la vigie d'Orléans après un appel du CDC de Cinq-Mars-La-Pile prévenant d'un déroutement en emergency des Carol Lima avec panne hydraulique du leader.

A 11h30, les pompiers et une équipe du service médical de la base sont prêts à intervenir et se positionnent sur un taxiway de la plateforme.

A 11h34, l'éjection de Carol Lima 2 est confirmée et l'information est relayée auprès des équipes d'intervention. L'approche d'Orléans informe le CCS de l'éjection.

A 11h36, Carol Lima 1 confirme le visuel sur le parachute et transmet les coordonnées géographiques du site.

A 11h37, l'hélicoptère SAR de Villacoublay est mis en pré-alerte par le CCS.

A 11h45, le convoi des secours part de la base aérienne 123.

A 11h52, le convoi des secours de la base arrive en vue du site de l'accident. Le sol boueux en plein champ interdit un accès immédiat des véhicules au site.

A 11h54, le CCS annule la SAR de Villacoublay.

A 12h00, les secours médicaux de la base prennent le pilote en charge et établissent un premier bilan.

A 12h40, le pilote est relevé sur matelas coquille, brancardé puis évacué une heure plus tard directement vers le centre hospitalier de La Source, par les moyens routiers du SDIS45. Il est pris en charge par un médecin du SDIS45, en coordination avec l'équipe médicale de la BA123, qui rentre sur la base.

A 14h06 le pilote arrive au centre hospitalier. A l'arrivée, le médecin du SDIS insiste sur la forte cinétique de l'éjection et indique la nécessité d'un bilan radiographique complet, puis clôture son intervention.

Le médecin de la base s'enquiert ensuite par téléphone de son état de santé et insiste sur la nécessité d'un bilan radiologique et d'un scanner. Un scanner rachidien sera obtenu sur insistance auprès du médecin radiologue et sera interprété vers 18h50.

A 20h00, le pilote quitte l'hôpital après lecture des bilans par le médecin de l'hôpital en charge du dossier et rejoint la base aérienne en compagnie du groupe d'enquête technique.

1.16. Essais et recherches

La DGA-EP a effectué les analyses des prélèvements de liquide hydraulique et des expertises sur la bêche hydraulique 1, et sur une tuyauterie.

La DGA-TA a effectué des expertises sur l'ensemble des autres organes identifiés des circuits hydrauliques afin d'identifier un éventuel défaut d'étanchéité ou d'isolement au niveau de ces organes, antérieur à l'écrasement de l'appareil.

L'AIA a effectué une expertise complémentaire sur un organe hydraulique.

La restitution et l'exploitation des données issues de l'enregistreur de paramètres ont été effectuées dans les laboratoires de RESEDA.

L'expertise du constructeur de l'aéronef, Dassault Aviation, a été demandée pour évaluer les hypothèses et scénarios possibles de l'accident.

1.17. Renseignements sur les organismes

Sans objet.

1.18. Renseignements supplémentaires

Entraînement aux pannes sur simulateur et particularité de la panne **HYDR1**.

Dans la cabine du simulateur, les pilotes sont incités à lire la check-list pour la gestion des pannes ambre. Dans certains cas, le moniteur du simulateur peut également lire les items de la check-list au pilote.

Le simulateur n'est pas programmé pour reproduire automatiquement un enchaînement de pannes hydrauliques conduisant à un blocage ou une inefficacité des commandes. Seul un moniteur peut simuler cet enchaînement de pannes.

Dans le cas de la panne **HYDR1**, si le pilote exécute la procédure de sortie de train associée de manière incomplète (poignée train secours non repoussée après la sortie du train en secours et l'obtention des trois vertes), le moniteur déclenche manuellement une panne **HYDR2** après quelques instants pour sanctionner l'oubli. Le temps laissé au pilote pour repousser la poignée train secours n'est pas calibré et dépend du jugement du moniteur simulateur.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

2. ANALYSE

Le témoignage recueilli auprès du pilote indique des symptômes relatifs à une avarie des systèmes hydrauliques de l'appareil, puis une perte de pilotabilité en finale le contraignant à l'éjection.

L'analyse qui suit établira la séquence d'événement puis déterminera les causes possibles de la perte de pilotabilité de l'appareil. Enfin, sera analysée la gestion globale de l'événement sous l'angle des facteurs humains.

2.1. Séquence d'événement

2.1.1. Chronologie détaillée et commentaires

Cette chronologie est basée sur l'exploitation des données de l'enregistreur d'accident et du témoignage du pilote. Les interprétations sont en cohérence avec le fonctionnement des circuits et des systèmes hydrauliques de l'avion (schéma des circuits hydrauliques présenté en annexe).

Les manœuvres des commandes non enregistrées sont déterminées par analyse comparative des différents paramètres d'attitude et de leur perturbation.

Deux échelles de temps sont indiquées :

- Une chronologie continue à partir de l'heure du décollage.
- Une chronologie intermédiaire par rapport à des marqueurs (T1, T2).

Horaires	ΔT	Événements observés et interprétations
10h04mn	T1-1h16mn26s	Décollage de Reims
11h10mn10s	T1-10mn16s	Remise des gaz à Chateaudun
11h17mn40s	T1-2mn46s	Début de palier au FL 235
11h20mn26s	T1	Allumage répéteur ambre associé au voyant HYDR1
11h20mn35s	T1+9s	Chute tension réseau principal continu Extinction répéteur ambre Pression lue sur l'indicateur double en « Sdes / FS » : 120-130 bars en diminution
11h20mn43s	T1+17s	Allumage répéteur rouge associé au voyant EP + alarme sonore
11h20mn47s	T1+21s	Allumage répéteur ambre associé au voyant HYDR1
11h21mn04s	T1+38s	Extinction répéteurs ambre et rouge : effacement pilote
11h21mn09s	T1+43s	Allumage du répéteur rouge associé au voyant HYDRS alarme sonore
11h21mn15s	T1+49s	Extinction répéteur rouge associé au voyant HYDRS
11h21mn18s	T1+52s	Remontée tension réseau principal continu
11h21mn20s	T1+54s	Allumage répéteur rouge associé au voyant HYDRS + alarme sonore
11h21mn48s	T1+1mn22s	Allumage répéteur ambre probablement associé aux voyants ARTH + SERVO + EMP + DIR
11h24mn	T1+3mn34s	Début de descente, répéteurs ambre et rouge allumés fixes
11h27mn30s	T1+7mn04s	360° par la gauche en descente, répéteurs ambre et rouge toujours allumés fixes
11h30mn45s	T1+10mn19s	Palier à 2000 pieds, réduction de vitesse Tentative infructueuse de sortie 1/2 volets (chute de tension de 5 secondes = vérin électrique de volets)

11h31mn38s	T1+11mn12s = T2	Train sorti en secours 2000 pieds (perturbation incidence, Vi <230 nds), palette baissée, trois vertes
11h33mn	T2+1mn22s	Extinction répéteurs ambre et rouge : effacement pilote Palier 1000 pieds et réduction de vitesse
11h33mn10s	T2+1mn32s	Allumage répéteur ambre associé au voyant HYDR2
11h33mn32s	T2+1mn54s	Début d'augmentation altitude et action à pousser sur le manche
11h33mn32s à 11h33mn42s	T2+1mn54 à T2+2mn04s	Augmentation de l'altitude et stabilisation de l'action à pousser sur le manche, sans effet sur l'assiette à cabrer
11h33mn40s	T2+2mn02s	Manette gaz sur ralenti
11h33mn44s	T2+2mn06s	Mouvement du manche vers l'arrière et à droite ; inversion d'assiette ; variation Jz (=éjection)
11h33mn47s	T2+2mn09s	Point haut de cabré (2000 pieds, soit un gain de +1100 pieds) ; Vi 162 nds
11h33mn52s	T2+2mn14s	Arrêt des mouvements du manche
11h33mn56s	T2+2mn18s	Allumage répéteur rouge probablement associé au voyant REGO2
11h33mn59s	T2+2mn21s	Arrêt enregistrement

La première partie du vol depuis le décollage, comprenant le transit en profil haut-bas, le travail en basse altitude, puis la remontée jusqu'au niveau 235, d'une durée d'environ 1h16mn, se déroule sans incident. Les servitudes (trains, volets, becs, AF) ont été sollicitées un quart d'heure environ avant les premières signalisations de panne, lors de la finale à Châteaudun. Aucun signe précurseur n'est rapporté par le pilote ou observé au travers de la lecture périodique des paramètres.

2.1.2. Analyse des phases significatives

Hormis le début du vol, deux phases significatives peuvent être distinguées :

- Une première phase (de T1 à T1+10mn19s), tous paramètres stabilisés et PA enclenché au FL 235, au cours de laquelle une séquence d'allumage de voyants ambre et rouge directement liée à des problèmes hydrauliques est observée par le pilote, conduisant ce dernier à interrompre le vol et se diriger vers Orléans. L'avion est pilotable durant toute cette phase sans que le pilote ne souligne de difficulté (360° en descente à inclinaison 40-50° et pente stable, PA coupé).
- Une deuxième phase (T2 à T2+2mn21s), au cours de laquelle la situation se dégrade entre la sortie du train en secours et la perte de pilotabilité de l'appareil.

2.1.2.1. Première phase

- T1 : l'allumage du voyant **HYDR1** indique que la pression dans le circuit hydraulique 1 devient inférieure à 145 bars.
- T1+9s : la chute de tension signifie la mise en route de l'électropompe, qui intervient lorsque la pression diminue en dessous de 142 bars environ, 9 secondes plus tard. Elle est censée remonter la pression de la branche commandes de vol du circuit 1 vers 170 bars, et s'arrêter ensuite.
- L'extinction du répéteur ambre est probablement liée à l'extinction du voyant **HYDR1**, signifiant que la pression remonte au dessus de 145 bars par l'action de l'électropompe.
- La pression lue en diminution vers 120-130 bars sur l'indicateur double positionné sur « Sdes / Fs » signifie que le robinet d'isolement de la branche des servitudes s'est fermé (perte des becs, volets, aérofreins, souris, frein normal et train normal). Il reste alors 2,6 litres environ de liquide dans la bache du circuit1¹⁴.
- T1+17s : le voyant **.EP.** s'allume 8 secondes après la mise en route de l'électropompe, indiquant que celle-ci fonctionne encore mais ne parvient pas à remonter suffisamment la pression pour s'arrêter automatiquement (vers 170 bars).
- T1+21s : le nouvel allumage fixe et définitif du voyant **HYDR1** indique que la pression chute de nouveau sous 145 bars.
- T1+43s : l'allumage du voyant **HYDRS** signifie que la pression chute sous 115 bars.
- T1+49s : l'extinction du répéteur rouge est consécutive à un effacement par le pilote ou à une remontée de la pression au dessus de 115 bars.
- T1+52s : la remontée de tension est liée à l'arrêt commandé de l'électropompe.
- T1+54s : l'allumage fixe et définitif du voyant **HYDRS** après la coupure manuelle de l'électropompe indique une baisse définitive de la pression du circuit 1 sous 115 bars.
- T1+1mn22s : lorsque les voyants **ARTH** + **SERVO** + **EMP** + **DIR** s'allument, la bache peut être considérée vide et le circuit 1 inopérant.
- T1+10mn19s : l'échec de la sortie des volets est logique car la branche des servitudes est isolée et la pression résiduelle dans le circuit est insuffisante.

L'enchaînement rapide des symptômes (**1mn22s**) correspond à **l'apparition d'une fuite importante de liquide sur le circuit hydraulique 1**, jusqu'à la vidange complète de la bache correspondante (indicateur affichant zéro avant l'impact).

¹⁴ La bache hydraulique C1 alimente le circuit1 et le circuit secours. Sa capacité réacteur en fonctionnement est d'environ 5,6 litres, accu frein secours normalement chargé à 210 bars.

De plus :

- La fermeture du robinet d'isolement de la branche des servitudes n'a pas stoppé la chute de pression dans le reste du circuit.
- La pompe autorégulatrice et l'électropompe (qui a fonctionné durant 43 secondes) n'ont pas pu enrayer la chute continue de pression.

Ces éléments permettent d'écarter la branche servitudes de l'origine possible de la fuite, qui peut être localisée soit au niveau d'une tuyauterie soit sur un organe passif (filtre, clapet) ou dynamique (servocommande) du reste du circuit 1.

L'avion demeure pilotable.

2.1.2.2. Deuxième phase

- T2 : le train sort (déterminé par perturbation des paramètres : la séquence durant environ 9 secondes, cela signifie que la commande train secours est actionnée environ 9 secondes auparavant) et se verrouille. Le liquide nécessaire à cette opération (ouverture des trappes et manœuvre des trains) est perdu pour le circuit 2 (il devient dormant dans les chambres des vérins). La quantité de liquide hydraulique utile dans le circuit 2 peut alors être estimée à environ 2,7 litres.
- T2+1mn32s : l'allumage du voyant **HYDR2** indique que la pression dans le circuit 2 devient inférieure à 145 bars. L'allumage **HYDR2** intervient 1mn32s après la sortie effective du train en secours. La pression du circuit 2 diminuant, la puissance des servocommandes de profondeur et de spoilers décroît. Cependant, les servocommandes auxiliaires de profondeur et de gauchissement continuent de fonctionner à pleine puissance jusqu'à 100 bars.
- T2+1mn54s : L'appareil cabre sans que le pilote parvienne à contrer. En dessous de 100 bars, le pilote ressent une résistance croissante du manche, soit **22 secondes environ** après l'allumage **HYDR2**, jusqu'à se trouver dans l'incapacité de manœuvrer l'appareil.
- Des mouvements du manche continuent à être observés, y compris lors de la phase d'éjection : **le manche n'est donc pas bloqué** en dépit des sensations du pilote, mais **le débattement, qui nécessite davantage d'effort, devient inefficace pour manœuvrer les gouvernes.**
- T2+2mn06s : l'éjection intervient 12 secondes après que le pilote ait constaté l'inefficacité de ses actions au manche.
- T2+2mn18s : L'allumage du voyant **REGO2** correspond à la temporisation associée à cette alarme après l'éjection.
- T2+2mn21s : Impact au sol.

La défaillance du circuit hydraulique 2 intervient environ **deux minutes après la sortie du train en secours**. Elle est probablement consécutive à une perte totale de liquide. **Les actions du pilote sur les commandes de vol deviennent difficiles et inefficaces en phase finale.**

2.1.3. Synthèse de la séquence d'événement

Le pilote a été confronté à la défaillance totale des systèmes hydrauliques en deux phases distinctes :

- La première phase correspond à l'apparition d'une fuite importante sur le circuit hydraulique 1, conduisant à la perte totale de liquide et l'isolement des servitudes.
- L'avion est resté pilotable durant toute cette phase.
- La deuxième phase correspond à une perte de liquide entraînant la défaillance totale du circuit 2, survenue après la sortie du train en secours, et conduisant à l'inefficacité des commandes manœuvrant les gouvernes.
- L'appareil est resté pilotable environ 13 minutes après l'apparition des symptômes sur le circuit hydraulique 1 jusqu'à la perte de pilotabilité, indiquant que les circuits 1 et 2 étaient isolés¹⁵ et que l'avion était pilotable par le seul circuit 2 au travers des corps 2 des servocommandes.
L'impossibilité de manœuvrer les gouvernes résulte donc du manque de puissance hydraulique consécutif à la perte successive des deux circuits.

2.2. Recherche de l'origine de la perte de liquide des circuits hydrauliques et scénario possible

Cette recherche a conduit à examiner l'ensemble¹⁶ des organes passifs et dynamiques des circuits hydrauliques 1 et 2 récupérés sur les fragments de l'épave et dispersés sur le site d'accident afin de déterminer l'origine d'une fuite, ainsi qu'un éventuel défaut d'isolement entre les deux circuits.

Les tuyauteries hydrauliques, retrouvées écrasées et rompues, n'ont pu être examinées. Il n'est donc pas possible de déterminer l'origine d'une fuite éventuellement survenue au niveau des ensembles de raccords et de tuyauteries.

Sur les vérins et servocommandes endommagés, aucun test de fonctionnement dynamique n'étant possible, les examens ont consisté en l'inspection de l'état des joints internes assurant l'étanchéité sous pression.

Les clapets ont été testés en fonctionnement et leur étanchéité vérifiée.

Les performances des pompes ont été testées (pompes C1 et C2, électropompe).

¹⁵ Les circuits hydrauliques, indépendants, peuvent être affectés par une intercommunication accidentelle causée par une fuite interne au niveau des organes double corps (clapets, distributeurs, servocommandes).

¹⁶ Liste des organes examinés présentée en annexe 3.

2.2.1. Résultats des expertises

2.2.1.1. Expertises réalisées par la DGA-EP

- L'analyse des petites quantités de fluide hydraulique récupérées exclue toute pollution et tout risque de colmatage de filtres dans les circuits hydrauliques. La viscosité légèrement inférieure à la norme ne remet pas en cause son utilisation.
- L'examen de la bêche hydraulique du circuit 1 révèle l'existence d'une fuite d'environ 1 litre par minute de débit sous 5 bars au niveau du raccord d'une tuyauterie. L'écrou freiné du raccord est retrouvé desserré. L'expertise montre que cette anomalie est la conséquence d'un choc sur la tuyauterie rigide lors de l'impact.
- L'examen d'une rupture longitudinale présentant un aspect particulier et découverte sur un élément de tuyauterie rigide atteste que celle-ci ne correspond pas à une rupture par surpression mais à une déformation subie lors de l'impact.

2.2.1.2. Expertises réalisées par la DGA-TA

La liste exhaustive des organes examinés est mentionnée en annexe, ainsi que les positionnements des pièces sur schémas.

Les expertises ont été effectuées sur les organes hydrauliques des fonctions suivantes :

- génération hydraulique
- chaîne de profondeur
- chaîne de gauchissement
- circuit trains et trappes
- circuit becs et volets.

Sur les éléments trop dégradés pour être testés en fonctionnement, les examens n'ont révélé aucune anomalie sur l'état des joints.

Des essais hydrauliques ont été possibles sur les autres éléments. Sur la plupart des éléments, l'absence de fuite interne ou externe a été établie. Les légères fuites constatées sur les autres sont vraisemblablement des conséquences de l'impact.

Des essais ont été menés dans un premier temps sur la partie hydraulique de l'électropompe (seule partie non endommagée) et ont nécessité une expertise complémentaire effectuée par l'AIA d'Ambérieu. Ces travaux ont confirmé des performances normales de cet organe.

Parmi les gros consommateurs de puissance, les servocommandes de profondeur ne présentent pas de fuite interne ni externe. Les traces d'hydraulique constatées sur la servocommande droite sont consécutives à l'impact.

Aucun indice de dysfonctionnement antérieur à l'impact et susceptible de provoquer une intercommunication accidentelle des deux circuits n'a été mis en évidence sur l'ensemble des éléments.

2.2.1.3. Synthèse des résultats d'expertises

Les anomalies constatées sur l'ensemble des éléments examinés sont des conséquences de l'impact au sol.

Aucune anomalie ou indice de dysfonctionnement (fuite interne ou externe, joints détériorés, défaut d'étanchéité ou d'isolement) des organes hydrauliques antérieur à l'impact et susceptible d'être à l'origine de la séquence d'événements observée n'a été mis en évidence.

2.2.1.4. Fuites sur tuyauteries et raccords et actions correctives

Des fuites apparaissent sur les tuyauteries et raccords des circuits hydrauliques de l'avion, au sol ou en vol.

Au sol, elles sont généralement constatées lors de la mise en pression des circuits à la mise en route.

En vol, les symptômes se traduisent généralement par un isolement des servitudes et une faible pression du circuit servitudes lue sur l'indicateur double (sans autre signalement disponible en cabine).

Elles sont inhérentes aux contraintes d'utilisation (thermiques, vibratoires, fortes variations de pression) et deviennent plus fréquentes avec le vieillissement des cellules (le n° 233 à 6748 heures pour environ 30 années de service).

Elles peuvent être causées par des criques sur le corps d'une tuyauterie rigide, une fissure sur le corps d'une tuyauterie souple ou une perte d'étanchéité au niveau d'un raccord.

Dans le cas d'un endommagement (cricque, fissure), l'élément de tuyauterie est remplacé au niveau NTI2.

Dans le cas où la fuite est localisée à l'endroit d'un raccord, les écrous de ce dernier sont resserrés¹⁷ par un mécanicien de piste (NTI1). Si la fuite persiste après resserrage lors de la mise sous pression, l'ensemble raccord-tuyauterie doit être remplacé en atelier de dépannage (NTI2).

Les interventions résolvant des fuites par resserrage ne sont toutefois pas identifiées avec précision sur le compte-rendu d'intervention (le 16 mars 2010, à 6728 h 50 cellule, résolution d'une fuite **dans la zone de la bêche hydraulique du circuit 1** par resserrage sur tuyauterie).

¹⁷ Selon le mode opératoire décrit dans le manuel d'entretien de l'avion GCB 111-07.

2.2.2. Scénarios possibles

L'origine de la fuite importante ayant provoqué la défaillance du circuit 1 est donc probablement localisée sur un raccord de tuyauterie ou une tuyauterie, à l'exclusion de la branche des servitudes. Cette fuite, inexistante au départ du vol, a pu apparaître progressivement puis s'aggraver lors de la sollicitation des servitudes et des aérofreins au cours de l'exercice de déroutement vers Châteaudun, 10 minutes environ avant l'apparition des symptômes.

Les examens n'ont également pas permis de mettre en évidence l'origine de la perte de liquide du circuit 2. Cependant, l'avion est resté pilotable environ 13 minutes avec le seul circuit 2 et les premiers symptômes ne sont apparus qu'après la manœuvre du train en secours.

Or, le fait que la poignée de secours train n'ait été repoussée implique le maintien en pression des organes de la branche train secours, ainsi que l'alimentation des trappes et des trains.

De plus, les examens ont montré, à l'exclusion des tuyauteries, que les organes concernés ne présentaient pas d'indice de fuite.

Ces éléments conduisent à examiner deux scénarios possibles :

- Une fuite sur le circuit 1 puis une autre fuite apparue sur le circuit 2 lors de la sortie du train en secours.
- Une fuite sur le circuit 1 puis un transfert accidentel du liquide du circuit 2 vers le circuit 1 et la mise à l'air libre par intercommunication accidentelle des 2 circuits lors de la sortie du train en secours.

2.2.2.1. Scenario 1 : une fuite survenue sur le circuit 1 puis une autre survenue sur le circuit 2 lors de la sortie du train en secours

Compte-tenu de l'état de dégradation de l'appareil rendant impossible la détermination de l'origine de fuites survenues sur les tuyauteries et raccords, l'hypothèse de fuites indépendantes survenues successivement sur le circuit 1 puis le circuit 2 lors de la sortie du train en secours ne peut être écartée.

2.2.2.2. Scenario 2 : une fuite survenue sur le circuit 1 puis un transfert accidentel du liquide du circuit 2 vers le circuit 1 et la mise à l'air libre par intercommunication accidentelle des 2 circuits lors de la sortie du train en secours

- Les antécédents connus et l'évaluation du risque

La base de données du constructeur rapporte plusieurs antécédents, antérieurs à 1991.

- En vol :
 - 3 accidents et 2 incidents suite à une perte du circuit 1 puis du circuit 2 après une sortie du train en secours ;
 - 2 incidents suite à la perte du circuit 2 après une sortie du train en secours.

- Au sol :

3 cas observés de perte continue de liquide lors d'un essai de sortie du train en secours ou de transfert de liquide lors d'essais par des mécaniciens.

La base de données de l'exploitant rapporte un incident en 1999 au cours duquel ont été constatées la perte du circuit 1 **sans allumage du voyant HYDR1** puis la perte du circuit 2 après une sortie du train en secours poignée non repoussée.

Le seul symptôme détectable par le pilote était l'isolement des servitudes. L'allumage **HYDR2** s'est produit **après le toucher des roues, suivi d'un blocage du manche peu de temps après.**

Le risque de transfert de liquide du circuit 2 vers le circuit 1 lors de la sortie du train en secours est avéré en cas de fuite affectant le circuit 1.

- Expérience du constructeur : investigations, phénomène identifié et parades
 - Les investigations menées par le constructeur suite aux cas de transfert identifiés révèlent que les endroits possibles de transfert accidentel (points communs aux deux circuits) se situent au niveau des clapets navette, du distributeur secours et des vérins de manœuvre, mais seule une fuite interne au sein des vérins peut expliquer la rapidité des transferts.
 - Seul le phénomène de « *blow-by*¹⁸ » peut expliquer une fuite interne sans laisser la moindre trace de dégradation. Dans ce cas, les transferts peuvent être plus ou moins rapides (d'une dizaine de secondes à quelques minutes) et le débit maximum ne peut être garanti.
 - Les parades proposées :
 - Nouvelle procédure pilote (15 novembre 1990) : consistant à repousser la poignée train secours en cas de panne HYDR1 sur Mirage F1, Mirage 2000, et Alphajet. Cette procédure permet de garantir la conservation du liquide dans le circuit 2.
 - Modification des joints : abandonnée par le service technique des productions aéronautiques (STPA) suite aux délais annoncés.
 - Adjonction d'un robinet d'isolement servitudes sur le circuit 2 : rejetée en conférence technique pour des raisons de coûts et de complexité.
 - Modification des circuits hydrauliques (référence B155), validée au sol et en vol, consistant à les isoler totalement et à auto-entretenir les fuites internes éventuelles, supprimant ainsi le risque de transfert accidentel. Cette proposition, considérée comme la bonne solution par le constructeur, a été abandonnée par l'Etat en commission centrale de modification des matériels aériens de l'armée de l'air (C2M2A3) et retenue uniquement par l'Espagne.

¹⁸ Phénomène lié à la technologie des joints composites. Il est déclenché sur inversion de ΔP ou variation brutale de vitesse, et dure de quelques dixièmes de secondes à plusieurs secondes. Il cesse brusquement et le joint, intact, remplit à nouveau son office.

Seule l'évolution des procédures de secours (repousser la poignée train secours en cas de panne du circuit hydraulique 1) a été retenue. **Reposant entièrement sur l'opérateur**, elle permet néanmoins d'éviter de maintenir la pression dans le circuit trains/trappes une fois le train verrouillé bas et de garantir la conservation du liquide hydraulique dans le circuit 2.

Un phénomène particulier, le « blow-by », peut être à l'origine d'un transfert rapide de liquide hydraulique du circuit 2 vers le circuit 1 sans trace de dégradation interne des organes communs aux deux circuits.

La parade retenue -l'évolution des procédures de secours-, consistant à repousser la poignée train secours une fois le train verrouillé bas en cas de panne HYDR1 signalée, permet de garantir la conservation du liquide dans le circuit 2. Cette parade repose entièrement sur l'opérateur.

B - **HYD1** allumé

Pression SERVO 2 correcte et possibilité de pression SERVO 1 et SERVITUDES à 0.

ATTENTION

TOUTE FUITE DU CIRCUIT 2 APRES UNE SORTIE SECOURS DU TRAIN PEUT ENTRAINER RAPIDEMENT UNE PANNE HYDRAULIQUE TOTALE.

- Stabiliser à une hauteur de sécurité.
- Tester les voyants de l'indicateur de configuration.
- Vérifier le disjoncteur « Cde TRAIN » enfoncé.
- Mettre ou laisser la palette de train en position basse.
- Dégager la poignée de secours train.
- Après une rotation de 30° (anti-horaire) tirer la poignée (ouverture des trappes) attendre 3 secondes.
- Après une rotation supplémentaire de 60° (anti-horaire), tirer la poignée à fond (sortie du train).
- Dès que le train est verrouillé bas (3 vertes + 1 rouge) **REPOUSSER A FOND LA POIGNEE DE SECOURS TRAIN.**

Le train est verrouillé bas. Les trappes restent ouvertes. Le BIP est opérant.

ATTENTION

NE PAS TENTER UNE DEUXIEME MANŒUVRE DE SECOURS TRAIN.

NOTA : Le fait de repousser la poignée de secours train permet de garantir la conservation du liquide hydraulique dans le circuit 2.

Détails de la procédure de secours **HYDR1** allumé – Extrait du manuel de vol

– Synthèse sur l'hypothèse du scénario 2

L'hypothèse d'une fuite survenue sur le circuit 1 puis un transfert accidentel du liquide du circuit 2 vers le circuit 1 lors de la sortie du train en secours poignée non repoussée est probable.

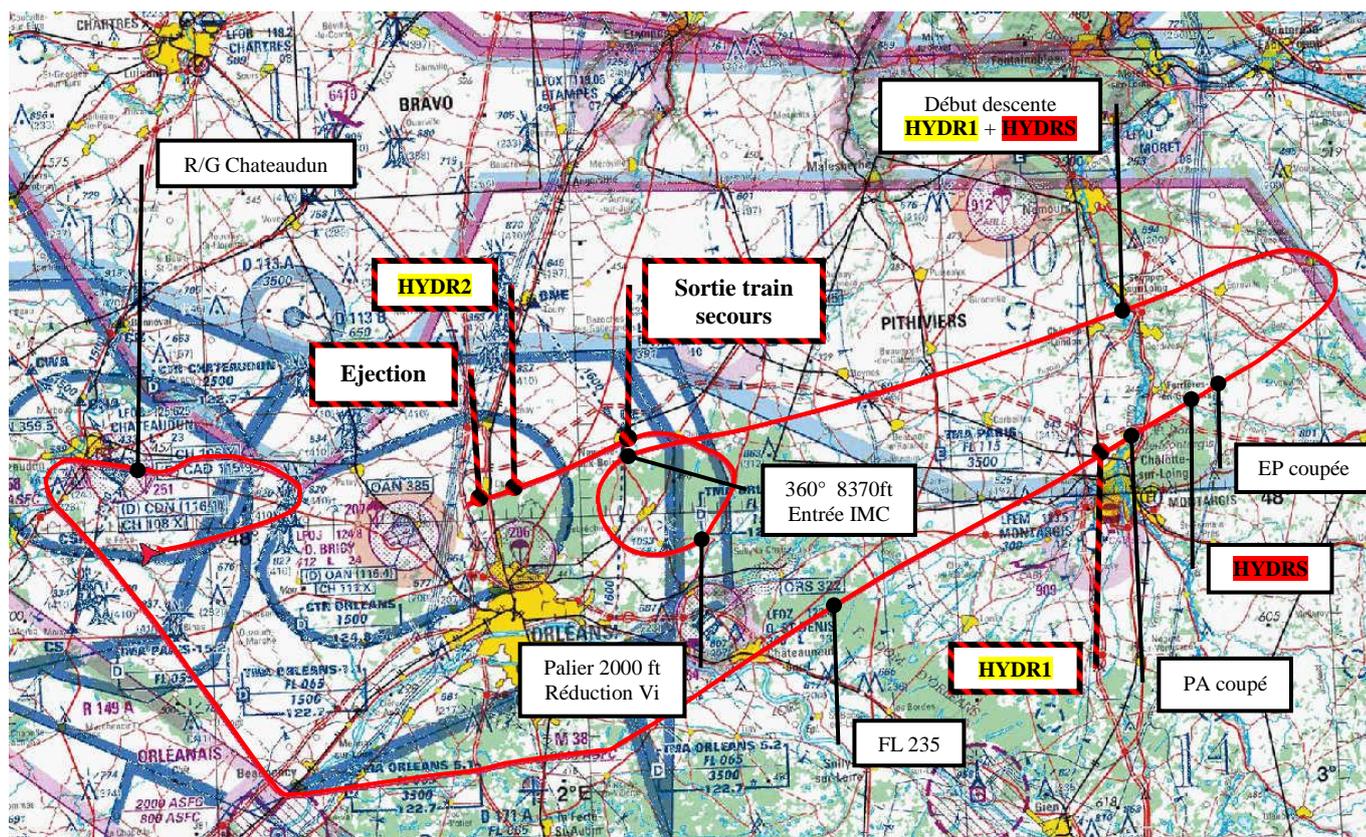
2.2.2.3. Conclusion sur le scenario possible

Compte tenu des éléments exposés supra, et bien que la possibilité d'une fuite secondaire affectant le circuit 2 lors de la sortie du train en secours ne puisse être totalement écartée, le scenario suivant explique vraisemblablement l'événement :

- Une fuite importante dont l'origine précise ne peut être déterminée, est apparue sur un raccord de tuyauterie ou une tuyauterie du circuit 1, et a provoqué rapidement sa perte de fonctionnalité.
- L'avion est resté pilotable sur le seul circuit 2.
- La perte du circuit 2, entraînant une panne hydraulique totale, est probablement consécutive à un transfert accidentel (phénomène de « *blow-by* ») apparu consécutivement à la sortie du train secours.

La position de la poignée train secours laissée tirée n'a pas permis de garantir la conservation du liquide dans le circuit 2, donc la fonctionnalité de ce dernier, et a probablement entraîné, à court terme, la perte de pilotabilité de l'appareil.

2.3. Gestion de l'événement et aspects liés aux facteurs humains



Rappel des principales étapes de la partie significative du vol

2.3.1. Analyse des faits remarquables

- Le pilote, lors de la phase de transit retour en haute altitude, observe sans aucun signe précurseur un enchaînement d'alarmes ambre et rouge lié à une avarie franche du circuit hydraulique 1. Il passe ainsi d'une situation à faible charge cognitive à une situation stressante (alarmes sonores) nécessitant un traitement à court terme. Il y répond en exécutant les premières actions prévues et en décidant sans ambiguïté un déroutement vers Orléans (moins de 90 secondes) après analyse des paramètres de la situation (position de la patrouille, connaissance de la météo rencontrée). La valeur de la pression « Servo 1 » n'est néanmoins pas contrôlée (ce contrôle nécessite d'actionner le basculeur de l'indicateur double). En vol, l'indicateur double est habituellement positionné sur « Sdes/FS », car il présente la seule indication susceptible d'alerter le pilote en cas d'isolement et donc d'indisponibilité des servitudes. Cet oubli d'une action simple traduit un état de stress.
- Une fois le déroutement décidé et débuté, le pilote décline la proposition de Carol Lima 1 de lui lire la check-list. Ce refus traduit un recentrement de l'attention sur la surveillance et le pilotage de l'appareil ainsi qu'une augmentation de l'état de stress. Dans ce contexte, l'intervention de l'autre pilote est jugée perturbatrice. De plus, Carol Lima 2, plus qualifié, pense pouvoir gérer la situation seul. Il demande une arrivée sur longue finale et la check-list est sortie.
- En cours de descente, le pilote réalise tardivement (16 Nm de la piste) qu'il se trouve trop haut par rapport au plan normal de descente (8500 pieds). En effet, la manœuvre est effectuée sans les aérofreins (servitudes hors service), tout en gardant un régime moteur habituel. De plus, l'approche de la couche nuageuse augmente encore le niveau de stress (passage en IMC avec un avion en panne). La demande de 360° est accordée et le virage est amorcé immédiatement, toujours en descente. A ce moment, le pilote ne se préoccupe plus du leader qui l'accompagne et qui le perd en visuel lors de l'entrée en couche. Il se concentre sur le pilotage aux instruments, PA déconnecté.
- La descente est stoppée à 2000 pieds, en virage, en IMC. Le pilote réduit la vitesse en palier et poursuit les actions préconisées, tout en recherchant aux instruments l'alignement au cap de la piste (il ne peut bénéficier de l'aide de l'ILS d'Orléans, hors service). La poignée train secours est tirée en deux temps à l'issue du 360°, au cap de la piste (249°). A ce moment, le pilote attend les 3 vertes (environ 9 secondes) et recherche le visuel sur la piste. Il est en inter-couche, mais sans avoir la vue du sol, et son attention est focalisée sur la tenue de trajectoire et la sortie de couche. **Le pilote perçoit les trois vertes, puis baisse la palette de manœuvre du train en oubliant de repousser la poignée train secours.** Il demande ensuite à descendre vers 1500 puis 1000 pieds. Le niveau de stress est important et son attention demeure focalisée sur le pilotage et la recherche du visuel de la piste lorsqu'il sort de la couche. Il répond à l'approche qui le positionne à 6 Nm du seuil de la piste, avant de percevoir l'allumage du voyant **HYDR2**, de ressentir ensuite un blocage du manche et de remonter dans la couche, sans avoir pu apercevoir la piste.

2.3.2. Causes possibles de l'erreur

L'erreur commise – l'oubli de repousser la poignée de train secours, voyant **HYDR1** allumé au tableau d'alarmes – est caractérisée par l'interruption d'une procédure en cours.

Plusieurs causes peuvent en être à l'origine :

- un entretien insuffisant des fondamentaux (déficit d'entraînement ; manque de représentativité du simulateur dans ce cas de panne) ;
- un niveau élevé de stress ;
- une focalisation ou perturbation de l'attention sur la tâche en cours.

2.3.2.1. Entretien des basiques

La procédure de sortie du train en secours implique de repousser la commande train secours, une fois les 3 vertes allumées, uniquement dans le cas où le voyant **HYDR1** est allumé, ce qui constitue une action particulière à ajouter dans ce cas précis lors de l'utilisation de la commande du train en secours¹⁹.

Cette particularité est connue de l'ensemble de la population navigant sur Mirage F1, et du pilote en particulier, qualifié SCP et apte à l'instruction des pilotes moins qualifiés. Elle fait partie intégrante d'une séquence automatisée, apprise **lors de la transformation sur l'appareil**, mais doit être ancrée par un entraînement régulier au simulateur. Cet entraînement n'est réalisable que lors des périodes de stabilité dans l'unité.

Or, le planning du pilote pour l'année en cours révèle que ces périodes sont assez espacées entre les détachements opérationnels. En particulier, le pilote est resté 4 mois absent de son unité, suite à une campagne en Afghanistan, au cours de laquelle l'activité est dense, mais centrée en majorité sur un même type de mission.

En l'occurrence, le pilote s'est « mis à jour » de l'entraînement au simulateur au retour, en enchaînant les séances CAPS, SPAN1 et SPAN2 en mars 2010. Seule la séance SPAN1 a permis de revoir, le 16 mars 2010, les pannes hydrauliques, dont la panne hydraulique1 (dont le pilote a exécuté la procédure sans écart).

Les CPIPN²⁰ préconisent que ces trois séances, formant un « socle obligatoire » sanctuarisé, soient réparties harmonieusement sur 12 mois, et que l'activité optimale (ajustée en fonction du plan de charge), pour un pilote SCP, comprenne une séance de pannes tous les deux mois.

La séance précédente relative aux exercices de pannes remontait à octobre 2009.

De plus, les pilotes demandent généralement à revoir les cas de pannes sur lesquelles il existe un retour d'expérience, en particulier l'isolement des servitudes. L'entraînement à la panne hydraulique 1 ou à l'isolement des servitudes, au choix, est prévu dans le programme des missions SPAN. Or, l'isolement simple des servitudes implique une sortie du train en secours sans nécessité de repousser la poignée.

¹⁹ La sortie du train en secours s'effectue en deux temps, en laissant la commande en position tirée.

²⁰ CPIPN CFA titre B10 – édition mars 2009.

Ainsi, en fonction du calendrier d'activité, l'entraînement au simulateur peut revêtir un caractère aléatoire pour certains types de pannes et ne peut garantir un entretien suffisant de la connaissance de certains basiques, en particulier des conséquences de ce cas de panne rencontré par le pilote.

Par ailleurs, le simulateur ne permet pas de représenter l'urgence de repousser la poignée train secours en cas de panne hydraulique¹. Le moniteur du simulateur peut sanctionner cette action en cas d'oubli, mais le temps de réaction n'est pas calibré et ne marque pas l'esprit du pilote entraîné dans le sens de l'urgence sans l'intervention du moniteur simulateur.

Le simulateur ne représente pas de manière réaliste les conséquences du maintien de la poignée train secours tirée dans le cas particulier de la panne hydraulique 1.

L'entraînement irrégulier aux différents types de pannes, dû au plan de charge, et le manque de représentativité du simulateur dans le cas particulier de la panne hydraulique¹, fragilise l'ancrage de certains basiques et des automatismes cognitifs.

2.3.2.2. Niveau de stress

L'enchaînement soudain et rapide auquel est confronté le pilote, à partir d'une situation sereine à faible charge cognitive (fin de mission, transit retour en haute altitude) génère un niveau de stress qui augmente graduellement.

L'évolution de l'état de stress est révélé par :

- L'oubli de contrôle des pressions des circuits 1 et 2 sur l'indicateur double ;
- Le refus de l'aide proposée par le pilote de l'avion leader (alors que plusieurs situations de problèmes fictifs du numéro 2 ont été gérées par le leader auparavant à titre d'entraînement) et l'absence de consigne donnée à l'autre appareil ;
- La focalisation de l'attention sur le pilotage de l'appareil et la gestion de la trajectoire en cours de descente sans se préoccuper de l'autre avion qui l'accompagne lors de l'entrée dans la couche.

Lors de l'entrée en couche, le pilote mentionne lors de son témoignage l'apparition d'un état de stress important qui lui rappelle le dernier antécédent de panne hydraulique (isolement des servitudes) vécu deux mois auparavant en Afghanistan. La gestion de cet événement impliquait une sortie du train en secours sans repousser la poignée. Il est possible que, soumis à un stress important, le pilote ait fait inconsciemment appel à des routines antérieures inadaptées à la situation présente.

**Le pilote a été soumis à un stress inhérent à l'apparition de la panne hydraulique¹, et dont l'intensité a augmenté lors de l'entrée en IMC en descente.
Il est possible que l'intensité de ce stress ait favorisé la réactivation d'un schéma mental vécu antérieurement l'ayant conduit à exécuter automatiquement une séquence inadaptée au cas rencontré.**

2.3.2.3. Focalisation ou perturbation de l'attention sur la tâche en cours.

Le train est sorti en secours en IMC à 2000 pieds de hauteur et une quinzaine de Nm du terrain d'Orléans. La configuration de l'avion change et le pilote focalise son attention sur le pilotage et la tenue de trajectoire sur l'axe, tout en recherchant le visuel du sol et de la piste. Dans ce contexte, l'attention est clairement portée sur la tâche prioritaire, en déléstant tout autre automatisme, telle la sortie du train en secours, dont la séquence peut durer environ 9 secondes. La sortie de la couche a probablement incité le pilote à rechercher pendant ce laps de temps le visuel de la piste, le détournant d'un processus d'actions vitales en cabine.

Une focalisation de l'attention sur le pilotage de l'appareil en IMC et la recherche du visuel de la piste en inter-couche ont probablement contribué à l'exécution incomplète de la séquence de sortie du train en secours adaptée à la situation.

2.3.3. Conditions n'ayant pas permis d'éviter l'erreur

2.3.3.1. Aide de l'autre membre de la patrouille

Sous l'effet du stress, et alors qu'il est en train de gérer sa descente, le pilote décline la proposition de Carol Lima 1 de lui lire la check-list. Dès lors, il est dans l'état d'esprit de gestion de la situation en avion isolé, et ne donne aucune consigne à l'autre membre de la patrouille qui l'accompagne. De plus, la dissociation accidentelle de la patrouille lors de l'entrée en couche prive définitivement le pilote de toute aide ultérieure.

Par ailleurs, lors des antécédents de pannes hydrauliques vécus, le pilote a géré la situation seul.

Ainsi, le pilote n'a pu bénéficier du rappel par le leader de l'item mentionnant de repousser la poignée train secours, ce qui aurait peut être permis d'éviter d'exécuter la procédure de sauvegarde de manière incomplète.

Le pilote en état de stress ayant décliné l'aide de Carol Lima 1, n'a pu bénéficier du rappel de la procédure.

2.3.3.2. Accessibilité de la procédure dans le mémento pilote

Le pilote a mentionné avoir sorti et positionné la check-list sur la jambe gauche, mais ne l'a probablement pas consultée avec attention à fortiori en IMC, devant assurer le pilotage et la tenue de trajectoire avec le PA déconnecté. La procédure est vraisemblablement exécutée de mémoire (oubli de contrôler les pressions servo1 et 2).

Dans le cas présent, le pilote a observé la série de voyants **HYDR1**, **EP**, **HYDRS** et probablement **ARTH** + **SERVO** + **EMP** + **DIR**.

Si le pilote utilise le mémento, il recherche l'onglet qui correspond le plus aux symptômes rencontrés. Or, tenter de faire correspondre un cas figé avec une séquence dynamique et évolutive est consommateur de temps et occulte l'analyse de la panne, pourtant nécessaire dans le cas présent.

La priorité est donnée au traitement des voyants rouges, soit **EP**, **HYDRS** (alors que ce sont des conséquences de la panne initiale).

L'onglet correspondant²¹ (section S19) renvoie à la procédure **HYDR1**, située sur une autre page (onglet **HYDR1**; **HYDR2**), ce qui nécessite de manipuler le mémento dans les conditions décrites supra.

Seule la page de la procédure **HYDR1** mentionne de repousser la poignée train secours dès l'obtention des trois vertes.

La particularité liée à l'allumage **HYDR1** est également rappelée sur une autre page traitant des incidents de manœuvre des trains.

Ainsi, la procédure complète mentionnant explicitement de repousser la poignée train secours n'est pas directement accessible par une lecture rapide sans analyse et cheminement entre différents onglets et manipulation des pages.

Bien que répondant à la multiplicité des cas de pannes hydrauliques possibles, cette présentation à « tiroirs » n'est pas exploitable rapidement dans une situation dynamique et dégradée (traitement d'une panne en pilotage manuel sur monoplace et en IMC).

Le pilote n'a pu bénéficier de l'aide du mémento par manque d'accessibilité de la procédure adaptée en situation dynamique et dégradée.

2.3.4. Synthèse sur la gestion de l'événement et des aspects liés au facteur humain

Confronté à un enchaînement rapide d'alarmes ambre et rouge lié à une avarie franche du circuit hydraulique 1 sans signe précurseur, le pilote répond à la situation en décidant sans ambiguïté de dérouter la patrouille vers Orléans (moins de 90 secondes) après analyse des paramètres de la situation.

Lors du déroutement, l'oubli de contrôle des pressions et la propension à gérer la situation en solitaire sont révélateurs d'un état de stress s'aggravant lors de l'entrée en IMC en descente.

A l'approche de la piste, lors de la sortie du train en secours **HYDR1** allumé, l'oubli de repousser la poignée train secours trouve ses origines dans un entretien insuffisant des basiques dans le calendrier opérationnel, par un entraînement minimal irrégulier et un manque de représentativité du simulateur dans le cas de la panne rencontrée.

Le mécanisme de cette erreur dans l'événement – l'exécution incomplète d'une procédure – procède d'une augmentation du niveau de stress en conditions IMC ayant pu favoriser inconsciemment la réactivation de schémas mentaux antérieurs, ainsi que d'une focalisation de l'attention sur le pilotage en IMC et la perturbation d'un processus d'actions vitales en cabine par recherche du visuel à l'approche de la piste.

Enfin, les barrières qui auraient pu permettre au pilote d'éviter cette erreur n'ont pas fonctionné : le rappel de la procédure par l'autre membre de la patrouille, décliné par le pilote

²¹ Extraits du mémento pilote présentés en annexe 4.

en état de stress, ainsi que l'aide du memento par manque d'accessibilité de la procédure de traitement adaptée en situation dynamique et en conditions dégradées.

2.4. Équipements de survie : endommagement du harnais parachute

Lors de l'examen du harnais parachute, il a été constaté la rupture de l'élévateur arrière droit, expliquant probablement l'impossibilité pour le pilote de résoudre le vrillage des suspentes et d'orienter sa voilure durant la descente (planche photos en annexe 4).

Ce type d'endommagement n'a jamais été observé auparavant, tant par le centre d'essais en vol de Cazaux, qui certifie les sièges éjectables, que par le fabricant du siège.

Ce harnais a donc fait l'objet d'une expertise par la DGA afin d'identifier les causes de la rupture de l'élévateur arrière droit.

Les conclusions de l'expertise révèlent des traces d'échauffement important et localisé à l'endroit de la rupture, et une rupture de la sangle de l'élévateur en deçà de ses caractéristiques mécaniques initiales.

Des traces d'échauffement visibles sur l'appui-tête dans la zone de rupture attestent que les sangles étaient solidaires et en place sur l'appui-tête du siège.

L'origine de cet échauffement ayant diminué la résistance mécanique de la sangle n'a pu être déterminée.

L'endommagement du harnais parachute est probablement lié à un échauffement localisé peut être dû à un contact de la sangle avec des parties chaudes au début de la séquence d'éjection.

La cause précise de cet échauffement demeure indéterminée.

3. CONCLUSION

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

- Le pilote a été confronté à des symptômes caractérisant une panne du circuit hydraulique principal sans aucun signe précurseur, en profil stabilisé en haute altitude, après environ 01 h 16 mn de vol.
- Le pilote témoigne d'un comportement normal des systèmes de l'appareil depuis la mise en route jusqu'à l'apparition des premiers symptômes de panne HYDR1 en cabine.
- L'entretien de l'appareil est conforme au plan de maintenance en vigueur dans l'armée de l'air.
- Les examens effectués sur les organes des circuits hydrauliques n'ont révélé aucune anomalie ou indice de dysfonctionnement antérieur à l'impact au sol, à l'exception de la bache du circuit 1, vide lors de l'impact au sol de l'appareil.
- La panne hydraulique 1 a été définitive et est restée signalée en cabine.
- L'appareil est resté pilotable environ treize minutes depuis l'apparition des premiers symptômes de panne hydraulique 1 jusqu'aux symptômes de panne hydraulique 2.
- La signalisation de panne hydraulique 2 est survenue après la sortie du train en secours, dont la poignée n'a pas été repoussée.
- Les actions du pilote sur les commandes de vol sont devenues difficiles et inefficaces (sensation de manche bloqué), consécutivement à une panne hydraulique totale.
- La conservation du liquide du circuit hydraulique 2 n'est pas garantie si la poignée train secours n'est pas repoussée en cas de panne hydraulique 1 (le risque de transfert accidentel de liquide est avéré).
- L'interruption du vol et le déroutement ont été décidés dès l'apparition des symptômes de la panne du circuit hydraulique 1.
- La patrouille s'est dissociée lors de l'entrée dans une couche nuageuse au cours de la descente vers l'aérodrome de déroutement.
- Le pilotage et la trajectoire en descente ont été gérés par le pilote en avion isolé, en IMC.
- L'éjection a été décidée consécutivement à la perte de pilotabilité.

3.2. Mécanisme de l'événement

Le pilote a été confronté à la défaillance successive des circuits hydrauliques de l'appareil en deux phases distinctes :

La première phase correspond à l'apparition d'une fuite importante sur le circuit hydraulique 1, probablement au niveau d'une tuyauterie ou d'un raccord, et conduisant en moins de deux minutes à la perte de fonctionnalité de ce dernier. L'origine précise de cette fuite demeure indéterminée.

Cette défaillance n'a néanmoins pas remis en cause la pilotabilité de l'avion à court terme.

La deuxième phase correspond à la perte de liquide du circuit 2, probablement par transfert accidentel vers le circuit 1 provoqué par un phénomène de « *blow-by* » au niveau d'un joint composite d'un organe commun aux deux circuits, entraînant en moins de deux minutes la perte de fonctionnalité du circuit 2.

Conduisant à la perte de pilotabilité de l'appareil par manque de puissance hydraulique, elle s'est déclenchée après la sortie du train en secours poignée non repoussée.

3.3. Causes de l'événement

En l'absence de défaillance identifiée sur les organes susceptibles d'être à l'origine de la séquence observée, la perte de pilotabilité de l'appareil résulte probablement de l'oubli de repousser la commande du train secours en panne hydraulique 1 lors de la gestion de la panne initiale.

Les causes de cet événement relèvent donc principalement des facteurs humains.

Cette erreur humaine résulte probablement :

- d'un entretien insuffisant des bases des opérateurs pour des raisons de plan de charge, caractérisé par un entraînement minimal irrégulier au simulateur et un manque de représentativité de celui-ci dans le cas de la panne rencontrée ;
- de la perte des ressources de la patrouille par la déclinaison, sous état de stress, de l'aide proposée par le pilote de l'autre appareil (lecture de la check-list) ;
- du manque d'accessibilité dans la check-list de la procédure de traitement adaptée en situation dynamique et en conditions dégradées ;
- d'un niveau élevé de stress accentué par les conditions IMC ayant pu favoriser inconsciemment la réactivation de schémas mentaux antérieurs issus d'antécédents vécus ;
- d'une focalisation de l'attention sur le pilotage en monoplace et en IMC ainsi que d'une perturbation d'un processus d'actions vitales en cabine par la recherche du visuel en approche de la piste.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Préambule

La perte de pilotabilité de l'appareil est probablement la conséquence d'un transfert accidentel de liquide rendu possible par un oubli dans l'application de la procédure en cours, donc d'une erreur humaine dont les raisons probables ont été expliquées précédemment.

Cependant, il convient de garder à l'esprit que le risque de transfert accidentel de liquide hydraulique du C2 vers le C1 était identifié depuis 1990 et que le constructeur avait proposé une modification technique consistant à rendre le système robuste face à ce risque.

Le choix de l'époque de retenir la modification des procédures mais pas la modification technique a conduit à accepter le risque et à le transférer au niveau de l'opérateur.

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

4.1.1. Entretien des basiques

L'entretien de certains automatismes cognitifs face aux pannes éventuelles repose entièrement sur des séances d'entraînement spécifiques sur simulateur.

La régularité de ces séances doit prévaloir pour garantir un ancrage suffisant des automatismes.

Cet entraînement est défini dans les CPIPn qui définissent trois séances (CAPS, SPAN1, SPAN2) comme socle obligatoire.

Les CPIPn préconisent également que ces trois séances soient réparties harmonieusement sur 12 mois, et que l'activité optimale, pour un pilote SCP, comprenne une séance de pannes tous les deux mois.

Ainsi, les consignes permanentes préconisent une régularité de l'entraînement, tout en autorisant des ajustements liés au plan de charge de chaque PN.

L'évolution des contraintes liées au plan de charge des pilotes tend à réduire l'entraînement au seul socle obligatoire dans l'année.

En conséquence,

Le BEAD-air attire l'attention de l'armée de l'air sur la fragilité du processus d'entretien des basiques induits par l'évolution des contraintes liées au plan de charge des pilotes.

4.1.2. Représentativité du simulateur

Le simulateur ne permet pas de reproduire automatiquement un enchaînement de pannes hydrauliques conduisant à un blocage ou une inefficacité des commandes. Dans le cas de la panne **HYDR1**, si la procédure de sortie de train associée est exécutée de manière incomplète (poignée train secours non repoussée sitôt l'obtention des trois vertes), le moniteur doit le rappeler au pilote ou déclencher manuellement une panne **HYDR2** pour sanctionner l'oubli. Le temps laissé au pilote pour repousser la poignée train secours et réagir n'est pas calibré et dépend du jugement du moniteur simulateur.

Ainsi, le manque de réalisme de l'entraînement sur simulateur dans ce cas particulier ne permet pas de marquer l'esprit des pilotes sur l'importance de réduire au maximum le délai d'exécution de cette action dès l'obtention des trois vertes, en regard des risques identifiés.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air, de faire évoluer le réalisme et la pédagogie de l'entraînement au simulateur dans le cas des pannes hydrauliques en sensibilisant les moniteurs de simulateurs Mirage F1 et les équipages sur les risques potentiels d'oubli ou d'exécution retardée de certains items vitaux.

4.1.3. Gestion des ressources de la patrouille

Le pilote, en état de stress, décline la proposition de lecture de la check-list par l'autre membre de la patrouille en cours de déroutement vers Orléans, car jugée inopportune ou perturbatrice, et gère la descente vers Orléans en avion isolé, jusqu'à la dissociation accidentelle de la patrouille en entrée de couche, sans plus donner d'indication à Carol Lima 1.

Il s'écoule plus de trois minutes depuis le début de descente jusqu'à l'entrée dans la couche.

Cette lecture, faite en ciel clair durant cet intervalle, aurait peut être permis au pilote d'éviter l'erreur commise en finale.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air de rappeler aux équipages, à la lumière de cet événement, toute l'importance du maintien de la synergie de patrouille lors de la gestion de pannes.

4.1.4. Présentation de la procédure de panne hydraulique 1 dans le mémento pilote

Seule la page correspondant à l'onglet **HYDR1** fait mention de l'obligation de repousser la poignée train secours.

L'information indiquant le caractère exceptionnel de repousser cette poignée est également mentionnée dans le cas d'une sortie de train en secours, mais plusieurs pages plus loin dans le mémento.

Les autres onglets de pannes hydrauliques incluant des combinaisons de voyants ambre et rouge renvoient à la page **HYDR1**, sans rappeler cette action.

Or, le pilote confronté au cas observé cherchera l'onglet correspondant le plus à la situation finale, et n'aura pas sous les yeux le rappel de cet item sans être obligé de tourner les pages, augmentant la charge consacrée au pilotage aux instruments sans PA.

Cette action étant particulière à ce type de panne, elle sort de l'exécution habituelle d'une manœuvre du train en secours. Les risques d'oubli par le pilote en état de stress sont donc réels.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air que l'item mentionnant de repousser la poignée train secours soit répété de manière saillante dans le mémento à chaque renvoi vers la procédure « HYDR1 ».

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

4.2.1. Résolution de fuites sur les circuits hydrauliques

Il a été mis en évidence que les interventions sur des fuites au niveau de raccords de tuyauteries par resserrage d'écrous ne sont pas répertoriées avec précision sur le compte-rendu d'intervention.

Selon les témoignages, ceci s'explique par la difficulté à localiser une telle fuite dont la source peut être éloignée de l'endroit d'écoulement du liquide à l'extérieur de la cellule, et de surcroît difficile d'accès pour l'opérateur.

Répertorier l'endroit précis et la référence du raccord « traité » nécessite une recherche documentaire consommatrice de temps dans un contexte souvent contraint.

Cependant, l'absence de traçage précis (en termes de référence de l'élément traité) des interventions dans la documentation de suivi peut entraîner des resserrages successifs sur un même raccord et provoquer à terme une fragilisation par striction des tuyauteries et écrasement des bagues d'étanchéité (GCB 111-07 section 0-105), augmentant le risque d'occurrence de nouvelles fuites.

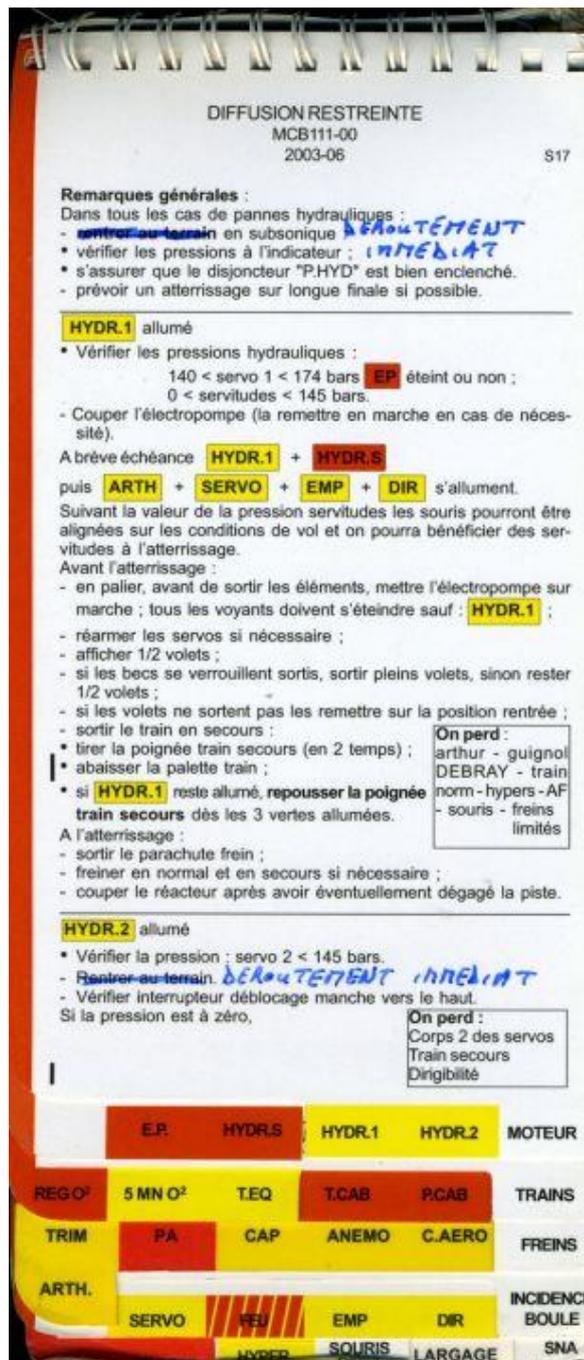
En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air de sensibiliser les opérateurs des ESTA sur l'importance de la précision des comptes-rendus d'intervention dans la documentation de suivi des aéronefs, en particulier en termes de références permettant d'identifier l'élément traité sur un circuit hydraulique.

4.2.2. Modifications du mémento pilote

Il a été constaté des modifications, dont certaines manuscrites, dans les mémentos, en particulier au chapitre des pannes hydrauliques :

En préambule des actions communes à faire dans tous les cas de pannes hydrauliques, ainsi que dans le cas de panne **HYDR2**, l'item « rentrer au terrain », est rayé et remplacé de manière manuscrite par « déroutement immédiat ». Cette modification, décidée et formalisée en 2004 au niveau du commandement d'emploi, a été réalisée sur les mémentos par les cellules SV des unités.



Mémento partiellement modifié

L'exécution de modifications par les unités, en particulier de manière manuscrite, peut induire le risque de perte de standardisation de la documentation équipage.

De plus, l'enquête a révélé qu'il était difficile de retracer un historique du contenu des mises à jour successives des mémentos, tout au moins au niveau des unités.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air :

- **d'éviter l'exécution de modifications de la documentation équipage au niveau des unités et de faire réaliser celles-ci par un échelon central.**
- **de veiller à la traçabilité des modifications effectuées et d'en transmettre l'historique exhaustif dans les cellules SV des unités.**

4.2.3. Prise en charge du pilote éjecté aux urgences d'un hôpital

Le pilote a été acheminé depuis le site d'accident par les moyens du SDIS aux urgences d'un hôpital civil, en coordination avec le service médical de la BA123.

Le médecin du SDIS a signalé la nécessité d'un bilan radiographique comprenant radiographies et tomodensitométrie du rachis. L'urgence vitale n'ayant pas été déterminée par les urgences, le pilote a subi un bilan radiographique simple et a été vu par un médecin plusieurs heures après son admission aux urgences. Le médecin de la BA123, qui ne l'avait pas accompagné, s'est enquéri de son état par téléphone et, constatant les délais de prise en charge, a dû réaffirmer les conséquences potentielles d'une éjection et la nécessité d'un bilan complet.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la direction du service de santé des armées, de sensibiliser les services médicaux militaires impliqués dans l'évacuation d'un équipage éjecté vers une structure hospitalière civile de l'importance de s'assurer, dans la mesure du possible, de l'accompagnement et du suivi des blessés afin de limiter autant que possible les délais de prise en charge et l'impact psychologique éventuel.

4.2.4. Équipements de survie : harnais parachute

Il a été constaté que le harnais parachute avait probablement été endommagé par un échauffement localisé dont l'origine n'a pas pu être déterminée. Cette explication n'exclut pas les effets du vieillissement du textile qui peut être fragilisé par une exposition prolongée aux fortes radiations solaires fragilise également le textile.

Cet ensemble harnais a été fabriqué en 2002 et installé sur treize sièges éjectables différents. Le constructeur recommande une limite de vie de ses harnais en utilisation et en stockage de 10 ans réduite à **6 ans pour tous les harnais installés dans les zones à fortes radiations solaires** (document Martin Baker MBSIL 190).

Le catalogue A-CAHX-01-X fixant la limite de vie des équipements sécurité sauvetage intègre cette recommandation pour le nouveau harnais dit 4^{ème} génération (installé sur les sièges éjectables MK10L remplaçant le MK4 sur alphajet) et en cours d'expérimentation sur MK10Q (Mirage 2000), **mais pas pour les anciens harnais référencés 99S2 (MK10Q actuel sur Mirage 2000 et MK10 M sur Mirage F1).**

Ainsi, la recommandation du constructeur concernant la limite de vie des harnais n'est pas prise en compte pour les anciens harnais 99S2. Aucun suivi d'exposition des harnais utilisés dans les zones à fortes radiations solaires n'est réalisé jusqu'à présent.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air :

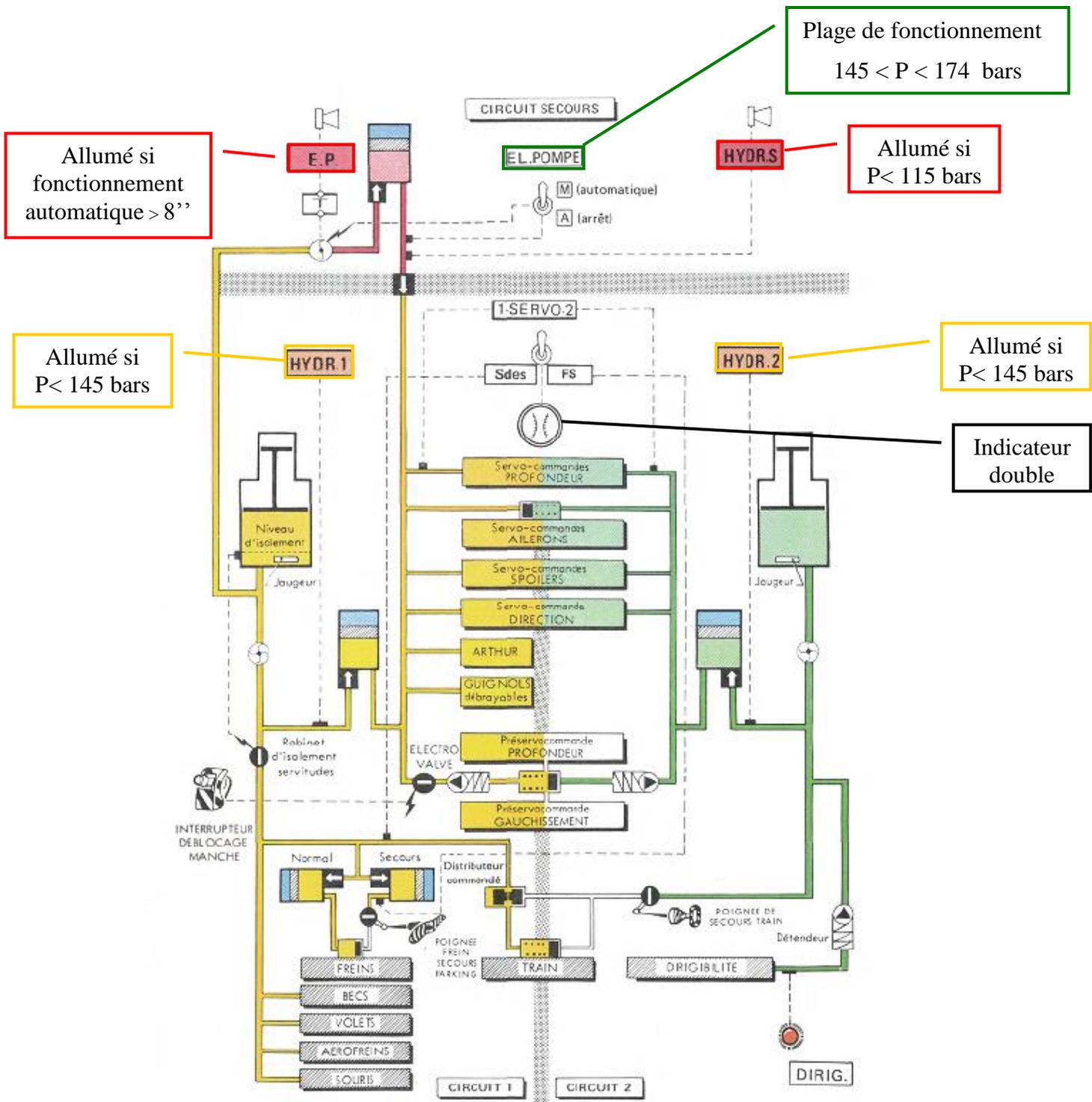
- **De prendre en compte la recommandation du constructeur concernant la limite de vie des harnais exposés aux fortes radiations solaires pour l'ensemble des harnais en service.**
- **De mettre en place une procédure de suivi du vieillissement des harnais selon leur exposition aux fortes radiations solaires.**

ANNEXES

ANNEXE 1	Circuits hydrauliques du Mirage F1 : schéma de principe.....	52
ANNEXE 2	Fonctionnement du circuit secours train et de la poignée secours	53
ANNEXE 3	Organes hydrauliques examinés	54
ANNEXE 4	Onglets relatifs aux pannes hydrauliques (extraits du mémento pilote MCB 111-00 S17 et S18).....	55
	Onglets relatifs aux pannes hydrauliques et aux incidents de trains (extraits du mémento pilote MCB 111-00 S19 et S21).....	56
ANNEXE 5	Planches photos de l'endommagement du harnais parachute	57

ANNEXE 1

Circuits hydrauliques du Mirage F1 : schéma de principe.



ANNEXE 2

Fonctionnement du circuit secours train et de la poignée secours

L'action de tirer la poignée de secours train entraîne :

- La coupure de l'alimentation hydraulique provenant du circuit 1 vers le distributeur,
- La coupure de l'alimentation électrique du circuit de commande normal,
- Le maintien de la pression du circuit 2 en permanence dans le distributeur de commande train.

L'action de repousser la poignée de secours train entraîne :

- Le retour de l'alimentation du distributeur par le circuit 1,
- Le retour de l'alimentation électrique du circuit de commande normal,
- La coupure de la pression vers le distributeur de commande train (pour éviter le risque de transfert du C2 vers le C1 via le distributeur par phénomène de « *Blow-by* »).

L'événement redouté est **un relevage intempestif du train d'atterrissage** dans les deux cas suivants ayant amené à sortir le train en secours :

- Un blocage mécanique d'un tiroir de distributeur trains sur position relevage : si le voyant **HYDR1** est éteint, on estime que la pression dans le circuit 1 est suffisante pour provoquer le relevage du train. La poignée de train secours est maintenue tirée afin d'isoler le distributeur incriminé du circuit 1 et d'empêcher tout relevage intempestif du train.
- Une panne électrique dans le circuit de commande interne de trains (ex : panne du contact électrique intermittent). La poignée de train secours est maintenue tirée afin d'isoler le circuit de commande normal et d'empêcher tout relevage intempestif du train suite à un problème électrique du circuit de commande normal.

En cas de dysfonctionnement impliquant une sortie du train en secours, le pilote ne sachant pas si la cause est d'origine hydraulique ou électrique, il lui est demandé, lorsque le voyant **HYDR1** est éteint, de ne pas repousser la poignée de train secours afin d'éviter tout relevage intempestif du train.

Ainsi, seul le cas où le voyant **HYDR1** est allumé impose de repousser la poignée train secours.

Le circuit de secours du train d'atterrissage et le fonctionnement de la poignée secours sont similaires sur les avions Mirage F1, Mirage 2000 et Alphajet.

ANNEXE 3

Organes hydrauliques examinés

1. Génération hydraulique

- Bâche hydraulique du circuit 1
- Élément de tuyauterie
- Pompe circuit 1
- Pompe circuit 2
- Electropompe
- Filtre retour basse pression
- Bloc raccord
- Clapet de surpression basse pression circuit 1
- Clapet de surpression

2. Chaîne de profondeur

- Pré servocommande de profondeur
- Servocommandes de profondeur gauche et droite
- Electro distributeur double servocommande de profondeur

3. Chaîne de gauchissement

- Pré servocommande de gauchissement
- Clapets double alimentation gauchissement

4. Circuit trains / trappes

- Vérin de contrefiche avant
- Boîte à clapets du vérin de manœuvre train avant
- Distributeur à commande hydraulique
- Boîtes à clapets des vérins de manœuvre du train principal droit et du train principal gauche
- Distributeur train secours
- Clapets navettes des vérins de trappes train avant et trains principaux
- Vérins de trappes des trains auxiliaire et principaux
- Clapets commandes de mise à l'air libre
- Electro distributeur trains
- Boîtiers d'accrochage des atterrisseurs
- Vérins des atterrisseurs
- Vérins de déverrouillage des trappes des atterrisseurs auxiliaire et principaux

5. Circuit becs et volets

- Vérins de becs basculants gauche et droit

ANNEXE 4

Onglets relatifs aux pannes hydrauliques (extraits du mémento pilote MCB 111-00 S17 et S18)

DIFFUSION RESTREINTE
MCB111-00
2003-06 S17

Remarques générales :
Dans tous les cas de pannes hydrauliques :
- rentrer au terrain en subsonique ;
• vérifier les pressions à l'indicateur ;
• s'assurer que le disjoncteur "P.HYD" est bien enclenché.
- prévoir un atterrissage sur longue finale si possible.

HYDR.1 allumé

- Vérifier les pressions hydrauliques :
140 < servo 1 < 174 bars **EP** éteint ou non ;
0 < servitudes < 145 bars.

- Couper l'électropompe (la remettre en marche en cas de nécessité).

A brève échéance **HYDR.1** + **HYDR.S**
puis **ARTH** + **SERVO** + **EMP** + **DIR** s'allument.
Suivant la valeur de la pression servitudes les souris pourront être alignées sur les conditions de vol et on pourra bénéficier des servitudes à l'atterrissage.

Avant l'atterrissage :

- en palier, avant de sortir les éléments, mettre l'électropompe sur marche ; tous les voyants doivent s'éteindre sauf : **HYDR.1** ;
- réarmer les servos si nécessaire ;
- afficher 1/2 volets ;
- si les becs se verrouillent sortis, sortir pleins volets, sinon rester 1/2 volets ;
- si les volets ne sortent pas les remettre sur la position rentrée ;
- sortir le train en secours :
- tirer la poignée train secours (en 2 temps) ;
- abaisser la palette train ;

On perd :
arthur - guignol
DEBRAY - train
norm - hypers - AF
- souris - freins
limités

- si **HYDR.1** reste allumé, repousser la poignée train secours dès les 3 vertes allumées.

A l'atterrissage :

- sortir le parachute frein ;
- freiner en normal et en secours si nécessaire ;
- couper le réacteur après avoir éventuellement dégagé la piste.

HYDR.2 allumé

- Vérifier la pression ; servo 2 < 145 bars.
- Rentrer au terrain.
- Vérifier interrupteur déblocage manche vers le haut.

Si la pression est à zéro,

On perd :
Corps 2 des servos
Train secours
Dirigibilité

E.P.		HYDR.S	HYDR.1	HYDR.2	MOTEUR
REG O ²	5 MN O ²	T.EQ	T.CAB	P.CAB	TRAINS
FREINS					
SERVO		REL	EMP	DIR	
VAN.D	MODUL	HYPER	SOURIS DIRIG	LARGAGE RADIO	SNA RADAR

S17: onglet procédures **HYDR1** et **HYDR2**

Mention de repousser la poignée

E.P. allumé en permanence +

- Pression servo 1 normale.
- Tester le tableau de pannes.

Si tous les autres voyants sont bons et éteints :
- couper l'électropompe ; ne l'utiliser qu'en cas de besoin.

HYDR.S allumé +

- Vérifier disjoncteur "E.P." enfoncé.
- Vérifier interrupteur "EL. POMPE" sur marche.

HYDR.S reste allumé +

- Couper l'électropompe ; ne plus l'utiliser.

HYDR.S + **E.P.** allumés +

- Pressions normales.
- Il y a fuite sur le circuit secours.
- Couper l'électropompe ; ne plus l'utiliser.
- Surveiller servo 1 et servitudes.

HYDR.1 + **HYDR.S** allumés + et **ARTH** + **SERVO** + **EMP** + **DIR** allumés.

- Pression 0 < servo 1 < 115 bars
0 < servitudes < 145 bars
- Vérifier le disjoncteur "E.P." enfoncé.
- Vérifier l'électropompe sur marche.

Si **HYDR.S** s'éteint, appliquer la procédure **HYDR.1** allumé.

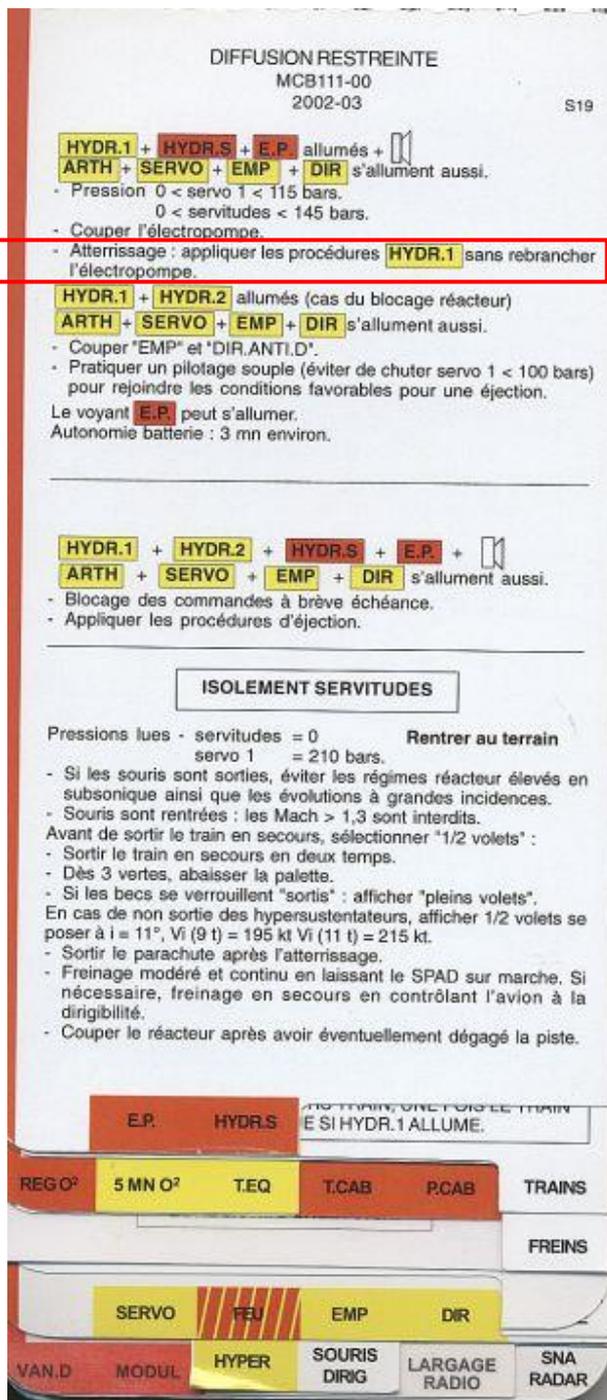
Si **HYDR.S** reste allumé, avec **E.P.** allumé ou non ;
- appliquer la procédure de **HYDR.1** + **HYDR.S** + **E.P.** allumés +

2002-03
MCB111-00
DIFFUSION RESTREINTE S18

S18: verso de l'onglet procédures **HYDR1** et **HYDR2**

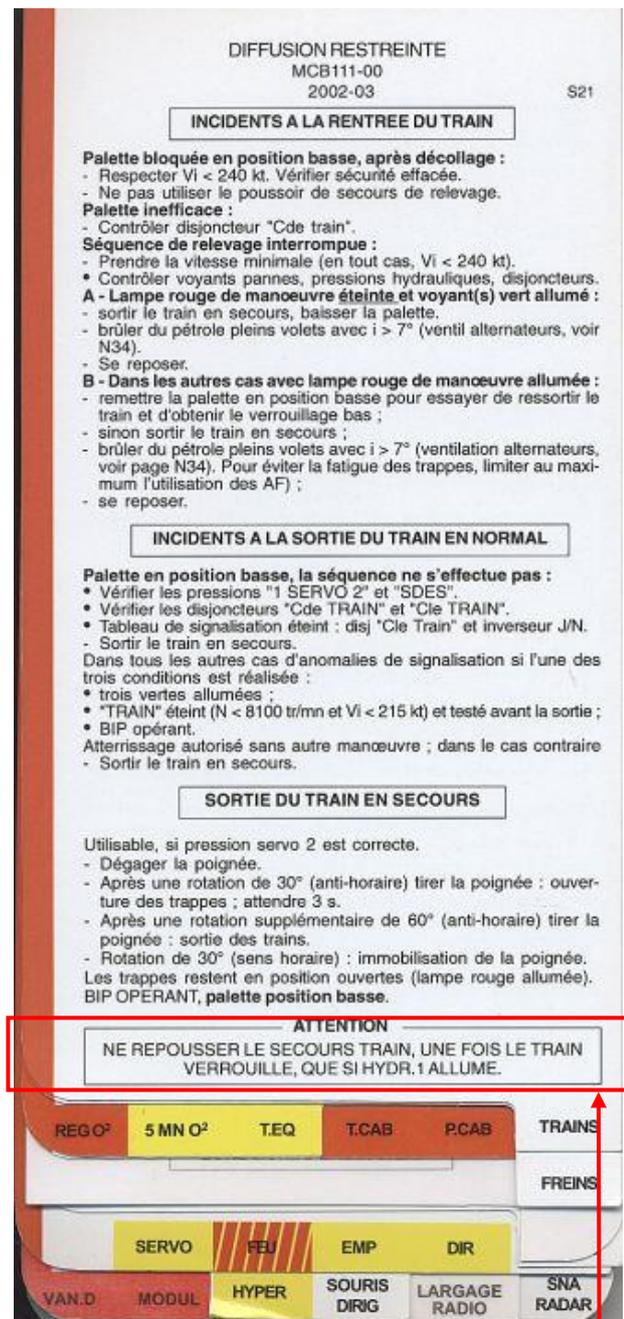
Renvoi vers la procédure **HYDR1** au recto

Onglets relatifs aux pannes hydrauliques et aux incidents de trains (extraits du mémento pilote MCB 111-00 S19 et S21)



S19: onglet procédures **EP** et **HYDRS**

Renvoi vers la procédure **HYDR1** à l'onglet précédent en S17.

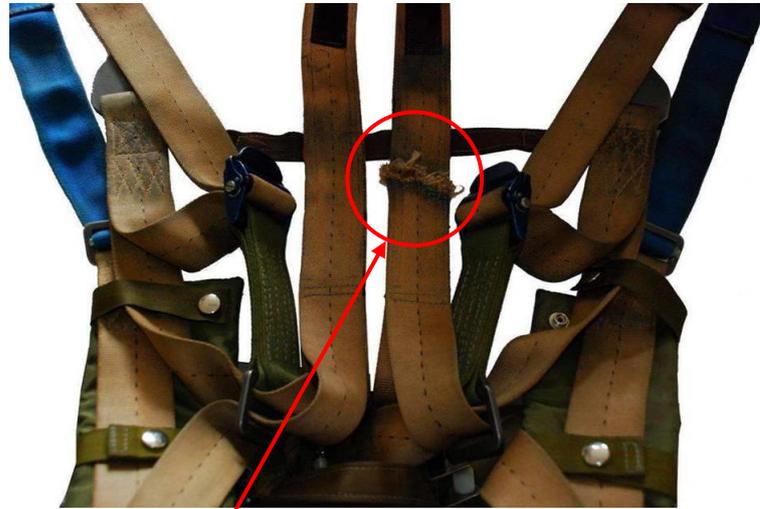


S 21: onglet problèmes de trains

Mention de repousser la poignée secours train en cas d'exception **HYDR1**

ANNEXE 5

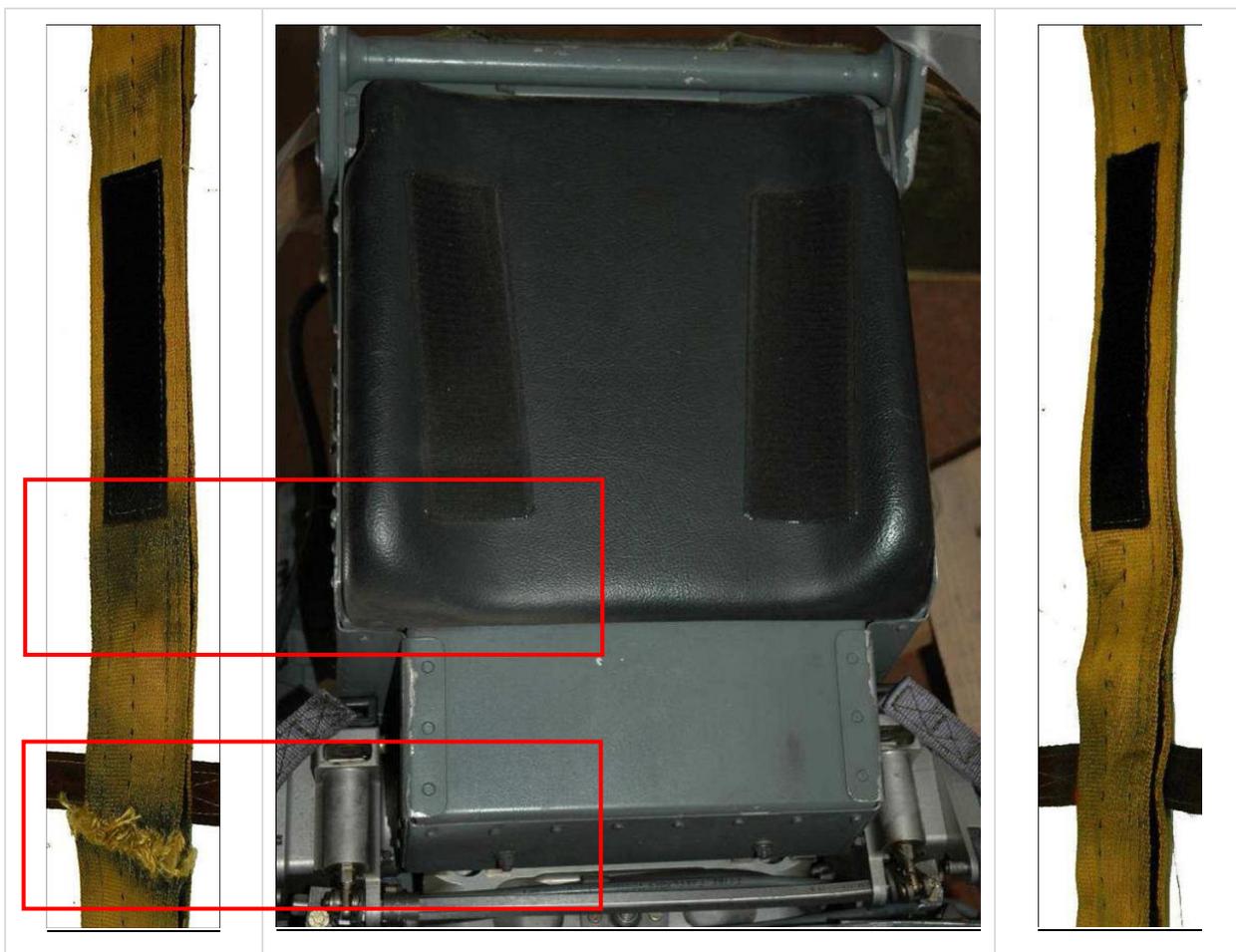
Planches photos de l'endommagement du harnais parachute



Localisation de la rupture de l'élevateur arrière droit



Aspect des fibres textiles échauffées à l'endroit de la rupture



Correspondance sur l'appui-tête d'un siège des zones noires observées sur l'élévateur ARD et de la rupture et aspect comparatif de l'élévateur ARG



Positionnement du harnais sur siège MK10 et zone de rupture : aspect d'une sangle d'élévateur d'un harnais de 2008 et de la sangle de maintien