

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 18 mars 2009

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2008-006-A

Date de l'événement	5 mai 2008
Lieu	BA 133 Nancy-Ochey
Type d'appareil	Mirage 2000 D
Immatriculation	FUGXP
Organisme	Armée de l'air
Unité	Escadron de chasse 03003 « ARDENNES »

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 exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA air

Page 14, 17, 18, 19, 20, 21, 39 : BEAD-air

Pages 30 et 31 : RESEDA

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	5
TABLE DES ILLUSTRATIONS	6
SYNOPSIS	7
1. Renseignements de base	8
1.1. Déroulement du vol	8
1.1.1. Mission	8
1.1.2. Contexte	8
1.1.3. Déroulement	8
1.1.4. Localisation	9
1.2. Tués et blessés	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur le personnel	10
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	10
1.5.2. Autres personnels	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.6.1. Maintenance	12
1.6.2. Performances	12
1.6.3. Masse et centrage	12
1.6.4. Carburant	12
1.6.5. Autres fluides	12
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Télécommunications	13
1.9. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.10. Enregistreurs de bord	13
1.11. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	14
1.11.1. Examen de la zone	14
1.11.2. Examen de l'épave	17
1.12. Renseignements médicaux et pathologiques	20
1.12.1. Pilote	20
1.12.2. NOSA	21
1.13. Incendie	21
1.14. Survie des occupants	21
1.14.1. Abandon de bord	21
1.14.2. Organisation des secours	21
1.15. Essais et recherches	22
1.16. Renseignements sur les organismes	22
1.17. Techniques spécifiques d'enquête	22
2. Analyse	23
2.1. Analyse des traces de pneumatiques et indices observés sur les roues ainsi que des données enregistrées	23
2.1.1. Analyse des traces de pneumatiques et des constatations effectuées sur les roues des trains principaux	23
2.1.2. Exploitation des données enregistrées	24
2.2. Causes de la mise en pression des freins durant la course au décollage	25
2.2.1. Hypothèse : la mise en pression des freins résulte d'un dysfonctionnement des systèmes de freins	25
2.2.2. Hypothèse : la mise en pression des freins résulte d'une action sur une commande de freinage	27
2.3. Séquence commentée d'événement et analyse du processus d'erreur d'engagement du frein de parc à l'alignement et de non détection ultérieure	30
2.3.1. Séquence commentée d'événement	30
2.3.2. Analyse de l'erreur et des aspects relatifs au facteur humain	36
2.3.3. Conclusion de l'analyse de l'erreur et des aspects relatifs au facteur humain	38
3. Conclusion	39
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	39
3.2. Mécanisme de l'événement	39

4. Recommandations de sécurité	40
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	40
4.1.1. Vérifications avant décollage	40
4.1.2. Logique de signalisation du frein de parc	40
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	41
4.2.1. Evacuation au sol	41
4.2.2. Secours médicaux	41
4.2.3. Suivi de la qualité du fluide hydraulique H515	42
ANNEXES	43
Annexe 1 : exploitation des paramètres de l'enregistreur d'accident	44
Annexe 2 : principe des circuits de freinage M2000D	46
Annexe 3 : extrait du manuel d'emploi basique (MEB)	49

GLOSSAIRE

ASV 2	Assaut à vue avec objectif et cadre tactique
ASV3	Mission d'appui aérien
BNL	Bas niveau de lumière
CPEMPN	Centre principal d'expertise médicale du personnel navigant
DIRAV	Dirigeabilité (train avant)
ESCA	Escadron des services de la circulation aérienne
ESIS	Escadron sécurité incendie sauvetage
MEB	Manuel d'emploi basique
NOSA	Navigateur officier système d'arme
PC	Post combustion
PGE	Polygone de guerre électronique
PN	Personnel navigant
RPL	Réservoir pendulaire largable
SM	Service médical
VTH	Visualisation tête haute
VTL	Visualisation tête latérale

TABLE DES ILLUSTRATIONS**Photographies :**

Positionnement de l'appareil immobilisé sur le bord droit de la piste 02 et traces de pneumatiques.....	14
Vues générales de l'appareil	14
Aspect des traces laissées par les pneumatiques des trains principaux.....	16
Aspect des traces vues du point de sortie de piste de l'appareil	16
Aspect des traces en fin de course.....	16
Détail de la trace laissée par le pneumatique de la roue gauche	17
Vue d'ensemble de la cellule	18
Détail des endommagements sous la demi voilure gauche	19
Etat des pneumatiques des trains principaux.....	19
Levier du frein de parc en position serré et verrouillé au poste avant	20
Tableau d'alarme du poste pilote, équipé d'un filtre BNL	38
Tableau d'alarme du poste navigateur, non BNL	38

Illustration :

Chronologie des séquences d'arrêt.....	29
--	----

Schémas :

Dimensions et traces remarquables relevées sur la piste.....	15
Schéma de principe du freinage normal	46
Schéma de principe du freinage point fixe.....	47
Schéma de principe du freinage parking.....	48

SYNOPSIS

Date de l'événement : 5 mai 2008 à 14 h 08 locales.

Lieu de l'événement : base aérienne 133 Nancy-Ochey.

Organisme : armée de l'air.

Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA).

Unité : escadron de chasse 03 003 « Ardennes ».

Aéronef : Mirage 2000 D n° 645.

Nature du vol : entraînement.

Nombre de personnes à bord : 2.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors de la course au décollage, le pilote perd le contrôle de l'appareil qui part en glissade et sort de la piste. L'équipage, indemne, évacue l'appareil endommagé.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé directeur d'enquête technique.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage 2000 D.
- Un mécanicien « cellule / hydraulique » de l'EETIS Mirage 2000.
- Un mécanicien « électricien / équipements de bord » de l'EETIS Mirage 2000.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- Constructeur de l'aéronef : Dassault Aviation.
- Equipementier systèmes de freins : Messier- Bugatti.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu téléphoniquement par l'armée de l'air le 5 mai 2008 vers 14 h 40. Un EPI a été désigné sur la base de Nancy-Ochey et a procédé aux premières constatations, accompagné par l'officier de sécurité des vols, ultérieurement inclus dans le groupe d'enquête en qualité d'expert pilote.

L'appareil a été enlevé du site vers 19 h 00, sous la supervision de l'EPI. La piste a été immobilisée jusqu'à 21 h 20, et les vols de nuit prévus ont été annulés.

Le directeur d'enquête technique s'est rendu sur la base aérienne 133 vers 20 h 00.

Deux experts de l'EETIS Mirage 2000 ont rejoint le groupe d'enquête le 7 mai 2008 afin d'apporter une expertise spécifique sur les organes de frein.

Enquête judiciaire

- Le parquet de Nancy a été informé de l'événement.
- Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air de la base aérienne 133 a été commis.
- Un procès verbal de renseignement judiciaire a été établi et n'a pas donné lieu à l'ouverture d'une enquête judiciaire.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : commis tango 2.

Type de vol : CAM V.

Type de mission : ASV3 + ASV2 + PGE¹.

Dernier point de départ : BA 133 Nancy-Ochey.

Heure de départ : 14 h 05.

Point d'atterrissage prévu : BA 133 Nancy-Ochey.

1.1.2. Contexte

La mission est prévue pour une patrouille de deux appareils et consiste en un entraînement à l'appui aérien, au profit du navigateur officier système d'armes (NOSA) de l'avion leader, et du pilote en position d'équipier.

1.1.3. Déroulement

1.1.3.1. Préparation du vol

Le vol est préparé par l'équipage dans la matinée à partir de 10 h 00.

Le briefing de la mission est commencé vers 13 h 00, soit une heure avant le décollage.

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

La mise en route de l'appareil, ainsi que le roulage effectué à la suite de l'avion leader sur une distance d'environ 650 mètres jusqu'au seuil de la piste 02, n'appellent aucune remarque de la part de l'équipage.

Les deux avions de la patrouille s'arrêtent quelques instants au point de manœuvre afin d'effectuer les actions vitales prévues. Le pilote tire le frein de parc lors de l'arrêt de son appareil à cet endroit, puis l'enlève pour rouler vers le seuil de la piste.

L'alignement est ensuite effectué en échelon refusé au seuil de la piste 02, l'équipier se positionnant au milieu de la demi bande droite, légèrement en retrait du chiffre « 2 » du marquage du QFU 02. Dès que l'appareil est stoppé, le pilote et le navigateur portent leur attention vers l'avion du leader, dans l'attente des signaux visuels du leader.

Au cours de l'alignement et de la phase d'attente, un appareil en vol se présente dans le circuit d'atterrissage et s'annonce sur la fréquence tour.

Dès que les deux appareils sont alignés sur la piste, le leader demande le décollage. Celui-ci est autorisé aussitôt par la tour de contrôle. Suite à l'annonce de danger vent « B² », le leader annonce un décollage individuel avec une séparation de 20 secondes entre les appareils.

Le leader fait signe de mettre plein gaz, et sort les aérofreins afin de tester le numéro deux. Le pilote en position d'équipier fait un signal visuel au leader lui signifiant que ses aérofreins sont sortis, affiche pleins gaz secs sur freins, et annonce à voix haute les contrôles qu'il effectue. Dans le même temps, le NOSA demande au pilote s'il a vu les aérofreins sortis sur l'avion leader. Le pilote lui répond par l'affirmative, puis reprend ses vérifications et annonce l'absence de voyant d'alarme. Le navigateur lui confirme que tout est normal à son poste.

¹ Mission d'appui feu comprenant un ou plusieurs assauts à vue avec objectifs et cadre tactique définis, ainsi qu'un passage sur le polygone de guerre électronique

² Composante de vent traversier supérieure à 15 nœuds.

Le leader lâche les freins après avoir rentré les aérofreins et l'équipier contrôle visuellement l'allumage de sa PC.

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

Vingt secondes après le départ du leader, le pilote lâche les freins. L'avion avance en ligne droite, mais l'accélération ressentie par l'équipage est jugée insuffisante, et laisse à penser que le moteur n'a pas atteint sa pleine poussée. Le pilote contrôle alors les paramètres du moteur, qu'il juge nominaux. Le navigateur mentionne n'avoir vu aucun voyant d'alarme.

Le pilote annonce « on va tester... PC ». Il affiche alors pleine charge PC. L'avion dévie à ce moment sa trajectoire vers la gauche et se rapproche de l'axe médian de la piste.

Le pilote contre à la direction vers la droite. L'appareil embarque alors franchement vers la droite et part en glissade avec un dérapage qui s'accroît.

Le navigateur annonce d'interrompre le décollage. Le pilote réduit les gaz et sort les aérofreins. Selon son témoignage, il mentionne tirer également le frein de parc, vers la fin de la glissade.

L'avion s'incline en roulis à gauche et s'immobilise sur le bord de la piste après 320 mètres de course, avec une divergence d'environ 110° à droite par rapport à l'axe de la piste. Le navigateur annonce « manette sur stop ». Le pilote place alors la manette des gaz sur stop et actionne la commande du coupe-feu. Le navigateur annonce l'évacuation et les deux membres d'équipage, indemnes, évacuent immédiatement l'appareil.

1.1.4. Localisation

- Lieu : piste de la base aérienne 133 ;
 - pays : France métropolitaine ;
 - département : Meurthe et Moselle ;
 - commune : Ochev ;
 - coordonnées géographiques :
 - N 48° 34' ;
 - E 005° 57'.
- Moment : jour.

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères	0		
Aucune	2		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
M 2000 D n° 645			X	

1.4. Autres dommages

Le revêtement de la piste a été endommagé par le carburant s'écoulant de l'avion sur le lieu de son immobilisation, et par les jantes des trains principaux ayant pris contact avec le sol.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite.

1.5.1.1. Pilote

- Age : 26 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : escadron de chasse 03003 « Ardennes » depuis le 18 août 2007.
- Formation :
 - qualification : pilote de combat ;
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse – Tours ;
 - année de sortie d'école : 18/07/2006 ;
 - stage de transformation sur Mirage 2000 du 23 avril 2007 au 17 août 2007 ;
 - stage CRM le 6 juin 2007.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D
Total (h)	439h00	84h00	62h00	62h00	18h45	18h45

- Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef : 30 avril 2008.
- Dernier entraînement à l'éjection et à l'évacuation sol : 21 avril 2008. Le pilote avait subi un test écrit « CAPs » (*critical action procedures*) le matin de l'événement. Ce test couvre le cas de la sortie de piste et les actions afférentes.
- Dernier entraînement au simulateur : 12 mars 2008 (simu air/air + pannes).
- Carte de circulation aérienne aux instruments : à jour (date d'expiration : 2 juillet 2008).

1.5.1.2. NOSA

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D	Sur tous types	Dont Mirage 2000 D
Total (h)	2590h00	1490h00	140h00	140h00	2h40	2h40

- Age : 37 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : escadron de chasse 03003 « Ardennes » ;
 - fonction dans l'unité : chef cellule opérations.
- Formation :
 - qualification : chef navigateur depuis le 01/08/2002 ;
 - stage CRM le 20/06/1997, remis à jour le 13/12/2007.

1.5.2. Autres personnels

Les contrôleurs aériens en poste à la tour de contrôle, témoins de l'événement, relatent l'apparition d'une fumée blanche sous l'avion après que l'avion ait commencé à rouler pour décoller.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique d'appartenance : commandement des forces aériennes (CFA).
- Base aérienne de stationnement : BA 133.
- Unité d'affectation : escadron de chasse 03 003 « Ardennes ».
- Type d'aéronef : Mirage 2000 D :
 - configuration : 2 réservoirs pendulaires largables (RPL) de 2000 litres, 2 lance-missiles, un pod de désignation laser et caméra thermique (PDLCT) ;
 - armement : aucun ;
 - caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	M 2000 D	645	2269h30	597h55 depuis VP2	37h20 depuis VI
Moteur	SNECMA M53 P2	60079	3244h05	Sans objet ³	Sans objet

- Moteur : la dernière opération de maintenance a été effectuée le 10 janvier 2008 à 3212 heures et 2 minutes suite à une collision volatile. Une visite a été réalisée au NTI2 sur les modules 2 (carter principal équipé) et 6 (turbine), les autres modules 1 à 10 ayant été échangés. Aucun problème n'a été rapporté depuis cette date.
- Cellule :
 - VP2 : le 16 janvier 2004. Le contrôle des pressions de freinage a été effectué. L'avion a été stocké du 3 mars 2006 au 7 janvier 2008 à 2213 heures et 40 minutes ;
 - VI : le 11 avril 2008. Une inspection visuelle des trains et une sortie en secours étant prévue à cette visite, une purge des freins a également été effectuée. Aucune anomalie liée aux systèmes de freins n'a été rapportée sur la formule 11 depuis cette date ;

³ Le M53-P2 est un moteur modulaire. Les RG sont effectuées par modules de manières différenciées.

- les structures équipées⁴ ont été posées :
 - sur le train gauche le 17 décembre 2003 à 1095 atterrissages (ATR) soit 387 ATR au moment de l'événement ;
 - sur le train droit le 24 janvier 2005 à 1278 ATR soit 204 ATR au moment de l'événement ;
- les puits de chaleur ont été posés :
 - sur le train gauche le 3 novembre 2004 à 1235 ATR soit 247 ATR au moment de l'événement ;
 - sur le train droit le 23 janvier 2008 à 1451 ATR soit 31 ATR au moment de l'événement ;
- les pneumatiques des trains principaux ont été changés le 23 janvier 2008, soit 31 ATR au moment de l'événement.

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur.

L'étude de la formule 11 ne révèle aucun problème relatif au circuit hydraulique et en particulier sur le circuit de freinage ou de signalisation du circuit de freinage.

Aucune maintenance préventive n'est prévue sur le circuit de freinage à l'exception de la vérification des pressions de freinage en VP et en GV. Un contrôle de l'usure des parties chaudes (puits de chaleur) est effectué à chaque visite journalière.

1.6.2. Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol au moment de l'événement.

L'accélération nominale au décollage (Jx) en pleine charge PC, évaluée par l'équipage lors de la préparation, est de 0,46 avec une valeur minimale (valeur nominale -10%) de 0,41.

Selon les procédures normales d'utilisation, la valeur de Jx, affichée en tête haute, est contrôlée par le pilote lorsque la vitesse indiquée atteint 80 noeuds.

Selon différentes observations, la valeur de Jx communément atteinte dès le lâcher des freins en pleins gaz secs dans cette configuration et juste avant la mise pleine charge PC, est de l'ordre de 0,30-0,32.

1.6.3. Masse et centrage

La masse est de 15,1 tonnes lors du décollage. Dans cette configuration, le centrage est dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TRO F34.
- Masse de carburant restante au moment du décollage : environ 6 tonnes.

1.6.5. Autres fluides

Liquide hydraulique des circuits de servitudes et de frein (H515).

⁴ Ensemble hydraulique et pistons + parties chaudes en carbone
BEAD-air-A-2008-006-A
Date de l'événement : 05 mai 2008

1.7. Conditions météorologiques

Les relevés de la station météo de la base font état des conditions suivantes au moment de l'événement :

- vent du secteur 060°, 14 nœuds, rafales à 20 nœuds, visibilité supérieure à 10 kilomètres ;
- pression QFE 981,9 hPa ; QNH 1022 hPa ; température à 0,5 mètre du sol 22,4°C, sous abri 19,2°C, aucun phénomène.

A 12 h 08 TU, le soleil est haut dans le ciel et dans le secteur arrière des appareils alignés en piste 02. La gêne occasionnée par la luminosité du soleil sur le tableau de bord a été mentionnée par l'équipage.

1.8. Télécommunications

L'appareil est en contact radio avec la tour de contrôle.

1.9. Renseignements sur l'aérodrome

Tous les moyens de la plate forme sont opérationnels au moment de l'événement.

1.10. Enregistreurs de bord

L'appareil est équipé d'un enregistreur d'accident à mémoires statiques de type « ESPAR ». Concernant la signalisation des pannes, seuls les changements d'état des répéteurs de panne ambre et rouge sont enregistrés.

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 de la commande du frein de parc et l'allumage du voyant correspondant « PARK » (ce voyant déclenche l'allumage du répéteur de panne ambre) ;
- l'action sur les freins principaux et l'allumage du voyant « frein » sur le panneau de configuration.

La visualisation tête haute ainsi que les conversations et signaux sonores sont enregistrés sur bande magnétique au format Hi-8.

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

L'appareil s'est immobilisé en bordure de la piste après 320 mètres de course environ, reposant sur l'aile gauche, et orienté selon un cap 130° environ. Le train gauche est effacé, le train auxiliaire se trouve dans l'herbe, et en butée à gauche.



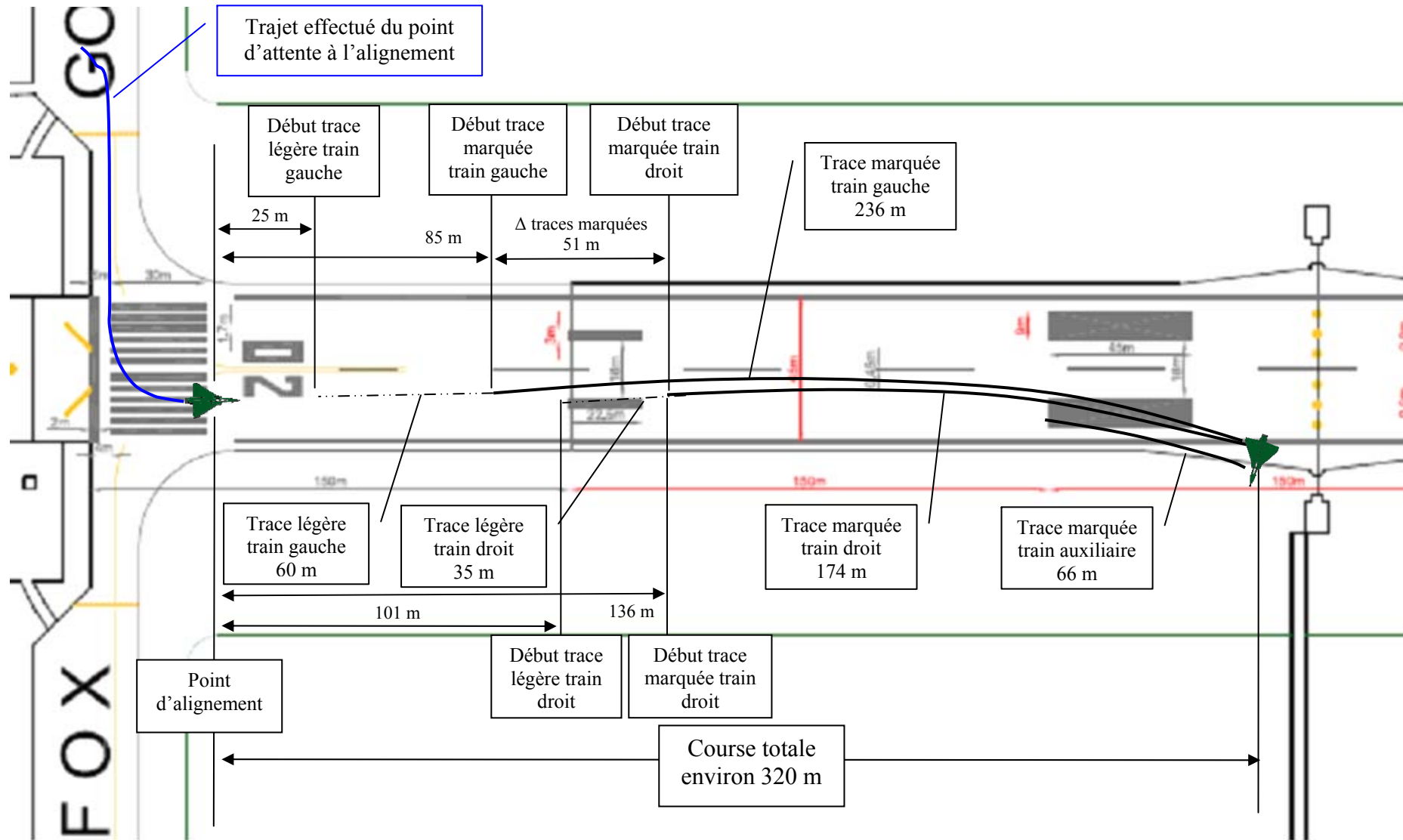
Positionnement de l'appareil immobilisé sur le bord droit de la piste 02 et traces de pneumatiques



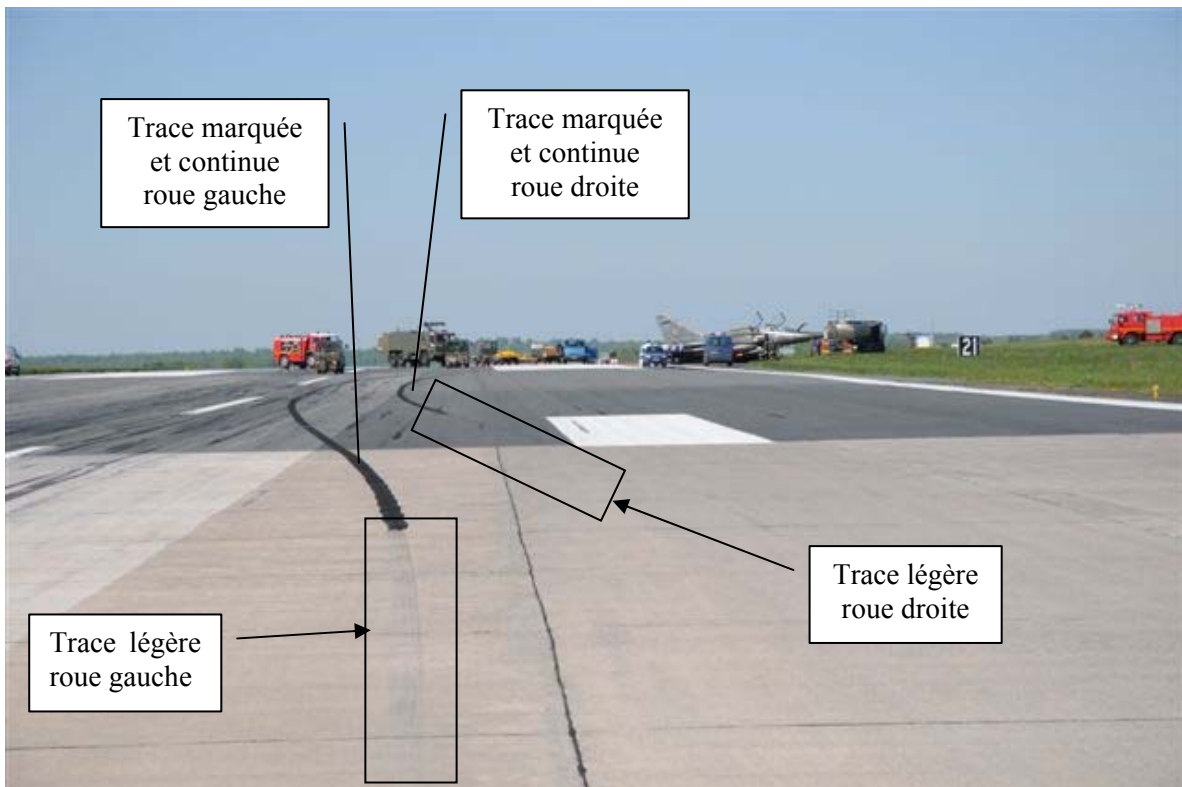
Vues générales de l'appareil

1.11.1. Examen de la zone

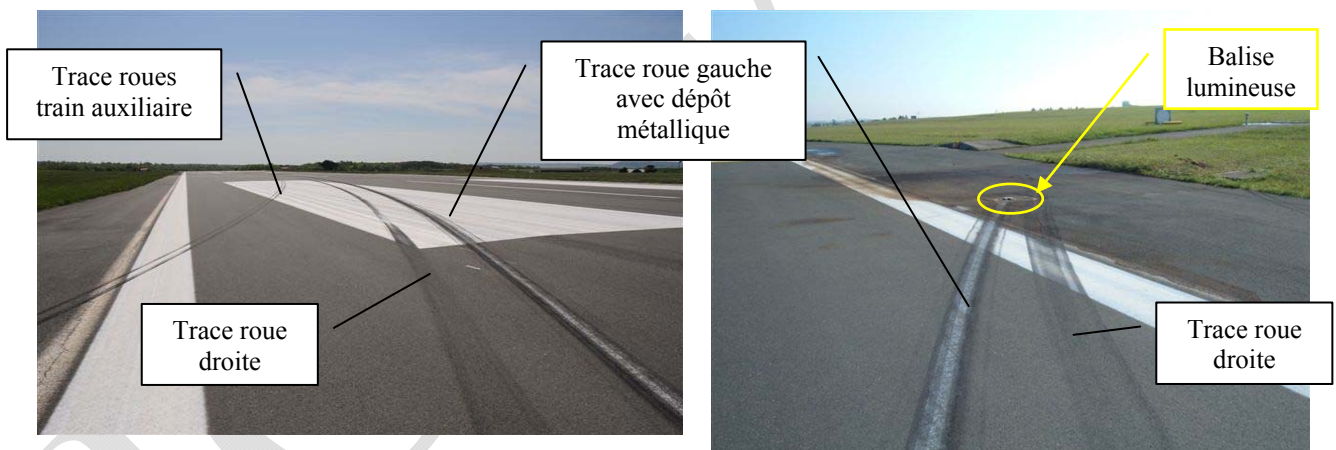
Des traces continues et dissymétriques ont été laissées sur la piste par les roues des trains principaux et les roues du train auxiliaire de l'appareil (voir schéma des relevés).



Dimensions et traces remarquables relevées sur la piste



Aspect des traces laissées par les pneumatiques des trains principaux



Aspect des traces vues du point de sortie de piste de l'appareil

Aspect des traces en fin de course

Une trace légère et continue, parallèle à l'axe de piste et correspondant au pneumatique du train gauche, est visible quelques mètres au-delà du point de lâcher des freins. Cette trace devient ensuite très marquée avec des oscillations après quelques dizaines de mètres et s'infléchit vers la gauche sans franchir l'axe médian de la piste, puis dévie à droite vers le bord de piste. Cette trace est continue, avec un dépôt métallique en fin de course. Elle s'arrête sur une balise lumineuse métallique affleurant à quelques centimètres de la surface du revêtement, près de la position finale de l'appareil.



Détail de la trace laissée par le pneumatique de la roue gauche

La trace correspondant au pneumatique droit présente les mêmes caractéristiques, mais celle-ci est décalée de plusieurs dizaines de mètres au-delà de la trace laissée par la roue gauche. L'écartement des traces des roues des trains principaux diminue avec l'infléchissement de la trajectoire vers le bord droit de la piste.

Les pneumatiques du train auxiliaire ont laissé deux traces marquées et continues sur une soixantaine de mètres sur le revêtement avant l'arrêt de l'appareil. Le train auxiliaire a quitté le revêtement et tracé un sillon dans la partie herbeuse avant l'arrêt de l'appareil.

Une flaque de carburant environne l'appareil en s'écoulant du RPL gauche endommagé sur le revêtement de la piste.

1.11.2. Examen de l'épave

1.11.2.1. Cellule

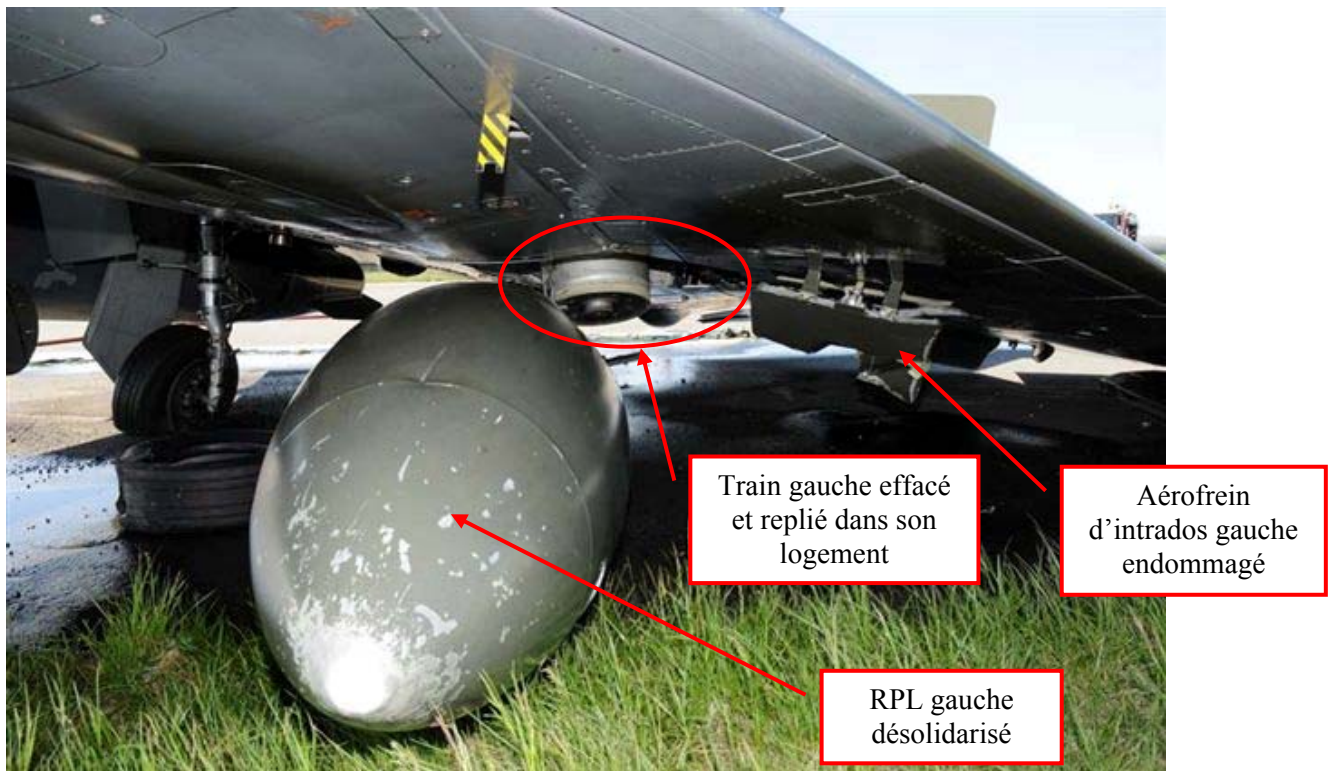
- Le RPL gauche est endommagé : il s'est désolidarisé de son point d'attache et a roulé sous la cellule jusqu'au niveau du fuselage.
- La structure de la demi voilure gauche est marquée et endommagée.
- Les élevons interne et externe gauche sont endommagés.
- Les aérofreins sont sortis et l'aérofrein d'intrados gauche est endommagé.
- Le lance missile gauche est déformé et endommagé.
- Le cadre 30 est déformé.



Vue d'ensemble de la cellule

1.11.2.2. Atterrisseurs

- Le train principal gauche est replié sous la cellule, son vérin de manœuvre est rompu.
- Les trappes de train gauche sont enfoncées.
- La jante de la roue gauche est abrasée et présente un méplat.
- Le pneumatic gauche, désolidarisé de la roue, est retrouvé sous la demi voilure droite : la bande de roulement est déchirée et présente deux méplats. Un fusible thermique a été déclenché.
- La jambe du train droit présente un jeu important.
- La jante droite est endommagée, et légèrement abrasée.
- Le pneumatic droit est déjanté, ouvert et présente un méplat. Aucun fusible n'a été déclenché.
- La dirigeabilité du train avant (DIRAV) est en butée à gauche, les pneumatiques du train auxiliaire présentent un méplat.



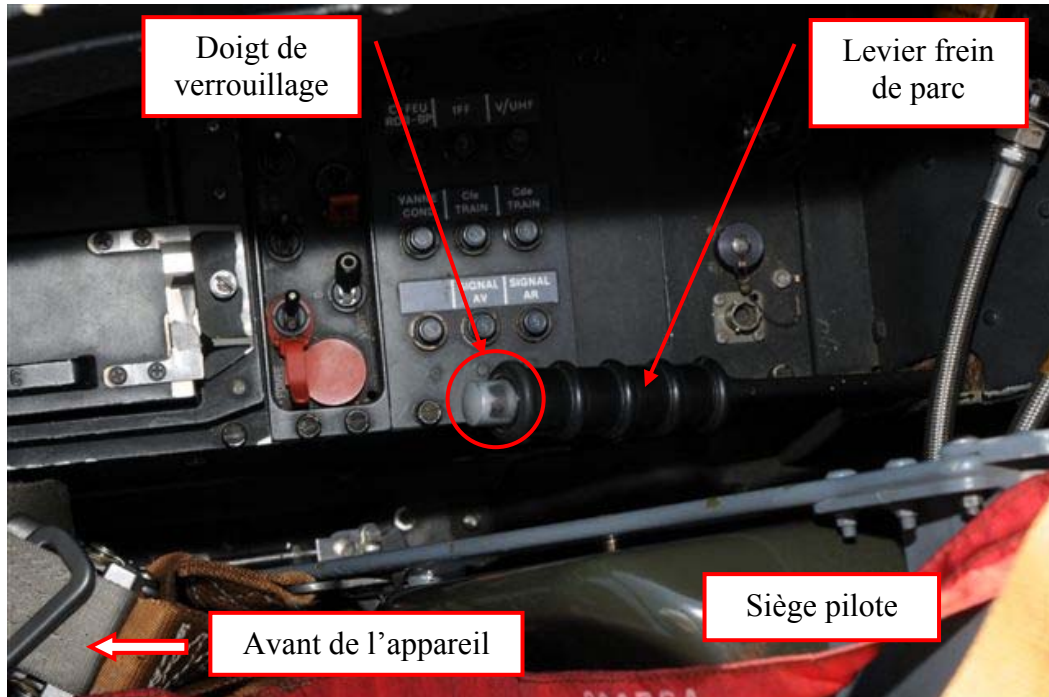
Détail des endommagements sous la demi voilure gauche



Etat des pneumatiques des trains principaux

1.11.2.3. Cabine

- La commande du frein de parc est en position haute.
- La batterie est sur marche.
- La manette des gaz est sur stop, le coupe-feu fermé. Les interrupteurs BP sont sur marche.
- Le sélecteur « frein » est positionné sur « circuit 1 ».
- Le séquenceur d'éjection est positionné sur « biplace ».
- Le tableau des voyants d'alarmes de la place avant est équipé d'un filtre BNL.
- Les commandes d'éclairages cabine et de luminosité des voyants sont sur « jour ».



Levier du frein de parc en position serré et verrouillé au poste avant

1.11.2.4. Constatations sur les organes de freins accessibles

- Les roues sont libres en mouvement lorsque la pression du frein de parc est relâchée.
- Aucun piston des blocs de frein ne présente de grippage.
- Les puits de chaleur ne présentent aucun marquage témoignant d'un dysfonctionnement.

1.12. Renseignements médicaux et pathologiques

Membres d'équipage de conduite :

1.12.1. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique à l'unité (VSU), le 11 janvier 2008, en cours de validité jusqu'au CPEMPN le 31 août 2008 ;
 - résultat : aptitude pilote de chasse confirmée.

- Examens biologiques : prélèvements effectués au service médical de la base aérienne avec accord du directeur d'enquête judiciaire. Résultats non contributifs.
- Blessures : aucune.

1.12.2. NOSA

- Dernier examen médical :
 - type : visite annuelle au CPEMPN le 7 décembre 2007, validité un an ;
 - résultat : apte à l'emploi de navigateur de combat.
- Examens biologiques : résultats non contributifs.
- Blessures : aucune.

1.13. Incendie

Sans objet.

1.14. Survie des occupants

1.14.1. Abandon de bord

L'équipage a évacué l'appareil dès que celui-ci s'est immobilisé. Selon le témoignage des deux membres d'équipage, l'éjection n'a pas été envisagée pendant la course de l'appareil, la vitesse atteinte ayant été jugée faible.

L'évacuation a été décidée et annoncée par les deux membres d'équipage simultanément sans attendre la sécurisation des sièges par les équipes de sécurité, du fait de l'inclinaison de l'appareil et des risques liés aux dégâts supposés et au carburant.

La procédure d'évacuation, annoncée dès l'immobilisation de l'appareil, est initiée aussitôt après. Le séquenceur d'éjection n'a pas été positionné sur « solo » et la batterie n'a pas été coupée.

1.14.2. Organisation des secours

L'alerte est donnée immédiatement (14 h 08) par l'escadron des services de la circulation aérienne (ESCA), par klaxon crash puis par interphone, précisant qu'il s'agit d'une sortie de piste.

Les premiers éléments de l'escadron sécurité incendie sauvetage (ESIS) interviennent sur les lieux deux minutes environ après l'alerte et sécurisent l'aéronef.

L'équipe de permanence du service médical (SM), composée d'un infirmier et d'un auxiliaire sanitaire, se rend aussitôt sur les lieux avec un véhicule sanitaire et prend en charge les deux membres de l'équipage. Ces derniers, indemnes, retournent près de l'avion sécurisé pour observer les dégâts, puis sont acheminés vers le service médical vers 14 h 26, où ils subissent des examens.

L'intervention de l'ESIS s'achève à 21 h 20, après les opérations de relevage de l'appareil et la dépollution du site.

1.15. Essais et recherches

Les organes électriques et mécaniques du circuit de frein ont été examinés par les mécaniciens de l'EETIS M 2000 afin d'identifier un éventuel dysfonctionnement.

Les organes hydrauliques du circuit de frein ont été examinés par l'industriel, en présence de l'expert mécanicien du groupe d'enquête, afin d'identifier un éventuel dysfonctionnement.

Les voyants d'alarme et répéteurs ont été testés afin de vérifier l'intégrité de la signalisation.

Le fluide hydraulique a été analysé au centre d'essais des propulseurs (CEPr) de Saclay.

L'extraction et l'exploitation des données de l'enregistreur d'accident Espar et de l'enregistrement Hi-8 ont été effectuées dans les laboratoires de RESEDA.

1.16. Renseignements sur les organismes

Néant.

1.17. Techniques spécifiques d'enquête

Les données issues de l'Espar ont été synchronisées avec l'enregistrement Hi-8 afin de reconstituer la séquence d'événement.

2. ANALYSE

L'analyse qui suit s'appuie sur les faits et constatations exposés au précédent chapitre, les témoignages de l'équipage, l'exploitation des données enregistrées et les résultats des expertises.

Seront exposées dans un premier temps les conclusions tirées de l'analyse des traces de pneumatiques et des indices observés sur les roues, ainsi que de l'exploitation des données enregistrées. Dans un deuxième temps, seront déterminées les causes de la perte de contrôle de l'appareil sous l'angle des facteurs techniques et humains.

2.1. Analyse des traces de pneumatiques et indices observés sur les roues ainsi que des données enregistrées

2.1.1. Analyse des traces de pneumatiques et des constatations effectuées sur les roues des trains principaux

2.1.1.1. Traces observées sur la piste

Le voile de gomme laissé par les pneumatiques des trains principaux, perceptible dès les premiers mètres de la course de l'appareil, révèle un blocage partiel des roues. Celles-ci tournent et glissent sur le revêtement. Ceci est en accord avec le témoignage de l'équipage qui ressent une accélération insuffisante.

En dépit de la dissymétrie des traces, le blocage partiel est effectif sur les deux roues car selon le témoignage du pilote, l'appareil avance en ligne droite en début de course.

Après 85 mètres de course, la trace prononcée du pneumatique gauche témoigne d'un blocage complet de la roue, provoquant un écrasement du pneumatique puis un dégonflement de celui-ci. Ce blocage entraîne l'inflexion de la trajectoire vers la gauche.

L'avion dévie à gauche après que la PC soit affichée : le blocage complet de la roue gauche est donc postérieur à l'établissement de la pleine poussée du réacteur.

Une cinquantaine de mètres plus loin, la trace prononcée du pneumatique droit témoigne du blocage complet de la roue, et marque l'inversion de la trajectoire vers la droite, alors que le pilote contre à la direction à droite.

Les traces des roues du train auxiliaire apparaissent lorsque le dérapage dépasse l'angle de braquage maximal de la direction, braquée à gauche pour contrer le dérapage.

2.1.1.2. Constatations effectuées sur les roues et les organes de freins accessibles

Les endommagements des pneumatiques et l'abrasion des jantes montrent que les roues n'ont pas tourné depuis leur blocage complet jusqu'à l'immobilisation de l'appareil.

Les roues tournent toutefois librement, aux déformations près, après relâchement de la pression du frein de parc, attestant l'absence de blocage d'origine mécanique sur les axes de roues.

Les pistons des blocs de frein reviennent en position de repos sur les deux roues et aucun d'eux ne présente d'indice de grippage. Les puits de chaleur ne présentent également aucun marquage pouvant témoigner d'un dysfonctionnement au niveau des blocs de freins.

Le fonctionnement normal des blocs de freins atteste de la présence d'une pression hydraulique de freinage transmise aux roues durant la course au décollage. Le blocage partiel puis complet des roues résulte donc du maintien d'une action des freins sur celles-ci en dépit du relâchement des pédales de freins par le pilote.

2.1.1.3. Mécanisme du blocage dissymétrique des roues

Les parties en friction des blocs de freins étant constituées de disques de carbone, l'efficacité du freinage augmente avec la température d'utilisation.

Le trajet de roulage avant l'alignement étant orienté exclusivement vers la gauche, le frein gauche peut avoir été davantage sollicité que le droit. Ainsi, lorsque l'appareil débute sa course au décollage, il est probable que la température du bloc de frein gauche était plus élevée qu'à droite. Néanmoins, à cet instant, les puits de chaleur n'ont pas encore atteint leur température optimale de fonctionnement.

Au lâcher des freins, la pression transmise aux blocs de freins est insuffisante pour bloquer les roues dans les premiers mètres : celles-ci tournent et la friction entraîne un échauffement des blocs de freins, ainsi que l'augmentation du coefficient d'adhérence. Lorsque la PC est établie, l'échauffement des blocs de freins augmente rapidement ainsi que le coefficient d'adhérence, occasionnant le blocage permanent des roues.

La dissymétrie de blocage roue gauche / roue droite s'explique par la différence de température accumulée dans les puits de chaleur avant le lâcher des freins.

2.1.1.4. Conclusion

Les traces des pneumatiques relevées sur la piste témoignent d'un blocage partiel des roues dès le lâcher des freins principaux, puis d'un blocage complet et dissymétrique de celles-ci intervenant ultérieurement, d'abord sur la roue gauche, puis sur la droite. Le blocage des roues résulte de la présence d'une pression hydraulique de freinage transmise aux roues durant la course au décollage. Le blocage complet et dissymétrique des roues est accéléré par l'établissement de la pleine poussée du réacteur suite à l'affichage de la PC.

2.1.2. Exploitation des données enregistrées

2.1.2.1. Données issues de l'enregistreur d'accident

L'analyse des paramètres est présentée en annexe n° 1. Elle complète les témoignages de l'équipage notamment par les informations suivantes :

- le répéteur de panne ambre s'allume aussitôt après l'arrêt de l'appareil lors de l'alignement sur la piste. Il reste allumé durant 5 secondes ;
- l'accélération, stabilisée après le lâcher des freins en régime pleins gaz secs puis avec la PC, est nettement inférieure aux valeurs habituellement observées⁵ ;
- les paramètres de contrôle du moteur (régime, section tuyère, Tt7) témoignent d'un fonctionnement nominal de ce dernier ;
- le régime PC est maintenu environ 9 secondes avant l'interruption de décollage ;
- aucun allumage de répéteur de panne ne se produit durant la course de l'appareil et ce jusqu'à son immobilisation ;
- le répéteur ambre s'allume simultanément avec la coupure du moteur, mais non consécutivement à celle-ci.

⁵ Dans cette configuration, la valeur de l'accélération couramment observée est supérieure à 0,30 en pleins gaz secs.

2.1.2.2. Enregistrement Hi-8

La vidéo montre que l'avion avance en ligne droite en début de course avec des oscillations saccadées et de faible amplitude selon l'axe de tangage.

Les conversations attestent que la déviation de trajectoire vers la gauche se produit après l'affichage de la PC.

Aucune alarme sonore correspondant au répéteur de panne ambre (temporisation de 20 secondes après l'allumage du voyant) n'est constatée depuis la phase d'alignement jusqu'à l'immobilisation définitive de l'appareil en bord de piste. Cette alarme a retenti environ 20 secondes après le déclenchement d'une panne ambre survenue lors de l'immobilisation définitive de l'avion.

L'alarme sonore correspondant au déclenchement d'une panne rouge retentit consécutivement à la coupure du moteur lors de l'immobilisation de l'appareil.

2.1.2.3. Conclusion

L'analyse des paramètres corrobore les témoignages de l'équipage relatifs à l'absence de dysfonctionnement précurseur des systèmes, et à une sensation de poussée insuffisante après le lâcher des freins, tout en excluant un problème de motorisation.

A contrario, l'allumage du répéteur ambre durant 5 secondes aussitôt après l'arrêt de l'appareil lors de l'alignement sur la piste, n'a pas été relevé par l'équipage, et aucun allumage ultérieur de ce répéteur n'a lieu avant l'immobilisation de l'appareil.

L'enregistrement vidéo confirme les observations de l'équipage et montre en particulier que l'avion avance en ligne droite en début de course avec des oscillations saccadées et de faible amplitude en tangage.

L'enregistrement audio atteste de l'absence d'alarme sonore avant l'immobilisation définitive de l'appareil.

Ces conclusions conduisent à rechercher les causes de la présence d'une pression de freinage transmise aux roues en dépit du relâchement des pédales de freins.

2.2. Causes de la mise en pression des freins durant la course au décollage

Les circonstances de la présence d'une pression de freinage transmise aux roues lors de la course au décollage conduisent à envisager deux hypothèses :

- la mise en pression des freins résulte d'un dysfonctionnement des systèmes de freins ;
- la mise en pression des freins résulte d'une action sur une commande de freinage.

2.2.1. Hypothèse : la mise en pression des freins résulte d'un dysfonctionnement des systèmes de freins.

Afin d'évaluer cette hypothèse, les différents organes constituant les systèmes de freins (principe des différents systèmes décrits en annexe 2), la signalisation en cabine, ainsi que le liquide hydraulique ont été analysés.

2.2.1.1. Résultats des examens effectués au NTI2

Ont été examinés :

- les structures équipées et les puits de chaleur ;
- les distributeurs progressifs normaux et secours (test de bon fonctionnement) ;
- le boîtier de régulation SPAD (test de bon fonctionnement) ;
- les électro-distributeurs de point fixe et parking, les clapets navette (test de bon fonctionnement et étanchéité) ;
- le mano contacteur de freinage résiduel parking et l'accumulateur ;
- le tableau des voyants d'alarme des postes avant et arrière.

Les différents examens effectués sur ces organes au niveau NTI2 n'ont mis en évidence aucune anomalie.

2.2.1.2. Résultats des examens techniques effectués au NTI3

Des examens complémentaires ont été effectués par le constructeur sur les organes électro-hydrauliques et hydrauliques des circuits de freins testés en fonctionnement et étanchéité au NTI2.

Les organes examinés sont conformes aux définitions du constructeur, hormis :

- le distributeur progressif secours ;
- les clapets navette.

Les anomalies relevées sur ces organes sont néanmoins sans relation avec les faits constatés et ne peuvent être à l'origine de la présence d'une pression de freinage transmise aux roues.

Les examens effectués au NTI3 n'ont pas mis en évidence d'anomalie susceptible d'être à l'origine d'un dysfonctionnement des systèmes de freins.

2.2.1.3. Résultat de l'analyse du fluide hydraulique au CEPr

L'analyse d'un premier prélèvement a révélé des valeurs de viscosité inférieures à la spécification DCSEA.

D'autres prélèvements ont été réalisés sur l'avion accidenté ainsi que sur un autre appareil (M2000D 661). L'analyse comparative de ces prélèvements confirme des résultats identiques en termes de viscosité, à l'exclusion de toute autre anomalie.

Cette anomalie, qui pourrait traduire un vieillissement du fluide, n'a néanmoins pas d'incidence sur le fonctionnement des organes hydrauliques, tant sur le 661 que sur le 645. Le M2000D 661 ne présente par ailleurs aucune anomalie de fonctionnement de ses systèmes de freins.

Nota : le remplacement de l'intégralité du fluide hydraulique n'est pas prévu dans le cycle de maintenance, hormis en cas de détection d'une pollution.

En dépit de l'anomalie de viscosité constatée, l'analyse comparative des prélèvements de fluide hydraulique sur deux appareils permet d'écarter l'hypothèse d'une implication du fluide hydraulique dans un éventuel dysfonctionnement des organes des circuits hydrauliques des freins.

2.2.1.4. Conclusion sur l'hypothèse d'un dysfonctionnement des systèmes de freins

Les examens effectués n'ont pas mis en évidence d'anomalie susceptible d'être à l'origine d'un dysfonctionnement.

De plus, les observations suivantes permettent de compléter les examens effectués et d'affirmer d'avantage l'hypothèse d'un dysfonctionnement :

- aucun dysfonctionnement précurseur des freins n'a été observé avant la course au décollage. L'inverseur « FREINS » en cabine était sur la position 1, indiquant une régulation SPAD. Un dysfonctionnement de ce système aurait engendré un allumage fixe du voyant SPAD aux tableaux de configuration. Cette position interdit également l'admission de pression dans le circuit secours, à moins d'une chute de pression importante du circuit 1 ;
- la stabilité de l'appareil lors de la mise en pleins gaz secs confirme l'efficacité de l'électro-distributeur point fixe. Le déplacement de l'avion, après le lâcher des freins, atteste de la mise au retour effective de la pression de freinage point fixe ;
- le frein de parking a été utilisé antérieurement sur l'aire de manœuvre. L'absence de « broutage » associée à un régime moteur peu élevé atteste d'un retrait efficace du frein de parking lors du départ de l'aire de manœuvre.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement des systèmes de freins est rejetée.

La présence d'une pression de freinage transmise aux roues lors de la course au décollage traduit donc un fonctionnement hydraulique normal d'un des circuits de freinage.

2.2.2. Hypothèse : la mise en pression des freins résulte d'une action sur une commande de freinage.

2.2.2.1. Détermination du circuit de freinage actif

- Le freinage normal, régulé par le « SPAD », implique obligatoirement une action à freiner sur les palonniers. Or, le décollage implique une action volontaire et franche de relâchement des pédales de freins de la part de l'équipage, ce qui a été confirmé par ses deux membres. Il est donc très peu probable que l'un des deux membres de l'équipage ait maintenu une pression quasi symétrique sur les pédales durant cette phase.
- Le circuit de freinage point fixe délivre une pression d'environ 280 bars aux blocs de freins, ce qui a pour effet de bloquer les roues. Ce circuit a prouvé son efficacité puisque l'appareil a été maintenu immobilisé aux freins en régime pleins gaz secs durant 49 secondes. Or, l'appareil a avancé aussitôt les freins lâchés, témoignant du relâchement de ce niveau de pression transmise aux roues.
- Le circuit freinage secours est activé par le passage de l'inverseur sur la position « circuit 2 » ou par une chute de pression importante du circuit 1. Or, le sélecteur en cabine était sur la position « circuit 1 », et aucun dysfonctionnement des organes, pouvant laisser supposer une chute de pression et un passage en circuit secours, n'a été mis en évidence.
- Le circuit freinage parking délivre une pression d'environ 80 bars aux blocs de frein à condition que la commande soit verrouillée en position haute au poste avant. Cette pression est délivrée en transparence du fonctionnement d'un autre circuit⁶. Elle permet de maintenir l'avion immobile en régime ralenti, mais pas en régime pleins gaz secs.

⁶ Si l'avion est maintenu sur freins en pleins gaz secs alors que le frein de parc est enclenché, la pression de point fixe est appliquée aux blocs de freins. Lorsque les pédales de freins sont relâchées, la pression du freinage parking demeure appliquée.

- L'analyse d'un événement survenu en 2000 sur Mirage 2000-5 (course au décollage et affichage PC avec frein de parc engagé) montre des conséquences et des constatations similaires (traces de blocage dissymétrique des roues, embardée et immobilisation sur l'aile après 250 mètres de course). Le répétiteur de panne ambre s'est allumé quelques secondes après l'alignement. La PC a été affichée pendant 2,5 secondes après 12 secondes de début de course en pleins gaz secs. L'accélération n'a pas dépassé 0,21 G.

Au regard de ces constatations, la pression transmise aux roues lors du lâcher des pédales de freins provient, selon toute vraisemblance, du circuit de freinage parking.

2.2.2.2. Conditions d'activation du frein de parc

L'activation du frein de parc nécessite le relevage du levier de commande situé au poste avant, sur le côté latéral droit du siège. Ce levier doit être verrouillé en position haute pour maintenir une pression de freinage sur les roues.

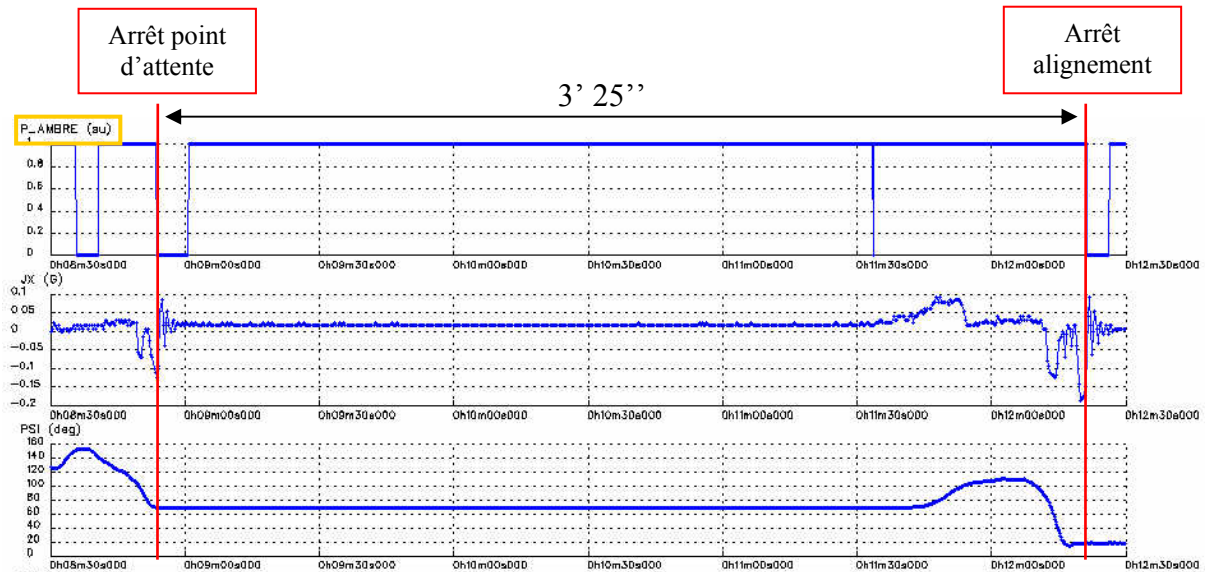
L'enclenchement du frein de parc excite le voyant ambre « PARK » du tableau d'alarme, qui reste allumé tant que ce frein demeure enclenché. Ce voyant entraîne l'allumage simultané du répétiteur de panne ambre, ainsi qu'une alarme sonore temporisée après 20 secondes.

Selon les usages couramment observés, les pilotes utilisent le frein de parc à la demande au point d'attente lorsque les attentes statiques sont longues, évitant ainsi de devoir maintenir une pression permanente sur les pédales de freins. Ils tirent le frein de parc et éteignent ensuite le répétiteur de panne, ce qui annule la temporisation de l'alarme sonore. Cette brève séquence d'actions est automatisée et dépend des habitudes et de l'expérience du pilote. Certains tirent le frein de parc aussitôt l'avion arrêté et éteignent le répétiteur immédiatement, d'autres séparent davantage ces actions.

2.2.2.3. Analyse comparative des séquences d'arrêt de l'appareil au travers de l'évolution des paramètres⁷

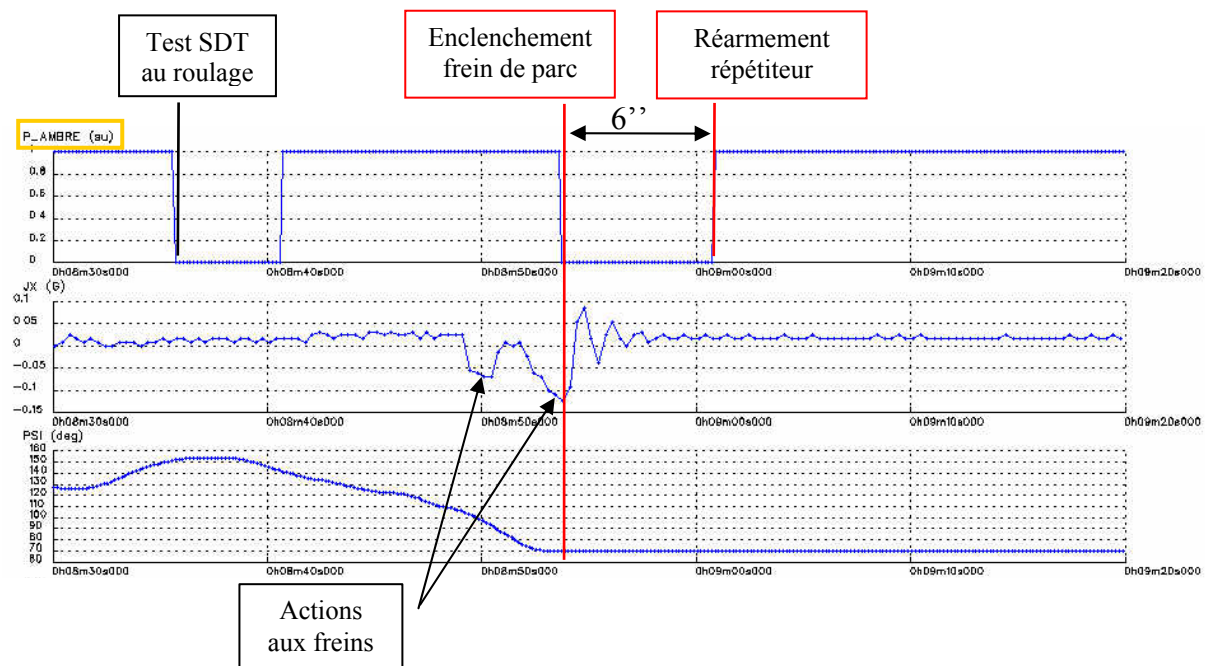
Sont comparées les deux séquences d'arrêt de l'appareil au point d'attente (arrêt aux freins, enclenchement du frein de parc, extinction du répétiteur ambre) et lors de l'alignement sur la piste. Le cap est indiqué en référence.

⁷ P Ambre = état du répétiteur de panne ambre, allumé en valeur 0. J_x = accélération longitudinale, exprimé en G. PSI = cap exprimé en degrés.



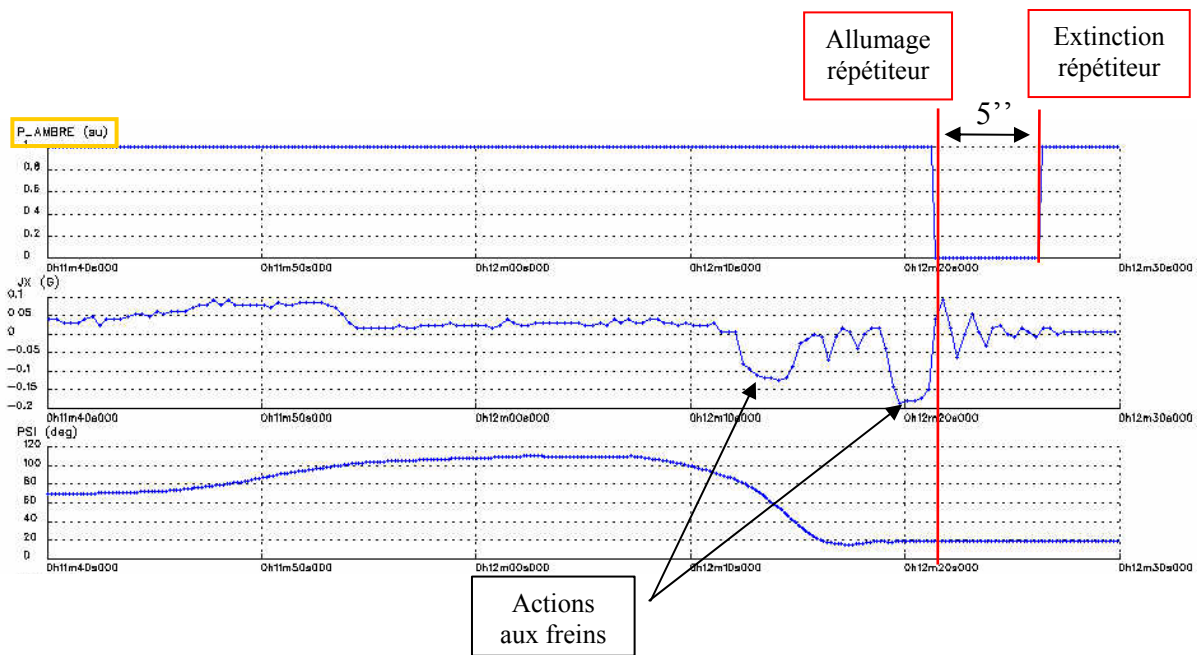
Chronologie des séquences d'arrêt

– Séquence d'arrêt au point d'attente :



Lors de l'arrêt au point d'attente, le pilote confirme l'utilisation du frein de parc. On note sur l'évolution du Jx deux actions répétées aux freins, puis l'allumage du répéteur de panne ambre correspondant au voyant « PARK », aussitôt l'appareil stoppé. Le répéteur est éteint par le pilote 6 secondes après son action sur la commande du frein de parc.

– Séquence d'arrêt à l'alignement sur la piste, 3'25'' plus tard :



Lors de l'arrêt au cap de la piste, on note sur l'évolution du Jx deux actions répétées aux freins, puis l'allumage du répéteur de panne ambre, aussitôt l'appareil stoppé ainsi que son extinction, 5 secondes plus tard.

L'exploitation des autres paramètres de l'ESPAR à cet instant ne met pas en évidence de dysfonctionnement des systèmes de l'avion susceptible de générer une panne ambre.

Les similitudes observées sur les deux séquences d'arrêt accréditent l'hypothèse d'un enclenchement du frein de parc.

2.2.2.4. Conclusion sur l'hypothèse d'une mise en pression des freins par action sur une commande de freinage

Après l'exclusion par examens techniques d'un dysfonctionnement des systèmes de freins, l'hypothèse d'une action sur une commande de frein est retenue par défaut. De plus, l'analyse du fonctionnement des différents systèmes de freins ainsi que des paramètres comparatifs des séquences d'arrêts de l'appareil accrédite l'hypothèse d'un enclenchement du frein de parc à l'alignement.

L'engagement probable du frein de parc à l'alignement, puis sa non détection ultérieure, tant lors des vérifications précédant le lâcher des freins, que pendant la course au décollage, s'inscrivent dans un processus d'erreur qu'il convient d'analyser sur le plan du facteur humain, au travers de la séquence commentée d'événement.

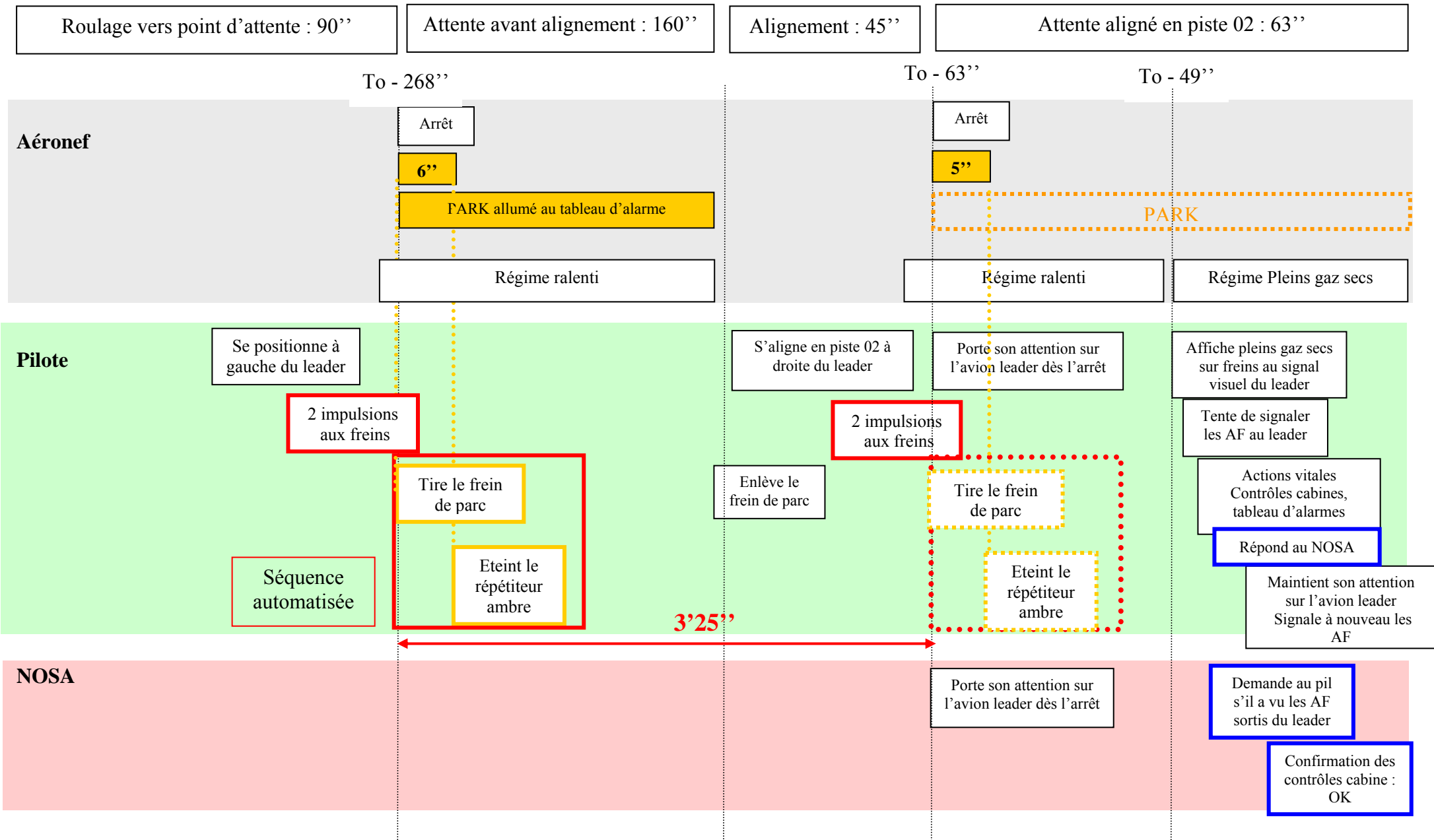
2.3. Séquence commentée d'événement et analyse du processus d'erreur d'engagement du frein de parc à l'alignement et de non détection ultérieure

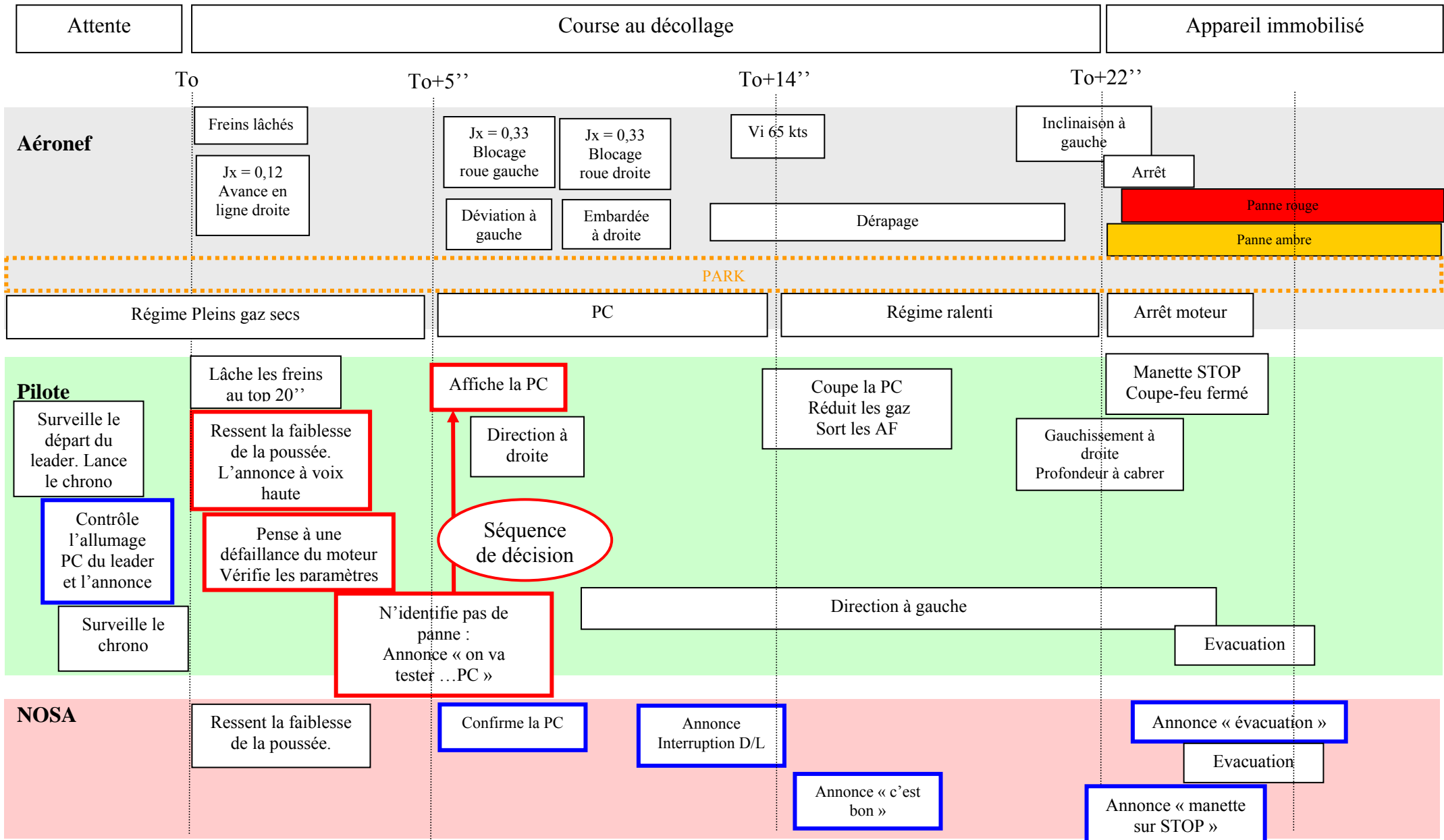
2.3.1. Séquence commentée d'événement

La séquence d'événement est reconstituée à partir des paramètres de l'ESPAR, de la vidéo Hi-8 et des témoignages de l'équipage. Elle restitue les phases significatives selon une référence

temporelle (origine To au lâcher des freins) et met en exergue les échanges entre le pilote et le navigateur, ainsi que le plan d'action du pilote lors de la course au décollage. Les pointillés indiquent les éléments déduits par l'analyse. Le côté gauche de chaque cadre correspond au début de l'action.

Avertissement : les commentaires encadrés de la séquence d'événement sont destinés à assurer la compréhension des phases importantes et des actions clés. Leur positionnement, agencé de manière chronologique, ne saurait constituer une référence temporelle absolue en fonction de leur taille.





2.3.1.1. Phase d'attente avant alignement

Le pilote stoppe l'avion par deux impulsions aux freins, met immédiatement le frein de parc et réarme le répéteur ambre 6 secondes plus tard. Le réarmement du répéteur est effectué de manière automatique, sans contrôle conscient.

Cette séquence d'actions répond à un besoin clairement identifié d'utiliser le frein de parc pour une attente de quelques minutes en régime ralenti.

2.3.1.2. Phase d'alignement et d'attente

- Le pilote s'aligne au milieu de la demi bande droite de la piste en se positionnant en retrait par rapport à l'avion du leader. A partir de cet instant, son attention, ainsi que celle du navigateur, est focalisée sur l'avion du leader, avant même que son propre avion ne soit complètement stoppé aux freins. La phase d'attente à l'alignement est courte (63 secondes), et dense :
 - le pilote est dans son rôle d'équipier, guettant le moindre ordre visuel du leader (mise pleins gaz), et il stoppe son avion de manière automatisée, sans contrôle conscient, en deux impulsions sur les freins ;
 - à cet instant, la séquence d'arrêt effectuée 3 minutes 25 secondes plus tôt, au point d'attente, a probablement été reproduite, associant le contexte d'arrêt de l'avion (deux actions sur les freins au pied) à l'action sur le frein de parc puis sur le répéteur de panne.
- Le pilote remarque que le leader sort les aérofreins lorsqu'il met pleins gaz secs, mais ne parvient pas à attirer immédiatement l'attention de ce dernier en lui faisant un signal visuel. Il affiche également pleins gaz secs et commence ses vérifications en cabine. A ce moment, le navigateur lui signale les aérofreins du leader et lui demande s'il les a vus :
 - cette intervention perturbe momentanément l'attention du pilote des vérifications en cours, qui doit de plus garder en mémoire le signalement ultérieur des aérofreins au leader ;
 - par ailleurs, cela fait apparaître que les vérifications cabine ne sont pas synchrones entre les membres d'équipage : alors que le pilote commence ses vérifications en cabine et les annonce, le navigateur surveille toujours l'environnement.
- Le pilote reprend rapidement ses vérifications, sans noter l'état du voyant « PARK » probablement allumé (signale « pas de voyant d'alarme », et le navigateur acquiesce à l'issue des vérifications « c'est bon pour moi »). Il signale ensuite visuellement au leader que ses aérofreins sont sortis, et qu'il est prêt pour le décollage. Le leader rentre les aérofreins.
 - Le tableau des voyants d'alarme est probablement balayé rapidement. Or, le voyant « PARK » est situé en périphérie du tableau (en bas et à droite).
 - De plus, lors du balayage visuel du tableau des voyants d'alarme, aucun des membres d'équipage ne s'attendant à avoir un voyant « PARK » allumé, cette information peut être écartée. Des antécédents survenus sur Mirage 2000 monoplace et biplace attestent que les vérifications cabine ne permettent pas toujours de détecter à coup sûr l'allumage de ce voyant.
- Le pilote surveille la course au décollage du leader et l'allumage de sa PC : il est toujours dans son rôle d'équipier et maintient son attention sur l'avion du leader avant de se concentrer sur son propre décollage 20 secondes plus tard.

2.3.1.3. Course au décollage

- Dès le lâcher des freins, le pilote exprime ses doutes sur l'accélération ressentie :
 - en l'absence de symptômes clairement identifiables (fort broutage, embardée, ou alarme...), il pense logiquement à une poussée insuffisante et contrôle ses paramètres moteur ;
 - le constat de paramètres moteurs normaux ne lui fait pas apparaître la cause de l'anomalie ressentie, et l'avion avance toujours en ligne droite ;
 - le Jx affiché en VTH n'est pas contrôlé, car la vitesse est encore inférieure à 80 nœuds (premier contrôle prévu de l'accélération). Ainsi, le pilote ne fait pas le lien avec le frein de parc.
- Le décollage est poursuivi et la PC est affichée 5 secondes après le lâcher des freins. Le navigateur confirme l'allumage de celle-ci :

en l'absence de référence, l'équipage ne peut définir clairement si ses impressions sont bonnes et la faible expérience du pilote ne lui permet pas d'évaluer rapidement et sûrement la situation : il ne juge pas celle-ci critique et décide de poursuivre le décollage entrepris.
- La poussée s'installe et l'avion dévie à gauche suite au blocage de la roue gauche. Le pilote contre à droite, jusqu'en butée, puis à gauche, lorsque l'appareil embarque à droite :
 - le pilote réagit instinctivement à la direction, ne réalisant pas que les roues sont bloquées et que l'avion glisse sur ses pneumatiques ;
 - il a le sentiment qu'il peut contrôler la trajectoire car la première correction vers la droite a été efficace, et il maintient la PC.
- L'interruption est annoncée par le navigateur lorsque le dérapage s'accroît franchement à droite, après 14 secondes de course. La réduction des gaz interrompt l'accélération mais l'appareil, devenu incontrôlable du fait de l'énergie atteinte, poursuit sa trajectoire en dérapage sur sa lancée :
 - les actions suivant la réduction des gaz (sortie des aérofreins) s'inscrivent dans une logique d'actions réflexes visant à s'arrêter par tous les moyens ;
 - l'équipage a le sentiment que la vitesse atteinte par l'appareil n'est pas élevée, et n'évoque pas l'éjection.
- Le train gauche s'affaisse et l'appareil s'incline à gauche peu avant l'arrêt :

l'inclinaison prise par l'appareil entraîne une action réflexe du pilote à contrer l'attitude au manche, de la main droite (gauchissement à droite, profondeur à cabrer).

2.3.1.4. Appareil immobilisé

- L'appareil est immobilisé incliné sur l'aile gauche. La coupure du moteur et l'évacuation de l'appareil sont annoncées par le navigateur.
 - L'équipage vient d'être confronté à un enchaînement rapide (22 secondes) d'événements inédits.
 - Dans ce contexte, l'intervention orale du navigateur est déterminante pour aider le pilote à agir sous un stress intense et éviter la tétanie.
- L'alarme sonore rouge retentit, suivant la coupure du moteur. L'évacuation est effectuée sans encombre, mais la procédure est réalisée de manière incomplète (batterie laissée en marche, séquenceur d'éjection laissé sur mode biplace).

L'alarme sonore ajoute davantage de stress. Les oublis d'actions basiques lors de l'évacuation sont vraisemblablement le reflet d'un stress intense subi par le pilote, en dépit de son entraînement.

2.3.2. Analyse de l'erreur et des aspects relatifs au facteur humain

2.3.2.1. Nature de l'erreur

Le témoignage des deux membres d'équipage ne confirme ni l'engagement probable du frein de parc lors de l'arrêt de l'avion à l'alignement, ni l'allumage du répéteur de panne ambre durant 5 secondes à cet instant.

Le décollage étant autorisé immédiatement sur demande du leader dès l'alignement de la patrouille, **l'engagement du frein de parc ne répond à aucun besoin objectif** (attente sur freins).

Le décollage a été poursuivi sans que l'équipage ne réalise l'engagement probable du frein de parc.

Or, l'étude d'antécédents montre que les équipages confrontés à de telles circonstances font le lien avec le frein de parc lorsque ce dernier a été engagé de manière volontaire, et limitent généralement les conséquences en interrompant rapidement.

Ainsi, l'absence de mémorisation de l'engagement du frein de parc et de l'extinction du répéteur, ainsi que la représentation erronée de la situation lors de la course au décollage traduisent que la séquence d'actions lors de l'arrêt de l'avion au point d'alignement a été exécutée de manière non consciente par le pilote.

Une séquence d'actions non consciente de cette nature relève d'un conditionnement. Dans le cas présent, le conditionnement associe le contexte d'arrêt de l'avion (deux actions sur les freins au pied) à l'action sur le frein de parc puis sur le répéteur de panne. Or, ce conditionnement est fortement inhibé à l'alignement avant le décollage (l'emploi du frein de parc n'est pas prévu sur la piste et ne se justifie pas par une éventuelle attente prolongée sur freins). Le fait que ce conditionnement ait été actif malgré tout implique une perturbation de l'attention sur la tâche en cours (attention portée sur l'avion du leader lors de l'arrêt de l'avion).

2.3.2.2. Non détection de l'erreur

Le mécanisme global de cette erreur procède d'une manipulation non consciente de la commande de frein, décrite supra, et de sa non détection par le filtre des contrôles en cabine, en dépit de la signalisation.

- Le répéteur ambre n'est observé ni par le pilote (car probablement éteint de manière non consciente), ni par le navigateur, qui observe l'avion du leader.
- Aucun des deux membres d'équipage ne remarque le voyant « PARK » allumé lors des contrôles en cabine :
 - lors des vérifications en cabine, le niveau d'attention du pilote est perturbé par l'intervention du navigateur (demande s'il a vu les aérofreins) ;
 - ces vérifications cabine font partie des tâches conditionnées, exécutées rapidement, et au cours desquelles seules les informations qui sortent de la normalité sont analysées. Toute perturbation intervenant lors de ces séquences est particulièrement néfaste pour le niveau d'attention et diminue l'efficacité des contrôles ;
 - un autre conditionnement peut également être en place et conduire à une forme de « cécité cognitive »: le frein de parc n'étant jamais engagé sur la piste, aucun des membres d'équipage ne s'attend à voir le voyant « PARK » allumé et ne le recherche. Cette information peut ainsi être inconsciemment écartée. Par ailleurs, ce voyant ne signale pas une panne, mais l'engagement d'une commande : il peut ne pas être analysé au même niveau d'attention que les autres voyants d'alarme ;
 - des antécédents survenus sur Mirage 2000 biplace montrent que l'allumage de ce voyant peut échapper aux contrôles visuels d'un équipage qualifié.

Si l'allumage probable du voyant « PARK » n'est pas détecté lors des vérifications, il a peu de chance de l'être ensuite, l'attention de l'équipage n'étant plus portée sur le tableau d'alarme lors de la course au décollage, à moins d'être alerté par l'allumage d'un répéteur de panne ou d'une alarme sonore.

2.3.2.3. Facteurs contributifs

- Expérience du pilote :
Bien qu'il ait une activité régulière et que sa progression dans l'unité soit jugée satisfaisante, l'expérience du pilote est récente sur Mirage 2000. A moins de 100 heures, (84 heures en neuf mois environ), il est au « stade cognitif⁸ », c'est-à-dire en phase d'apprentissage des schémas d'actions, des automatismes, et de tri des inhibiteurs associés. C'est la période la plus propice aux erreurs de manipulation.
- Pression temporelle de l'équipier en apprentissage :
 - le pilote, à l'instruction, sait qu'il est jugé à tout moment sur son comportement d'équipier au sein d'une patrouille. Ainsi, il aura tendance à exécuter ses vérifications plus rapidement afin de se montrer réactif vis-à-vis du leader. En conséquence, le balayage visuel de la cabine est plus rapide et peut être plus superficiel ;
 - par ailleurs, le pilote sait qu'un autre avion est engagé dans la boucle d'atterrissage et donc que le décollage de la patrouille, occupant la piste, ne doit pas tarder. Ceci peut également s'ajouter à la pression temporelle ressentie par le pilote à son niveau d'expérience.
- Eléments d'environnement :
 - la gêne occasionnée par le soleil sur le tableau de bord a été soulignée par l'équipage. Celui-ci est en effet pénalisant pour la visualisation des voyants, comme le montrent les vues ci-dessous. Dans ces conditions, l'allumage des voyants ambre peut être difficile à percevoir lors d'un balayage visuel rapide ;
 - l'effet du soleil est remarquable sur le tableau d'alarme du poste navigateur, sur lequel aucun voyant n'est allumé lors de la prise de vue ci-dessous.
- Position du voyant « PARK » :
 - le voyant « PARK » est positionné sur la partie inférieure droite du tableau des voyants d'alarme (voir vues ci-dessous). Cette position périphérique peut échapper à la vision centrale⁹ lors d'un bref balayage du regard, en particulier si cette information n'est pas spécifiquement recherchée. Sa détection nécessite un balayage plus soutenu du tableau des voyants d'alarme, et donc de s'attarder davantage sur cette tâche de contrôle ;
 - équipements bas niveau de lumière (BNL) :
la cabine avant est modifiée « BNL ». Ainsi, le tableau des voyants d'alarme est équipé d'un filtre BNL, qui réduit d'autant la luminosité des voyants en plein jour et par corollaire peut diminuer la probabilité pour le pilote d'être alerté par un voyant allumé lors d'un balayage visuel rapide.

⁸ Définition extraite de « Briefings – modèle d'acquisition d'expertise d'ANDERSON »

⁹ Angle de vision d'environ 2°, soit une surface de 3 centimètres de diamètre au niveau du tableau de bord, à l'intérieur duquel une information est effectivement lue.

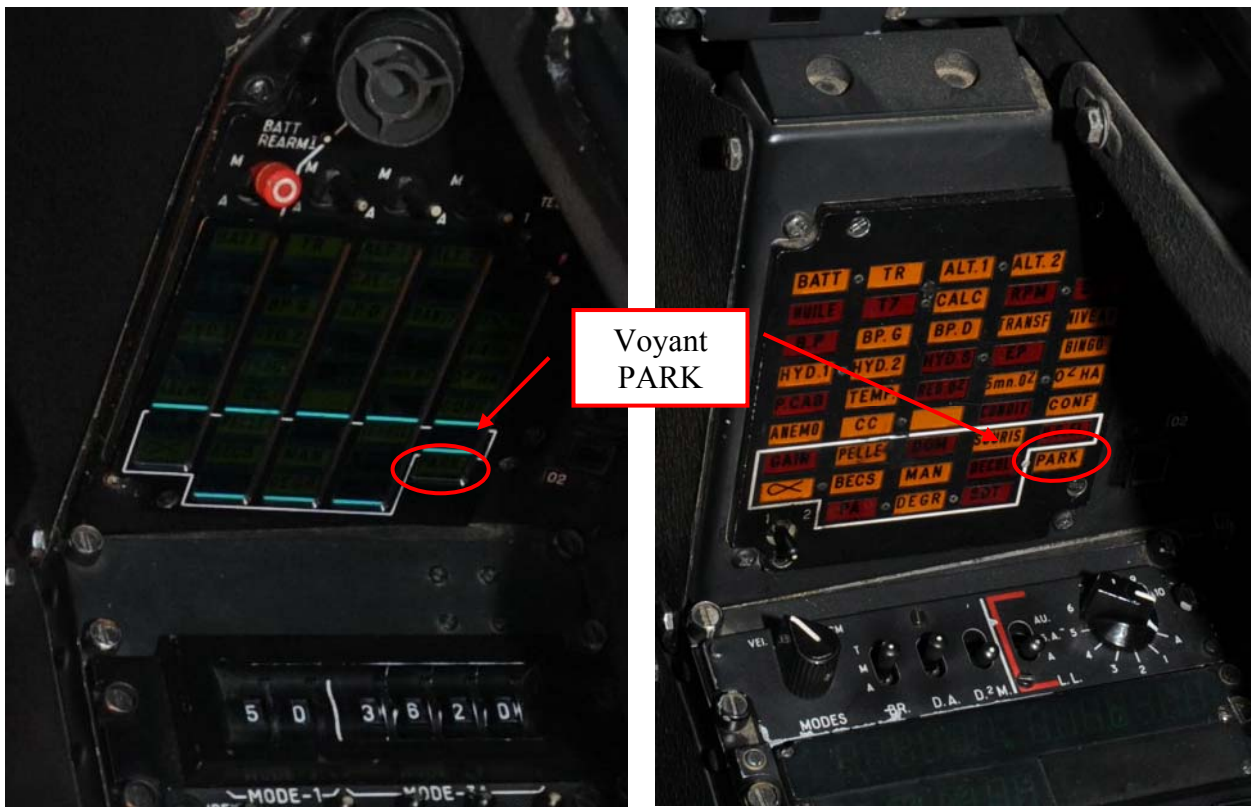


Tableau d'alarme du poste pilote, équipé d'un filtre BNL

Tableau d'alarme du poste navigateur, non BNL

2.3.3. Conclusion de l'analyse de l'erreur et des aspects relatifs au facteur humain

L'engagement non conscient du frein de parc lors de l'arrêt de l'avion à l'alignement et sa non détection ultérieure en dépit des contrôles des deux membres d'équipage et de la signalisation sont vraisemblablement à l'origine de l'événement.

Cette action, ainsi que l'extinction manuelle du répéteur, toutes deux probablement enchaînées de manière non consciente, font partie d'un conditionnement propre à la plupart des activités routinières.

Le conditionnement est une dimension élémentaire du fonctionnement humain, qui doit être prise en compte pour comprendre comment une telle erreur peut survenir. Une séquence d'actions conditionnée, telle la séquence décrite dans cet événement, est inhibée la plupart du temps, l'opérateur décidant de l'activer (ou de la « désinhiber ») au moment propice (le frein de parc peut être mis lors de l'arrêt au parking, ou au point d'attente, mais pas sur la piste). Les actions conditionnées comme leurs inhibitions doivent être solidement ancrées pour décharger l'opérateur d'une charge attentionnelle soutenue.

Chez un opérateur en apprentissage, les conditionnements et les inhibitions associées ne sont pas suffisamment consolidés, et un contrôle conscient de chaque action est nécessaire.

Ainsi, lorsque l'attention est centrée sur autre chose que l'action en cours (surveillance du leader lorsque l'avion est stoppé) chez ce type d'opérateur, une séquence conditionnée mais insuffisamment inhibée peut être effectuée de manière non consciente, par erreur.

Ce type d'erreur, non perçue par le pilote, est difficile à récupérer sans un niveau d'attention soutenu de tous les membres d'équipage lors des dernières vérifications, et en particulier compte tenu des circonstances présentes (pression ressentie par l'équipier en progression, gêne visuelle).

3. CONCLUSION

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

- Les traces dissymétriques de pneumatiques relevées sur la piste témoignent d'un blocage progressif et dissymétrique des roues des trains principaux de l'appareil lors de la course au décollage.
- Le frein de parc est retrouvé serré dans l'appareil immobilisé en bord de piste.
- L'équipage a perçu « aux sensations » une accélération insuffisante sans observer de voyant d'alarme ni identifier l'origine du problème lors de la course au décollage.
- L'analyse des paramètres corrobore les témoignages de l'équipage relatifs à l'absence de dysfonctionnement précurseur des systèmes, et à une sensation de poussée insuffisante après le lâcher des freins, tout en excluant un problème de motorisation. A contrario, l'analyse révèle l'allumage du répétiteur ambre durant 5 secondes lors de l'arrêt de l'appareil à l'alignement sur la piste, non observé par l'équipage.
- Les examens techniques ont exclu tout dysfonctionnement susceptible d'être à l'origine d'un blocage des roues.
- La présence d'une pression hydraulique transmise aux roues lors du lâcher des pédales de freins traduit vraisemblablement le fonctionnement normal du circuit de freinage parking.
- L'hypothèse d'un enclenchement de manière non consciente du frein de parc à l'alignement est probable.

3.2. Mécanisme de l'événement

En l'absence de tout dysfonctionnement mis en évidence, le blocage partiel puis complet des roues des trains principaux lors de la course au décollage résulte vraisemblablement du fonctionnement normal du circuit de freinage parking, après le relâchement des pédales de freins par le pilote.

L'événement a pour origine l'enclenchement probable du frein de parc lors de l'arrêt de l'avion à l'alignement, le pilote reproduisant de manière non consciente une séquence d'actions automatisée, puis la non détection ultérieure du frein de parc par l'équipage lors des vérifications en cabine.

L'événement procède, durant le court intervalle temporel de la course au décollage, d'une représentation erronée de la situation par l'équipage, associant dans les premières secondes la sensation d'une accélération insuffisante à d'éventuels problèmes moteur, puis de la décision de poursuivre le décollage entrepris une fois cette hypothèse invalidée.

Enfin, la perte de contrôle est consécutive à l'établissement et au maintien de la pleine poussée du réacteur en PC, et résulte du niveau d'énergie atteint par l'appareil, roues bloquées.

S'agissant des aspects liés au facteur humain, les facteurs suivants ont pu contribuer à l'erreur, à sa non détection, et au processus décisionnel :

- la faible expérience du pilote sur l'appareil ;
- la pression temporelle de l'équipier en phase d'apprentissage ;
- des éléments d'environnement ayant pu gêner l'équipage lors des vérifications en cabine.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Des antécédents survenus sur Mirage 2000 à des équipages qualifiés montrent que la survenance d'une erreur de ce type (engagement du frein de parc, conscient ou non, et oubli avant décollage) **est toujours possible** et que sa récupération n'est pas systématique en dépit du filtre des contrôles.

Il convient donc de s'interroger sur la pertinence des barrières de protection existantes face à ce type d'erreur.

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

4.1.1. Vérifications avant décollage

4.1.1.1. Vérifications générales

Elles représentent la dernière barrière de protection avant le lâcher des freins. A ce titre, un haut degré d'attention doit donc prévaloir lors de l'exécution de ces tâches routinières. Toute perturbation intervenant lors de ces séquences est particulièrement néfaste pour le niveau d'attention et doit imposer à l'opérateur de reprendre la séquence de vérifications depuis le début.

L'observation du tableau des voyants d'alarme en particulier, doit faire l'objet d'une lecture plus attentive afin de détecter un éventuel voyant en périphérie, ce que ne permet pas toujours un rapide coup d'œil, en conditions de gêne visuelle.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air rappelle toute l'importance du niveau d'attention à accorder à l'exécution des tâches routinières de vérification.

4.1.1.2. Procédures

La vérification du frein de parc n'est pas évoquée dans les procédures normales d'utilisation (Manuel d'utilisation et mémento équipage), en dehors du roulage à partir du parking.

Le manuel d'emploi basique (MEB) recommande, avant le lâcher des freins, de « *jeter un coup d'œil sur le tableau de panne pour, entre autres, voir si le frein de parc n'est pas tiré* ». Or, les antécédents prouvent qu'un « coup d'œil » ne suffit pas toujours, car il est effectué lors des vérifications générales, sans recherche spécifique du voyant « PARK ».

Une vérification systématique de la commande du frein de parc et de sa signalisation avant le lâcher des freins permettrait de réduire le risque d'erreur ou d'oubli.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air de formaliser dans les vérifications avant décollage, un contrôle systématique de la commande du frein de parc relâchée et du voyant « PARK » éteint.

4.1.2. Logique de signalisation du frein de parc

L'engagement d'un frein de parc avant le décollage constitue un cas de « no go » qui ne transparaît cependant pas dans la logique de signalisation (panne ambre, alarme sonore différée).

L'association de la signalisation du frein de parc avec l'allumage du voyant rouge DECOL¹⁰, lorsque la manette de gaz serait positionnée au-delà de 80%, permettrait d'alerter l'équipage sans ambiguïté par l'alarme sonore instantanée d'une panne rouge.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air d'étudier, en relation avec le constructeur, l'amélioration de la signalisation du frein de parc en l'associant avec une logique d'interdiction de décollage.

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

4.2.1. Evacuation au sol

La procédure d'évacuation au sol a été effectuée de manière incomplète au poste pilote avec, en particulier, la batterie qui n'a pas été coupée et le séquenceur d'éjection laissé sur biplace, en dépit d'un entraînement régulier à cette procédure, mais effectué sur un simulateur d'éjection qui n'est équipé ni d'un séquenceur d'éjection, ni des commandes batterie et coupe-feu.

Si ces oublis peuvent s'expliquer par l'effet du stress, ils révèlent également des actions insuffisamment conditionnées lors des entraînements.

Seul le réalisme des séances d'entraînement permet un ancrage solide des conditionnements associés, par la manipulation effective des commandes, même fictives.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air d'équiper les simulateurs d'éjection de toutes les commandes nécessaires à l'entraînement aux procédures d'urgence.

4.2.2. Secours médicaux

Lors du déclenchement des secours, une équipe médicale réduite, composée d'une infirmière et d'un auxiliaire sanitaire, est intervenue sur les lieux.

Les alertes de piste n'étant pas rares, et la plupart du temps sans conséquence, les médecins ne montent plus de manière systématique sur de telles alertes.

Dans un contexte de déficit de médecins, la note d'organisation du secours d'aérodrome prévoyait, depuis septembre 2004, de discriminer les alertes considérées comme graves de manière à minimiser leur impact sur le fonctionnement du service médical.

Ainsi, en cas d'alerte, il revient à l'escadron des services de la circulation aérienne (ESCA) d'informer (par interphone) les acteurs concernés sur la nature de l'événement et d'insister sur la présence d'un médecin dans l'équipe médicale d'intervention.

Cependant, la fiche réflexe de l'ESCA, relative aux accidents aériens en piste, en zone d'aérodrome (ZA) ou en zone voisine d'aérodrome (ZVA) avec intervention à vue, ne mentionne pas de préciser, lors de la diffusion de l'alerte, si la situation entre dans le cas d'un cas grave, ou pas.

Dans le cas présent, le contrôleur a précisé par l'interphone d'alerte qu'il s'agissait d'une sortie de piste, sans mentionner si la situation entraînait dans le cadre d'un cas grave tel que décrit dans la note des secours. La situation n'a pas été appréhendée comme telle au service médical, ce qui a entraîné l'intervention d'une équipe réduite.

¹⁰ Pour mémoire, lorsque l'interrupteur ANEMO est sur arrêt, le voyant DECOL rouge s'allume et l'alarme sonore associée retentit, sans condition de positionnement de la manette des gaz. Cette association de signalisation (panne ambre – panne rouge) entre dans une logique d'interdiction de décollage.

Bien que cela n'ait eu, dans le cas présent, aucune conséquence humaine, rien ne permettait de présumer a priori de l'état physique d'un équipage confronté à un tel événement.
En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

à l'armée de l'air de privilégier, dans la mesure du possible, l'intervention d'une équipe médicale complète (médecin, infirmier, auxiliaire sanitaire), et de mettre en adéquation les fiches réflexes avec la note d'organisation.

4.2.3. Suivi de la qualité du fluide hydraulique H515

Lors de l'analyse des échantillons de fluide hydraulique provenant de deux avions, ont été constatées par le CEPr des valeurs de viscosité à 40°C et à 100°C inférieures aux limites spécifiées par la norme DCSEA 415/A et relatives au fluide neuf.

L'huile ne fait pas l'objet d'un remplacement systématique au cours du cycle de maintenance : elle est régulièrement filtrée et « régénérée » partiellement à l'aide d'un banc de contrôle mais sa viscosité n'est pas évaluée.

Bien que ce paramètre de viscosité n'ait pas eu, jusqu'à présent, d'incidence observable ou d'antécédents dans le fonctionnement des organes hydrauliques des servitudes ou des freins, cela ne présume en rien d'une incidence possible sur le vieillissement des organes du circuit hydraulique.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

à l'autorité technique de conduire une étude, en liaison avec le constructeur et l'armée de l'air, pour évaluer le vieillissement des fluides et son éventuel impact sur le fonctionnement des organes des circuits hydrauliques.

ANNEXES

Annexe 1 : EXPLOITATION DES PARAMETRES DE L'ENREGISTREUR D'ACCIDENT	44
Annexe 2 : Principe des circuits de freinage M2000D.....	46
Annexe 3 : Extrait du manuel d'emploi basique (MEB).....	49

ANNEXE 1

EXPLOITATION DES PARAMETRES DE L'ENREGISTREUR D'ACCIDENT

L'analyse retient plusieurs phases significatives parmi lesquelles les phases de roulage, d'attente, et la course au décollage.

1. PHASE DE ROULAGE VERS LE POINT D'ATTENTE : 90 SECONDES (ENVIRON 600 METRES)

- Le trajet est entièrement orienté vers la gauche, le cap évoluant du 260° vers le 070°. La commande de direction est fréquemment sollicitée vers la gauche.
- La vitesse indiquée évolue de 25 à 30 nœuds.
- Les paramètres moteurs (régime, Tt7, S10) sont normaux, le régime affiché par intermittence est de l'ordre de 60%.
- Allumages du répétiteur de panne ambre :
 - 5 secondes, correspondant au test SDT ;
 - 6 secondes, dès que l'avion s'arrête au point d'attente. L'allumage du répétiteur ambre est concomitant avec la stabilisation du Jx dès l'arrêt, et traduit l'enclenchement du frein de parc, mentionné par le pilote lors de son témoignage. L'extinction du répétiteur ambre 6 secondes plus tard est la conséquence de son réarmement manuel.
- Attente statique : 160 secondes.

2. PHASE D'ALIGNEMENT SUR LA PISTE : 45 SECONDES

- Les paramètres moteurs sont normaux, le régime affiché par intermittence est de l'ordre de 70%.
- Un flash ponctuel du répétiteur rouge et ambre est observé en début du roulage (un seul point enregistré à 11'34''), sans que l'évolution des autres paramètres ne puisse en expliquer la cause. Un passage momentané dans le souffle du réacteur de l'avion leader peut avoir provoqué une brève perturbation des sondes et être à l'origine de ce flash, qui n'a pas été remarqué par aucun des deux membres d'équipage.
- Deux ralentissements successifs sont observés sur l'évolution du Jx juste avant l'arrêt de l'appareil sur la piste.
- Allumage du répétiteur ambre 5 secondes, dès l'arrêt de l'appareil. (Cet allumage n'est pas relevé par l'équipage).

3. ATTENTE STATIQUE (DEPUIS L'ARRET JUSQU'AU LACHER DES FREINS) : 63 SECONDES

La manette des gaz est positionnée en pleins gaz secs après 14 secondes. Ce régime est maintenu 49 secondes sur freins avant le départ.

Les paramètres moteur (régime, Tt7, S10) sont nominaux.

4. COURSE DE L'APPAREIL : ENVIRON 22 SECONDES

- La valeur de Jx observée dès le lâcher des freins est de **0,12 / 0,13**. **La PC est affichée 5 secondes après le lâcher des freins**. Quatre secondes après l'affichage PC, la valeur de Jx observée atteint **0,33**, tandis que les paramètres moteur (régime, Tt7, S10) en PC sont nominaux.

- Le cap dévie à gauche consécutivement à l'établissement de la poussée maximum. La vitesse indiquée atteint environ 40 noeuds. La commande de direction est engagée à droite en butée de mesure. Trois secondes plus tard, alors que la déviation s'inverse vers la droite, la commande de direction est engagée à gauche en butée de mesure.
- **La manette des gaz est placée sur ralenti 9 secondes après l'affichage de la PC.** La vitesse indiquée a atteint environ 65 noeuds et décroît rapidement.
- Lorsque l'inclinaison à gauche s'accroît, lors de l'effacement du train gauche, la commande de gauchissement est engagée à droite et la profondeur à cabrer. La direction demeure engagée à gauche.
- Le répétiteur ambre s'allume de manière concomitante avec la coupure moteur (manette sur stop), lors de l'immobilisation de l'appareil. Cet allumage intervient trop tôt pour être lié à la séquence d'arrêt du moteur. Il pourrait être la conséquence d'une action au frein de parc, or à cet instant, la commande de profondeur et de gauchissement est toujours engagée à droite et à cabrer, et est relâchée une seconde après l'allumage du répétiteur. Selon l'avis du constructeur il est très probable qu'il s'agisse d'une signalisation de panne « alpha », compte tenu de l'écart différentiel observé entre les sondes d'incidence.
- Le répétiteur rouge s'allume 2 secondes environ après la coupure du moteur, et après l'allumage du répétiteur ambre.

ANNEXE 2

PRINCIPE DES CIRCUITS DE FREINAGE M2000D

1. CIRCUITS DE FREINAGE

Le M 2000 est équipé de deux circuits de freinage indépendants :

- un circuit de freinage normal, alimenté hydrauliquement par la génération circuit 1, qui permet d'obtenir :
 - un freinage progressif et différentiel normalement contrôlé par un système perfectionné anti-dérapant : le SPAD ;
 - un freinage non différentiel utilisé pour le point fixe : lorsque les pédales sont enfoncées à fond, que la manette des gaz est sur plein gaz et que l'amortisseur avant est comprimé.
- un circuit de freinage secours, alimenté hydrauliquement par la génération circuit 2, qui permet d'obtenir :
 - un freinage progressif et différentiel à partir des pédales ;
 - un freinage, non différentiel, utilisé pour le freinage au parking, à partir de la manette de commande de freinage au poste avant.

Signalisation :

La signalisation du freinage est matérialisée aux deux postes par :

- un voyant « FREIN », sur le panneau de configuration ;
- un voyant « SPAD », sur le panneau de configuration ;
- un voyant « PARK », sur le tableau des voyants d'alarme. Ce voyant commande l'allumage du répéteur de panne ambulance.

2. FREINAGE NORMAL.

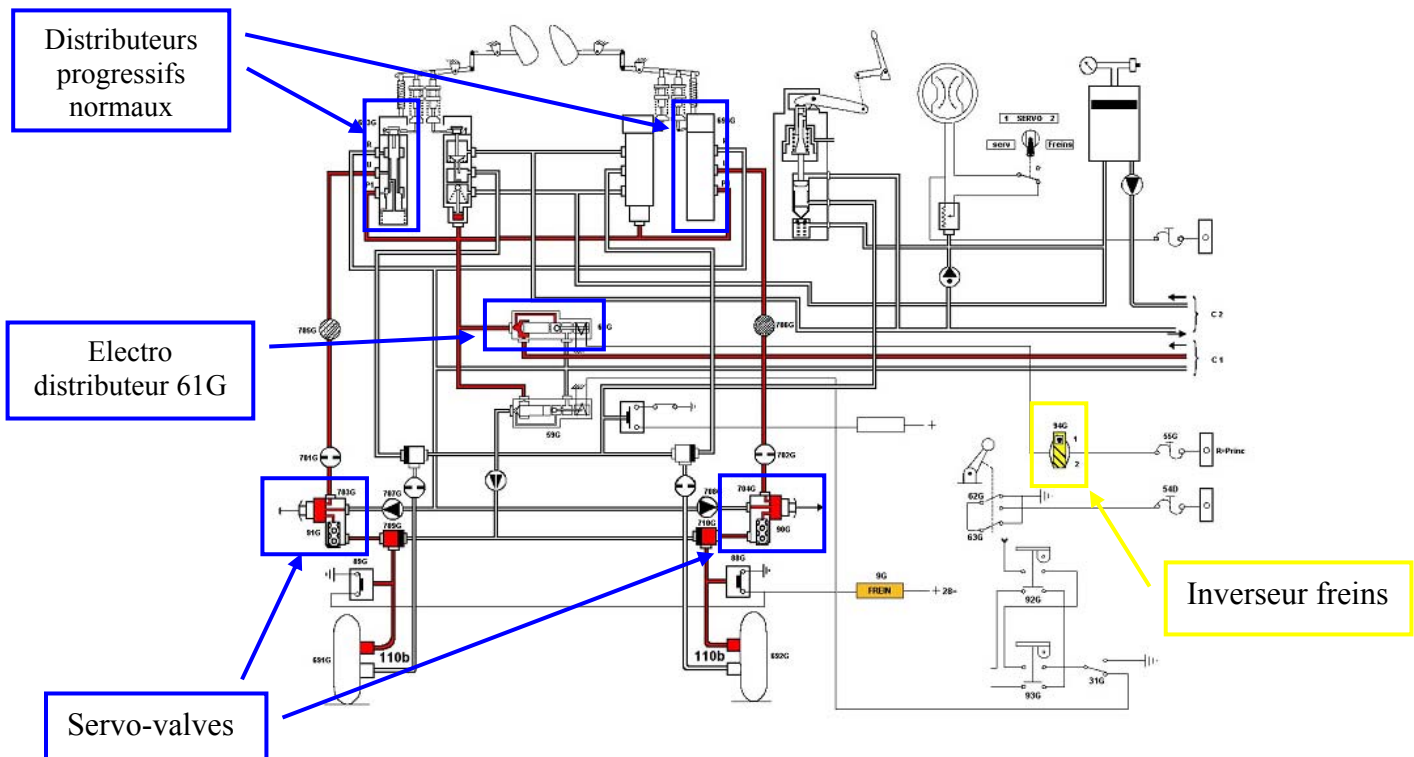


Schéma de principe du freinage normal

Le freinage normal est obtenu lorsque :

- l'inverseur « FREIN » est positionné sur la position « 1 » ;
- un des membres de l'équipage enfonce les pédales de l'un des deux postes.

La pression hydraulique de la génération circuit 1 est envoyée vers les distributeurs progressifs normaux au travers de l'électro-distributeur 61G.

L'enfoncement des pédales agit sur les leviers des distributeurs.

Les leviers poussent les tiroirs des distributeurs, les retours sont isolés.

La pression détendue par ces distributeurs est admise aux servo-valves SPAD 90G et 91G.

Celles-ci délivrent, vers les blocs de freins, une pression régulée de l'ordre de **100 bars** en fonction des ordres reçus du boîtier de régulation SPAD (détendeur à pression variable : $90 \leq P_{MAX} \leq 110B$).

La pression est admise aux blocs freins après passage dans les clapets navettes 709G et 710G.

Les mano-contacteurs 88G et 89G signalent la mise en pression du circuit par l'allumage du voyant « FREIN » sur les deux tableaux de configuration ($20 B < P < 28 B$).

3. FREINAGE POINT FIXE

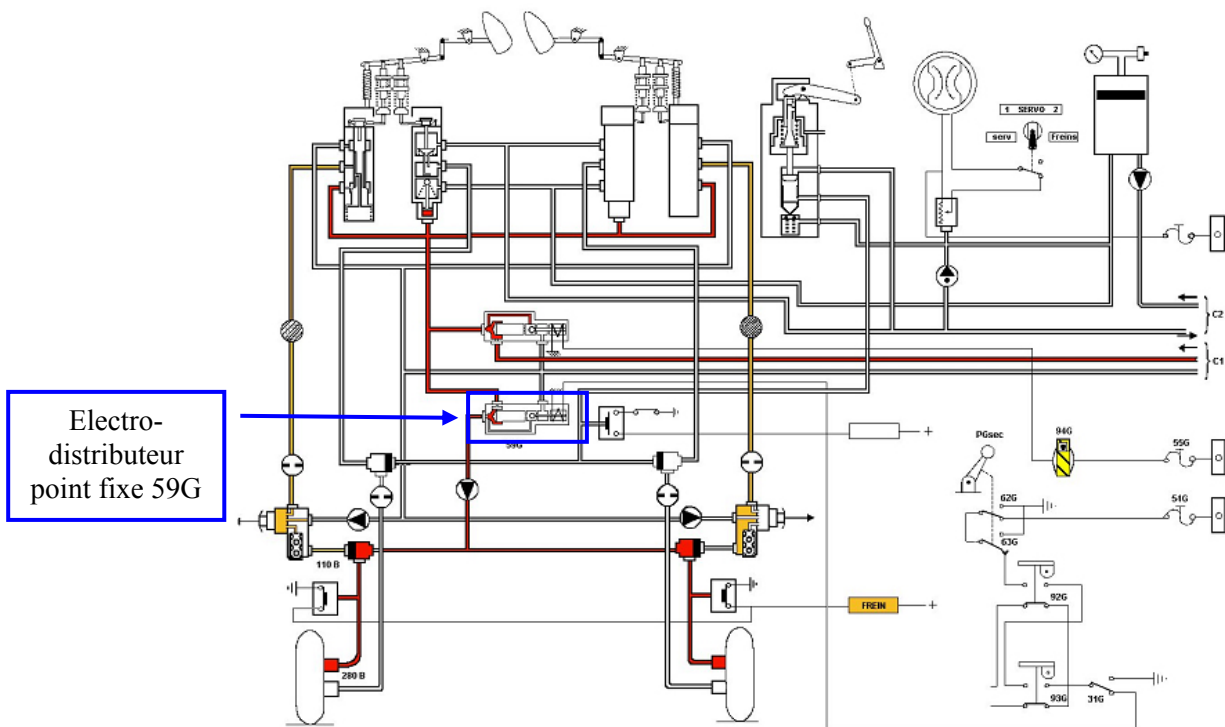


Schéma de principe du freinage point fixe

Le freinage point fixe est obtenu lorsque :

- l'inverseur « FREIN » situé en cabine est positionné sur « 1 » ;
- l'amortisseur du train auxiliaire est comprimé ;
- les 2 pédales sont enfoncées à fond ;
- la manette des gaz est positionnée sur plein gaz secs (régime supérieur ou égal à 80%).

L'électro-distributeur 59G est excité lorsque les micro rupteurs de la manette des gaz, des pédales et de l'amortisseur du train auxiliaire, montés en série sont fermés. Il envoie alors la pression hydraulique du circuit 1, soit environ **280 bars**, aux blocs de freins.

4. FREINAGE SECOURS.

Le freinage secours est obtenu lorsque :

- l'inverseur « FREIN » situé en cabine est positionné sur « 2 », ou automatiquement en cas de chute de pression du circuit 1 ;
- les pédales de l'un des deux postes sont enfoncées.

Chaque pédale est reliée à un **distributeur progressif secours**. Une bielle à ressort actionne le levier du distributeur progressif secours correspondant.

La pression hydraulique de la génération circuit 2 est envoyée vers les distributeurs progressif secours, au travers de l'accumulateur parking.

L'enfoncement des pédales agit sur les leviers des distributeurs, une pression détendue est envoyée vers les blocs de frein (**55 bars < P MAX < 70 bars**).

Ce freinage n'est pas régulé et dépend de la pression exercée sur les pédales.

5. FREINAGE PARKING

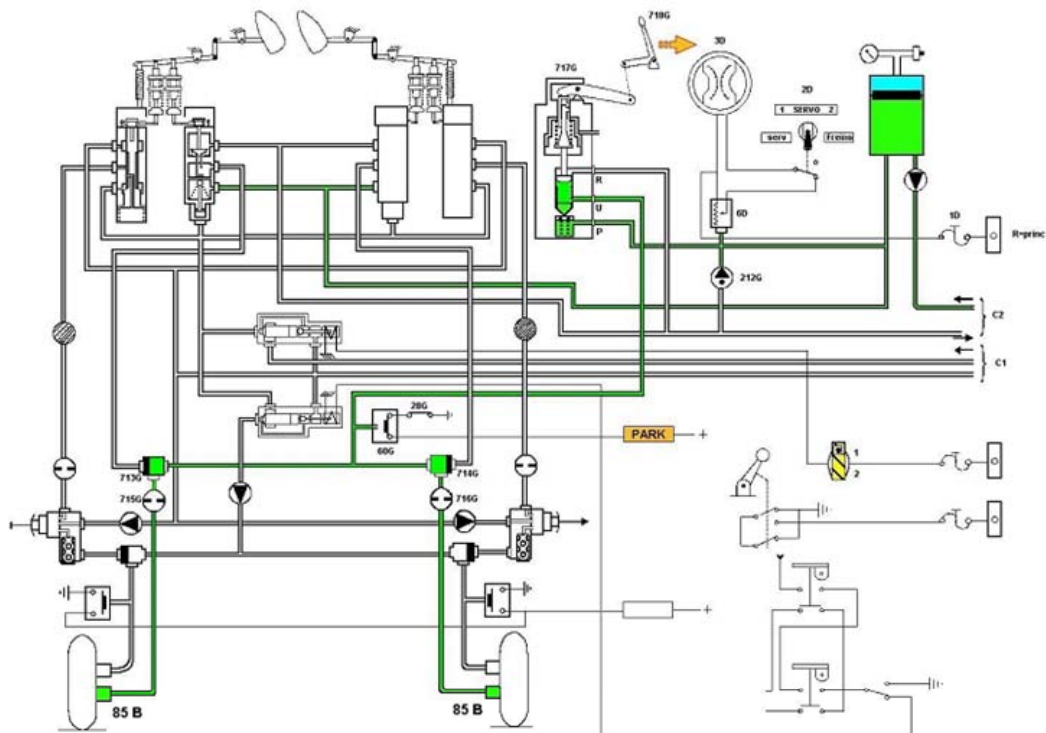


Schéma de principe du freinage parking

Le freinage parking est obtenu par traction de la manette de commande, située au poste avant, et verrouillable en position haute.

- La pression hydraulique de la génération circuit 2 est envoyée vers le distributeur progressif, au travers de l'accumulateur parking. La traction de la manette provoque le mouvement du levier du distributeur.
- La pression détendue par le distributeur à environ **80 bars** est envoyée, simultanément, au travers des clapets navettes 713G et 714G vers les blocs de freins.

ANNEXE 3

Extrait du manuel d'emploi basique (MEB)

Avant décollage et décollage

Lors du décollage, qui reste toujours un moment délicat du vol pour les jeunes pilotes, celui-ci doit être mentalement concentré et faire momentanément abstraction du reste de la mission. Les actions vitales à mener doivent être les suivantes :

Aligné sur la piste, vérifier la concordance des caps, l'altimètre à 0 (noter l'erreur) et l'horizon secours.

Avant la mise plein gaz, s'assurer que le train principal n'est pas sur les bandes blanches, surtout si la piste est mouillée.

L'avionique est dans la configuration suivante :

- TACAN : mode air-sol (jusqu'à ce que la SID soit terminée) puis mode air-air,
- UNI : DEST (QFU de départ) DATA ou PREP (prochain point tournant).

Afficher plein gaz, vérifier les paramètres du moteur (et leur concordance entre place avant et arrière)

Avant, le lâcher des freins, jeter un coup d'œil sur le tableau de panne pour, entre autres, voir si le frein de parc n'est pas tiré.

4. DECOLLAGE

4.1. Lâcher des freins course au décollage

Lâcher les freins. Dès que l'avion roule le pilote affiche pleine charge PC et l'annonce : "*PC branchée*"

Vérifier l'allumage du FAN et le débit (environ 300 kg) :

- PIL : "FAN allumé...300kg".

A 80 kt:

- le pilote annonce le Jx lu en VTH : "0.47", et annonce : "on continue" ou " on interromps, plein réduit, parachute, freinage".
- En cas d'absence de réaction du pilote à 90 kt, l'OSA annonce : « 90 kt ».