



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 11 avril 2007

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2006-017-A

Date de l'événement	1^{er} septembre 2006
Lieu	Tchoué (Tchad)
Type d'appareil	Mirage F1CT
Immatriculation	254 F-UHQH
Organisme	Armée de l'air
Unité	Régiment de chasse 02/030 « Normandie Niémen » Détachement F1 N'Djaména (Tchad)

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

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

UTILISATION DU RAPPORT

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

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	5
<i>Table des illustrations</i>	6
<i>Synopsis</i>	7
1 Renseignements de base	9
1.1 Déroulement du vol.....	9
1.1.1 Mission.....	9
1.1.2 Déroulement.....	9
1.1.2.1 Préparation du vol.....	9
1.1.2.2 Profil de la mission.....	9
1.1.2.3 Collision aviaire – Éjection – Impact de l'avion au sol	10
1.1.3 Localisation	10
1.2 Tués et blessés.....	11
1.3 Dommages à l'aéronef	11
1.4 Renseignements sur le personnel	11
1.4.1 Pilote.....	11
1.4.2 Leader de la patrouille.....	12
1.4.3 Autres personnels	12
1.5 Renseignements sur l'aéronef	13
1.6 Télécommunications	13
1.7 Enregistreurs de bord	14
1.8 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	15
1.9 Renseignements médicaux et pathologiques.....	20
1.10 Incendie.....	20
1.11 Survie des occupants	20
1.11.1 Éjection.....	20
1.11.2 Diffusion de l'alerte - Largage chaîne SATER	21
1.12 Organisation des secours.....	22
1.13 Essais et recherches.....	22
2 Analyse	23
2.1 Collision aviaire	23
2.2 Description du fonctionnement du réacteur	24
2.2.1 Détermination du moment de la collision aviaire et de l'instant de l'éjection.....	24
2.2.2 Fonctionnement du moteur après la collision aviaire et jusqu'à l'éjection du pilote.....	25
2.2.3 Description du fonctionnement du réacteur au moment de l'éjection du pilote	27
2.2.4 Description du fonctionnement du réacteur après l'éjection du pilote	29
2.2.5 Comparaison des accidents du 31 octobre 2000 et du 1 ^{er} septembre 2006.....	29
2.2.6 Retour d'expérience (données constructeur)	32
2.3 Éjection	32
2.3.1 Aide à la décision d'éjection	33
2.3.2 Initialisation de l'éjection	34
2.3.2.1 Hauteur d'éjection	34
2.3.2.2 Actions préparatoires à l'éjection	35
2.3.2.3 Effets physiologiques de l'éjection.....	36
2.3.3 Largage de la chaîne SATER	37
2.4 Dépouillement de l'enregistreur d'accident	39
2.4.1 Constat.....	39
2.4.2 Étude du BEA (Extraits).....	41
2.4.3 Conclusion sur le dépouillement de l'enregistreur d'accident.....	42

3 Conclusion	43
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement.....	43
3.2 Déroulement de l'événement	43
4 Recommandations de sécurité	45
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	45
4.1.1 Préliminaire	45
4.1.2 Aide à la décision d'éjection	45
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement.....	46
4.2.1 Maintenance des enregistreurs de paramètres	46
4.2.2 Check-lists éjection	47

GLOSSAIRE

BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
BEAD-air	Bureau Enquête Accidents Défense air
CFA	Commandement de la force aérienne
CPSA-air	Conseil permanent de sécurité aérienne air
ft	<i>Feet</i> - pieds
kt	<i>Knot</i> - pieds
SATER	Plan de sauvetage terrestre
SEM	Super Etendard Modernisé
UHF	<i>Ultra high frequency</i> – Ultra haute fréquence
VHF	<i>Very high frequency</i> – Très haute fréquence

TABLE DES ILLUSTRATIONS

➤ Photographies de l'épave de l'aéronef	
Photo 1 : vue d'ensemble _____	p 16
Photo 2 : début de la trace au sol _____	p 17
Photo 3 : l'aéronef s'est désintégré tout au long de sa glissade au sol _____	p 18
Photo 4 : l'appareil a brûlé _____	p 18
Photo 5 : morceau de planche de bord _____	p 18
Photo 6 : moteur _____	p 18
Photo 7 : tuyère _____	p 18
Photo 8 : choc d'un volatile au niveau du raccord du réservoir pendulaire largable (RPL) et de la poutre ventrale _____	p 19
Photo 9 : fragments externes au RPL _____	p 19
Photo 10 : fragments internes au RPL _____	p 19
Figure 5 : comparaison des fonctionnements des moteurs suite à l'éjection des pilotes entre les accidents de 2000 et de 2006 _____	p 31
➤ Dépouillement de l'enregistreur d'accident : planches de paramètres (réalisées par SNECMA groupe SAFRAN)	
Figure 1 : paramètres moteur au moment de la collision aviaire _____	p 26
Figure 2 : paramètres moteur entre la collision aviaire et l'éjection du pilote _____	p 27
Figure 3 : paramètres moteur au moment de l'éjection du pilote _____	p 28
Figure 4 : comparaison des décrochages des moteurs entre les accidents de 2000 et de 2006 _____	p 30
Figure 5 : comparaison des fonctionnements des moteurs suite à l'éjection des pilotes entre les accidents de 2000 et de 2006 _____	p 31
Figure 6 : paramètres inexacts de l'enregistreur d'accident _____	p 40

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 1^{er} septembre 2006 vers 10 heures 55¹ ;
- Lieu de l'événement : Tchoué (Tchad) ;
- Organisme : armée de l'air ;
- Commandement : CFA (commandement de la force aérienne) ;
- Unité : régiment de chasse 02/030 « Normandie Niémen » / Détachement Mirage F1 N'Djaména (Tchad) ;
- Aéronef : Mirage F1CT n° 254 ;
- Nature du vol : mission opérationnelle en très basse altitude ;
- Nombre de personne à bord : 1.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

En mission opérationnelle en très basse altitude au Tchad, le pilote n°2 d'une patrouille légère subit une collision aviaire. La dégradation des performances du moteur contraint le pilote à s'éjecter.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales du lieu de l'accident. Il convient d'ajouter 1 heure pour avoir l'heure légale en France à la date de l'accident.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé enquêteur désigné ;
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage F1CT ;
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Mirage F1CT ;
- Un médecin du personnel navigant ;
- Un officier parachutiste d'essai.

Autres experts consultés

- Dassault aviation ;
- SNECMA.

Déclenchement de l'enquête technique

La permanence du BEAD-air a été prévenue, par téléphone, en fin de matinée le 1^{er} septembre 2006.

Les experts pilote, mécanicien et médecin, présents à N'Djaména, ont débuté leurs investigations dès l'après midi du 1^{er} septembre 2006.

L'enquêteur désigné et l'expert parachutiste d'essai ont rejoint N'Djaména dans la soirée du 02 septembre 2006.

Enquête judiciaire

- Le Tribunal aux armées de Paris s'est saisi de l'affaire ;
- Un officier de police judiciaire a été commis.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	PYTHON BRAVO
Type de vol	CAM V ²
Type de mission	Mission opérationnelle en très basse altitude
Dernier point de départ	N'Djaména
Heure de départ	08 heures 20
Point d'atterrissage prévu	N'Djaména

1.1.2 Déroulement

1.1.2.1 Préparation du vol

Le vol a été planifié, préparé et *briefé* la veille. Le matin, un *briefing* de réactualisation, notamment en ce qui concerne les conditions météorologiques, a été réalisé.

1.1.2.2 Profil de la mission

Le profil prévu pour la mission était le suivant :

- trajet en moyenne altitude pour rejoindre le C 135 FR (avion ravitailleur) ;
- ravitaillement en vol ;
- mission opérationnelle en très basse altitude (1^{ère} partie) ;
- ravitaillement en vol en moyenne altitude ;
- mission opérationnelle en très basse altitude (2^{ème} partie) ;
- retour sur N'Djaména en moyenne altitude.

² CAM-V : Circulation aérienne militaire selon les règles du vol à vue.

1.1.2.3 Collision aviaire – Éjection – Impact de l'avion au sol

À la fin de la mission opérationnelle en très basse altitude, avant de débiter la montée en moyenne altitude pour le retour sur N'Djaména, l'équipier, en FMO³ sur le *leader*, aperçoit un oiseau venant sur l'avant droit de son appareil. Il n'a pas le temps de l'éviter, ressent un choc, entend le bruit anormal du réacteur (comme le bruit d'une « mobylette ») et sent une odeur de brûlé. Il cabre en annonçant la collision aviaire tout en virant pour prendre le cap retour sur N'Djaména. La puissance du moteur étant insuffisante pour maintenir le vol en palier, il largue le bidon. La performance du moteur ne permettant pas de poursuivre le vol, il s'éjecte.

Après l'éjection du pilote, l'appareil poursuit en descente, suivi par le *leader*. À une centaine de pieds du sol, le moteur retrouve un fonctionnement suffisant pour permettre le vol. L'avion vole alors 37 minutes avant de s'écraser dans une zone déserte.

1.1.3 Localisation

➤ Lieu :

⇒ pays : Tchad ;

⇒ commune : Tchoué, près de Mongo ;

⇒ coordonnées géographiques du lieu de l'éjection :

▪ N 12°26'25 ;

▪ E 019°26'85.

⇒ hauteur : environ 450 mètres.

➤ Moment : jour.

³ FMO : Formation de manœuvre offensive.

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves	1 ⁴		
Légères			
Aucunes			

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
FICT n°254		X		

1.4 Renseignements sur le personnel

1.4.1 Pilote

- Âge : 31 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : régiment de chasse 02/030 « Normandie Niémen » /
Détachement Mirage F1 N'Djaména ;
⇒ fonction dans l'unité : adjoint à l'officier de guerre électronique.
- Qualification : chef de patrouille depuis 2003.

⁴ Est considérée comme blessure grave, toute blessure que subit une personne au cours d'un accident et qui nécessite l'hospitalisation pendant plus de quarante-huit heures...

➤ Heures de vol comme pilote :

Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
Sur tous types	Dont sur Mirage F1CT	Sur Mirage F1CT	Sur Mirage F1CT
1800	1000	110	30

➤ Date du dernier vol comme pilote sur Mirage F1CT : 31 août 2006 ;

➤ Carte de circulation aérienne :

⇒ type : carte VSV⁵ norme « VERTE » ;

⇒ date d'expiration : juin 2007.

1.4.2 Leader de la patrouille

Le *leader* de la patrouille, chef de patrouille depuis 2005, totalise plus de 1300 heures de vol dont 1000 heures sur Mirage F1. Il assure la fonction de commandant d'escadrille au Régiment de chasse 02/030 « Normandie Niémen ».

1.4.3 Autres personnels

Lors de la collision aviaire, une patrouille de 2 Mirage F1 CR est en cours de ravitaillement en vol sur le C 135FR. L'équipage de ce dernier a en charge la chaîne SATER⁶.

⁵ VSV : Vol sans visibilité. La norme, « BLANCHE » ou « VERTE » qualifie les minima météorologiques minimum du pilote pour l'atterrissage en vol aux instruments.

⁶ SATER : Plan de sauvetage terrestre.

1.5 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air ;
- Commandement : CFA ;
- Unité : régiment de chasse 02/030 « Normandie Niemen » / Détachement Mirage F1 N'Djaména ;
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 123 Colmar / Détachement Mirage F1 N'Djaména ;
- Type d'aéronef : Mirage F1CT équipé d'un réservoir pendulaire largable ;
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Mirage F1CT	254	4850h00	GV 3 ⁷ : 509h55	
Moteur	ATAR 9K50	11633	419h45	VP ⁸ : 33h05	SERI ⁹ : 419h45

- Carburant:
 - ⇒ Type de carburant utilisé : F-34 ;
 - ⇒ Quantité de carburant au décollage : 6530 litres ;
 - ⇒ Quantité de carburant estimée au moment de l'événement : 3000 litres.

1.6 Télécommunications

Les Mirage F1CT sont équipés de deux postes radio. Un poste V/UHF¹⁰ et un poste UHF¹¹. Au moment de la collision aviaire, sur le premier poste, le pilote est sur une fréquence interne à la patrouille et, sur le second poste, sur celle des opérations de N'Djaména, fréquence commune à l'ensemble des avions en vol.

⁷ GV3 ; troisième grande visite.

⁸ VP ; visite périodique.

⁹ SERI ; révision générale.

¹⁰ V/UHF : *Very/Ultra high frequency* – Très haute fréquence.

¹¹ UHF : *Ultra high frequency* - Ultra haute fréquence.

Le C 135 FR, avec à son bord la chaîne SATER, est équipé de :

- 2 postes radio UHF ;
- 2 postes radio VHF ;
- 2 postes radio HF¹².

Le jour de l'accident, le C135 FR est en réserve de vol « radio »¹³ : le poste UHF avec la fonction *homing* est hors service¹⁴. Le poste UHF restant, poste *Have Quick*, ne permet pas l'écoute de la fréquence de détresse (« Garde ») lorsqu'une autre fréquence est sélectionnée.

1.7 Enregistreurs de bord

Les Mirages F1CT sont équipés d'un enregistreur d'accident à bande de marque ENERTEC et d'un enregistreur Hi-8 de la visualisation tête haute et des conversations radio émises et entendues par le pilote.

- Avion de l'équipier : l'enregistreur d'accident a été récupéré. En revanche, l'enregistrement Hi-8 a été détruit dans l'accident ;
- Avion du *leader* : la cassette de l'enregistrement Hi-8 a été dépouillée. Toutefois, l'enregistrement n'a débuté qu'après l'éjection de l'équipier¹⁵.

¹² HF : *High frequency* – Haute fréquence.

¹³ Il semble que la panne radio était connue depuis l'arrivée du C 135 FR au Tchad et que la réparation ne pouvait se faire faute de pièce de rechange.

¹⁴ Ce poste est en panne depuis environ un mois.

¹⁵ Les cassettes ont une autonomie d'une heure et demie. Compte tenu de la durée du vol, les pilotes déclenchent l'enregistrement uniquement au décollage, lors des ravitaillements en vol et à l'atterrissage.

1.8 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef, avant de toucher le sol, a heurté un arbre dont il a cassé quelques branches¹⁶. Peu après, et avant le début de la trace au sol, un morceau du feu rouge d'extrémité de l'aile gauche a été retrouvé.

Il n'y a pas de cratère et l'aéronef s'est désintégré tout en glissant sur une longueur de plusieurs centaines de mètres. Tous les morceaux sont concentrés autour d'un axe moyen dans le prolongement du secteur d'arrivée de l'avion (photos 1 à 7 ci-après).

Par ailleurs, des fragments de volatile ont été découverts sur le réservoir pendulaire largable au niveau de la poutre d'attache fuselage. Sa découpe révèle qu'une partie de l'oiseau a pénétré à l'intérieur (photos 8 à 11 ci-après).

¹⁶ Elles ont été retrouvées au pied de l'arbre. L'aspect encore frais de leur extrémité rompue et leurs feuilles encore vertes témoignent d'une cassure récente.

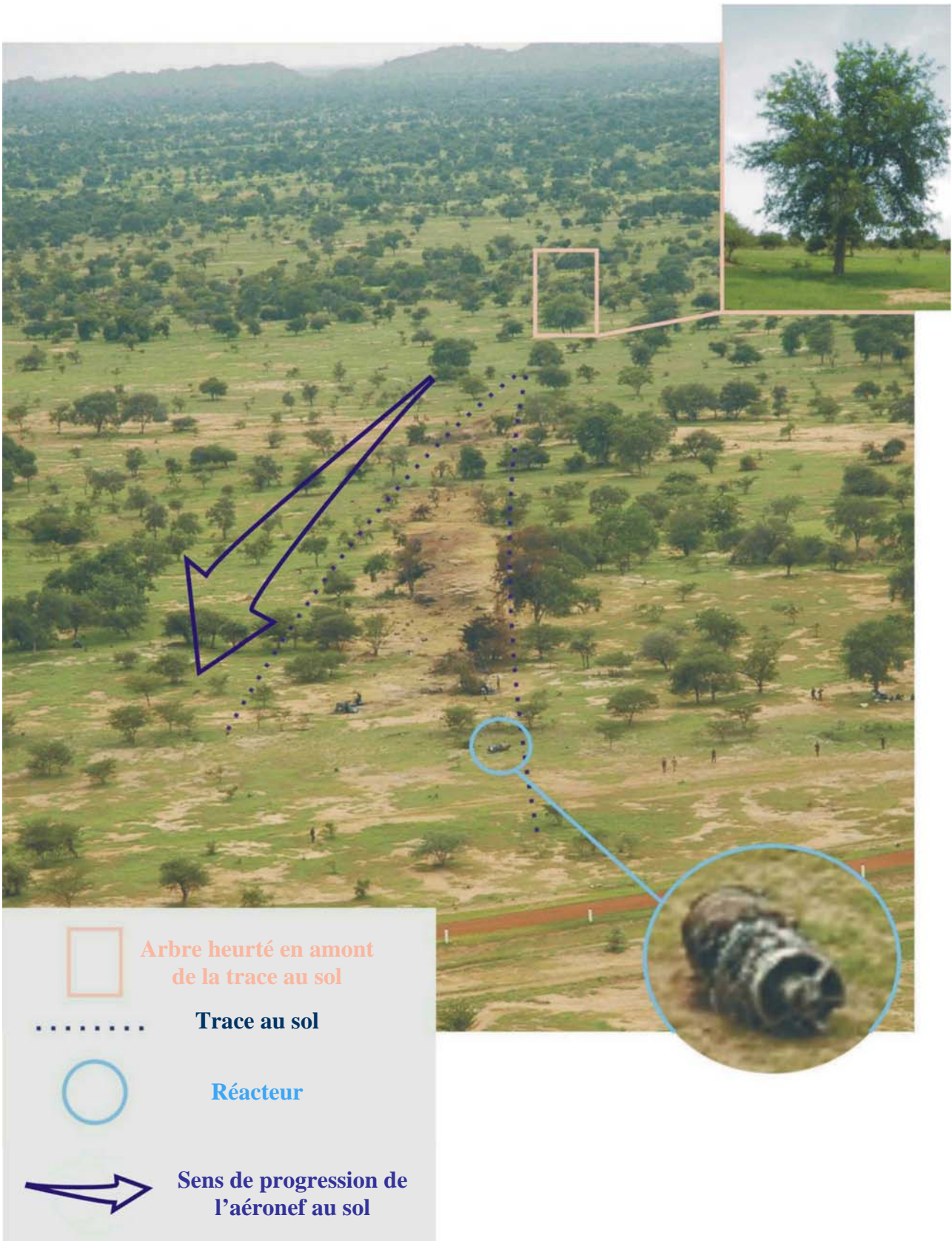


Photo 1 : vue d'ensemble

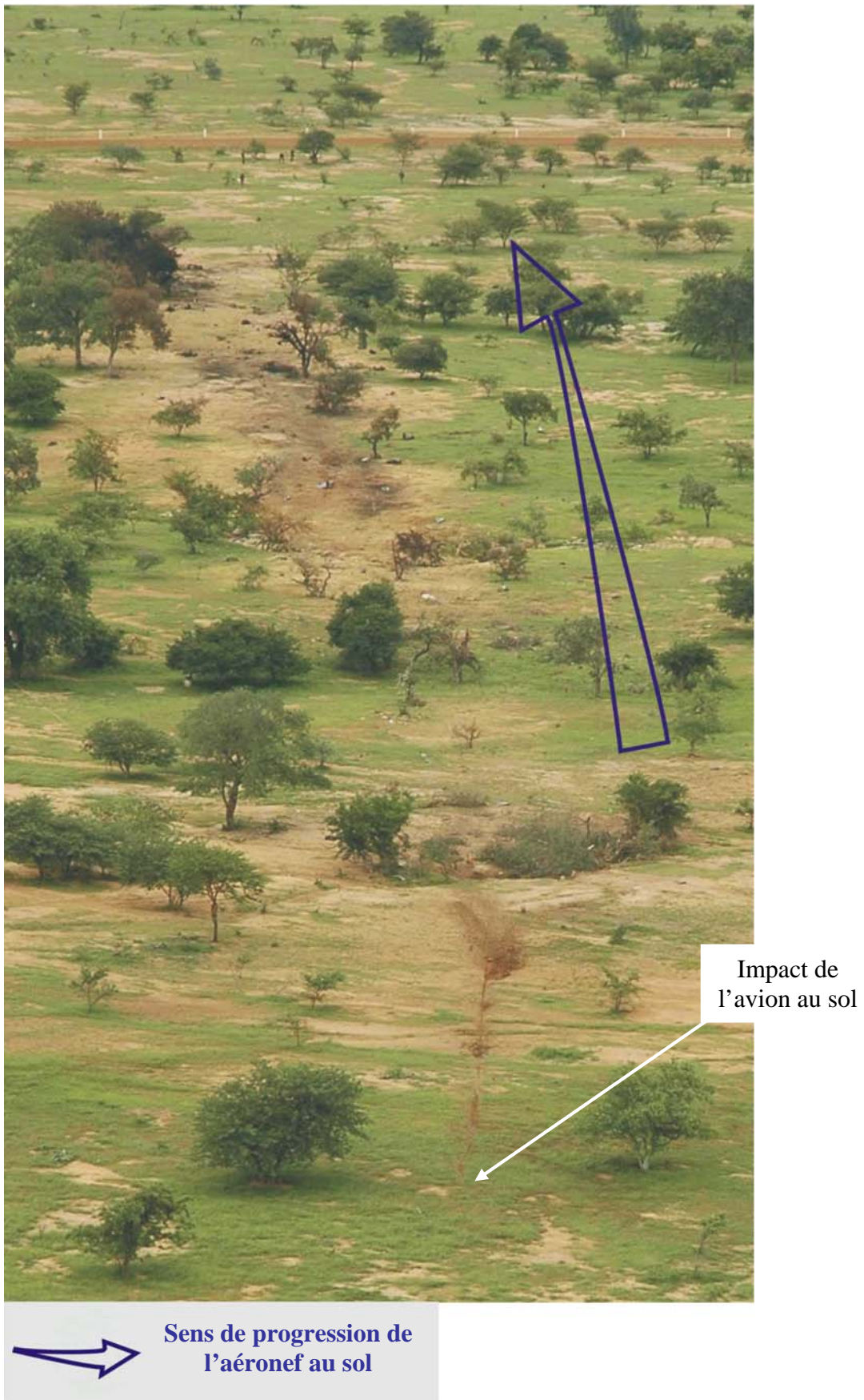


Photo 2 : début de la trace au sol



Photo 3 : l'aéronef s'est désintégré tout au long de sa glissade au sol



Photo 4 : l'appareil a brûlé



Photo 5 : morceau de planche de bord



Photo 6 : moteur



Photo 7 : tuyère



Photo 8 : choc d'un volatile au niveau du raccord du réservoir pendulaire largable (RPL) et de la poutre ventrale



Photo 9 : fragments externes au RPL



Photo 10 : fragments internes au RPL



Photo 11 : pénétration d'une partie du volatile dans le réservoir pendulaire largable

1.9 Renseignements médicaux et pathologiques

Le pilote était apte au vol.

- Examens biologiques : réalisés ;
- Blessures :
 - ⇒ lombalgie basse d'allure musculaire sans critère de gravité et avec bilan radiologique normal ;
 - ⇒ entorse cervicale ;
 - ⇒ fracture du corps de la douzième vertèbre dorsale.

1.10 Incendie

L'incendie qui s'est déclaré est consécutif à la collision de l'avion avec le sol.

1.11 Survie des occupants

1.11.1 Éjection

- Type de siège éjectable : Martin Baker MK 10 ;
- Éléments au moment de l'éjection (enregistreur d'accident) :
 - ⇒ hauteur : 400 ft¹⁷ ;
 - ⇒ vitesse : 188 kt¹⁸ ;
 - ⇒ vitesse verticale : 1380 pieds / mn (23 pieds /s).
- Données morphologiques (pilote) :
 - ⇒ Taille : 1 mètre 69 ;
 - ⇒ Poids : 70 kg.

¹⁷ ft : *feet* – pieds (1 ft = 0,30 mètre).

¹⁸ kt : *knot* – nœud (1 kt = 1,852 km/h).

Les investigations menées lors de l'enquête technique révèlent :

- qu'un sachet d'eau dans le paquetage de survie était percé¹⁹ ;
- que le pilote ne portait pas les chaussettes de vol ignifugées²⁰.

1.11.2 Diffusion de l'alerte - Largage chaîne SATER

Dès l'annonce de la collision aviaire, le *leader* reste en visuel de son équipier afin de pouvoir lui apporter assistance. Il transmet les coordonnées de l'éjection à l'équipage du C 135 FR qui assure le relais pour le déclenchement des secours. Après l'éjection de l'équipier, il constate que l'appareil de ce dernier poursuit un instant sa trajectoire vers le sol avant de reprendre de l'altitude. Tout en assurant la surveillance de l'avion qui oscille entre 2000 ft et 8000 ft, il s'enquiert de l'état du pilote. Il en tient informé l'équipage du C 135 FR qui est en route vers le lieu du crash.

Contraint, faute de carburant, de rejoindre le C 135 FR pour ravitailler, il perd le visuel sur l'avion de l'équipier. Toutefois, ayant une information de distance sur cet avion²¹, il peut assurer la sécurité anti-abordage du dispositif. En fin de ravitaillement en vol, la distance avec l'avion de l'équipier diminuant de façon progressive²², le *leader* ordonne, à l'équipage du C 135 FR, de monter d'urgence afin de se mettre en sécurité²³.

Ne parvenant pas à rétablir le contact visuel sur l'avion de l'équipier et estimant qu'il a dû s'écraser au sol, le *leader* et l'équipage du C 135 FR décident de procéder au largage de la chaîne SATER. L'équipage du C 135 FR descend alors en très basse altitude pour le réaliser.

Au 3^{ème} passage du C 135 FR, le *leader* lui donne des informations de guidage pour l'amener à la verticale du pilote éjecté et lui annonce le TOP de largage de la chaîne SATER.

¹⁹ Les investigations menées à la suite d'éjections lors d'accidents récents avaient déjà mis en évidence des défauts de tenue d'éléments du paquetage de survie (pochette d'eau, antenne de la balise de détresse...). Le centre d'expertise aérienne de Mont de Marsan conduit, à ce jour, une étude afin de parfaire la fiabilité de ces équipements.

²⁰ Le service de réapprovisionnement à N'Djaména n'avait plus de chaussettes en stock.

²¹ Les avions, équipés d'un TACAN, disposent d'une fonction air/air permettant de connaître la distance les séparant. Avant l'éjection de l'équipier, les 2 pilotes avaient sélectionné cette fonction.

²² Bien que la progressivité de cette décroissance ne soit pas expliquée, la distance allant jusqu'à s'annuler, il semble qu'elle corresponde au moment de l'impact de l'avion de l'équipier avec le sol.

²³ Le *leader* avait vu que l'avion de l'équipier oscillait entre 2000 ft et 8000 ft. Il apparaissait donc qu'en se mettant au-dessus du niveau 200 l'équipage du C 135 FR était en sécurité. Cependant, le dépouillement de l'enregistreur d'accident montre que l'appareil de l'équipier est monté jusqu'à 16 000 ft pendant le ravitaillement en vol du *leader*.

1.12 Organisation des secours

Dès la diffusion de l'alerte, 2 équipes médicales sont constituées. L'une au départ d'Abéché, terrain le plus proche du lieu où se situe le pilote à secourir, l'autre au départ de N'Djaména. La première est chargée de récupérer le pilote à partir d'un hélicoptère et de le rapatrier sur Abéché où il sera ensuite pris en charge par la seconde pour être évacué, en C160, sur N'Djaména.

Chaque médecin responsable de son équipe médicale est chargé de la constitution de celle-ci²⁴ (équipe médicale et para médicale) et de l'organisation de son support logistique.

L'équipe médicale d'Abéché est opérationnelle en dix minutes, celle de N'Djaména est embarquée dans le C160 quinze minutes après la diffusion de l'alerte.

Dix minutes après avoir été ramené sur Abéché par hélicoptère, le pilote est évacué sur N'Djaména.

1.13 Essais et recherches

Il a été demandé, plus spécifiquement, à SNECMA :

- de caractériser le fonctionnement du moteur après la collision aviaire ;
- de déterminer les paramètres qui ont facilité, au moment de l'éjection, la reprise du moteur ;
- de mener une étude comparative sur des cas similaires notamment avec l'accident du 31 octobre 2000²⁵.

²⁴ Notamment, celle au départ de N'Djaména compte un médecin, une convoyeuse de l'air, un infirmier air et un auxiliaire sanitaire.

²⁵ Lors de cet accident survenu au Tchad, un pilote d'un Mirage F1 CT avait subi une collision aviaire. La performance du moteur ne permettant plus d'assurer le vol, le pilote avait été contraint à l'éjection. Le moteur avait ensuite retrouvé un fonctionnement suffisant pour permettre à l'avion de voler pendant 1h16 avant de s'écraser faute de carburant. Les investigations avaient révélé que l'oiseau ingéré était probablement un marabout (masse supérieure à 5 kg).

2 ANALYSE

L'événement est l'éjection du pilote d'un Mirage F1CT suite à une collision aviaire lors d'une mission opérationnelle en très basse altitude.

L'analyse envisage successivement :

- la collision aviaire ;
- la description du fonctionnement du réacteur ;
- l'éjection et l'organisation des secours ;
- le dépouillement de l'enregistreur d'accident où il est apparu que plusieurs paramètres étaient incorrects.

2.1 Collision aviaire

La collision aviaire se produit alors que l'aéronef est en très basse altitude, au-dessus d'une zone humide, pendant la saison des pluies au Tchad.

La programmation de missions dans de telles conditions majore le risque de collision aviaire. De plus, compte tenu de la taille importante des espèces d'oiseaux présentes en Afrique, les dégâts potentiels sont eux aussi majorés.

En outre, la mission étant imposée (mission opérationnelle), le risque de collision aviaire ne pouvait être que difficilement géré par le pilote au travers d'une vigilance accrue lors des phases en très basse altitude²⁶.

La programmation de la mission opérationnelle en très basse altitude au-dessus d'une zone humide, pendant la période des pluies au Tchad, a majoré le risque de collision aviaire.

²⁶ Le pilote n'avait pas le choix de l'itinéraire suivi.

2.2 Description du fonctionnement du réacteur

Les éléments présentés ci-après résultent de l'étude menée par le constructeur à partir du dépouillement de l'enregistreur d'accident. L'origine des temps a été prise au décollage. Les courbes présentées sont graduées en seconde sur l'axe des temps. Les points suivants sont abordés successivement :

- détermination du moment de la collision aviaire et de l'instant de l'éjection ;
- description du fonctionnement du moteur :
 - ⇒ de la collision aviaire à l'éjection du pilote ;
 - ⇒ à l'éjection du pilote ;
 - ⇒ après l'éjection du pilote.
- étude comparative du fonctionnement du moteur entre l'accident du 31 octobre 2000 (éjection suite collision aviaire au Tchad) et l'accident du 1^{er} septembre 2006 ;
- retour d'expérience (données constructeur) sur les conséquences des collisions aviaires sur les moteurs.

2.2.1 Détermination du moment de la collision aviaire et de l'instant de l'éjection

À $T = 35481,3$ s, l'étude des paramètres du moteur indique un fonctionnement anormal de celui-ci.

Alors que la manette des gaz est ramenée vers l'arrière et passe de 45° à 34° :

- le régime du moteur (N) diminue à un niveau anormalement bas (il passe de 8000 tr/min à 6000 tr/mn) ;
- la température du moteur (T4) croît (elle augmente vers 600°) ;
- la section tuyère (S5) part anormalement vers la pleine ouverture et n'est plus en cohérence avec les paramètres N et T4.

L'instant $T = 35481,3$ secondes est retenu comme étant le moment de la collision aviaire.

L'instant de l'éjection a été positionné au lâché de la commande de pilotage²⁷ (paramètres « position manche » figés) : $T = 35577,5$ s.

L'instant $T = 35577,5$ secondes est retenu comme étant l'instant de l'éjection.

2.2.2 Fonctionnement du moteur après la collision aviaire et jusqu'à l'éjection du pilote

Au moment de la collision aviaire, les paramètres du moteur sont caractéristiques d'un décrochage.

(Figure 1 : paramètres moteur au moment de la collision aviaire et Figure 2 : paramètres moteur entre la collision aviaire et l'éjection du pilote, ci-dessous)

Bien que le pilote pense ne pas avoir modifié le régime moteur par la suite, le dépouillement de l'enregistreur d'accident montre que pendant les 8 secondes qui ont suivi la collision aviaire, la manette des gaz à tout d'abord été reculée puis avancée jusqu'au plein gaz sec.

Juste avant la collision aviaire, le pilote était dans une logique d'augmenter la puissance du moteur²⁸, vraisemblablement jusqu'au plein gaz sec, car la patrouille se préparait à monter en moyenne altitude pour revenir sur N'Djaména. Au moment de la collision aviaire, le sentiment de peur devant l'imminence du choc a pu conduire le pilote à reculer la manette des gaz. Puis, sans qu'il en ait conscience, poursuivant sa logique initiale et face à la perte de puissance, il aurait amené progressivement la manette au plein gaz sec.

Parallèlement, le pilote positionne son avion sur une trajectoire ascendante. La puissance disponible se réduisant, la vitesse diminue et, de façon mécanique, l'incidence augmente. L'apport de carburant, d'une part, et la diminution du flux d'air, d'autre part, ne sont alors pas favorables à la résorption du décrochage partiel du compresseur.

Jusqu'à l'éjection, le régime du moteur décroît de façon progressive et, simultanément, la température augmente. La tuyère reste pleine ouverte. Ce fonctionnement est

²⁷ Compte tenu d'un dysfonctionnement de l'enregistreur d'accident, le paramètre « accélération verticale » (Jz) est inexploitable.

²⁸ Au moment de la collision aviaire, le pilote avance la manette des gaz qui passe de 33° à 45°.

caractéristique d'un décrochage partiel qui n'est pas apparu de façon franche et qui ne peut pas être considéré comme sévère (informations SNECMA).

Suite à la collision aviaire, les paramètres du moteur sont caractéristiques d'un décrochage partiel.

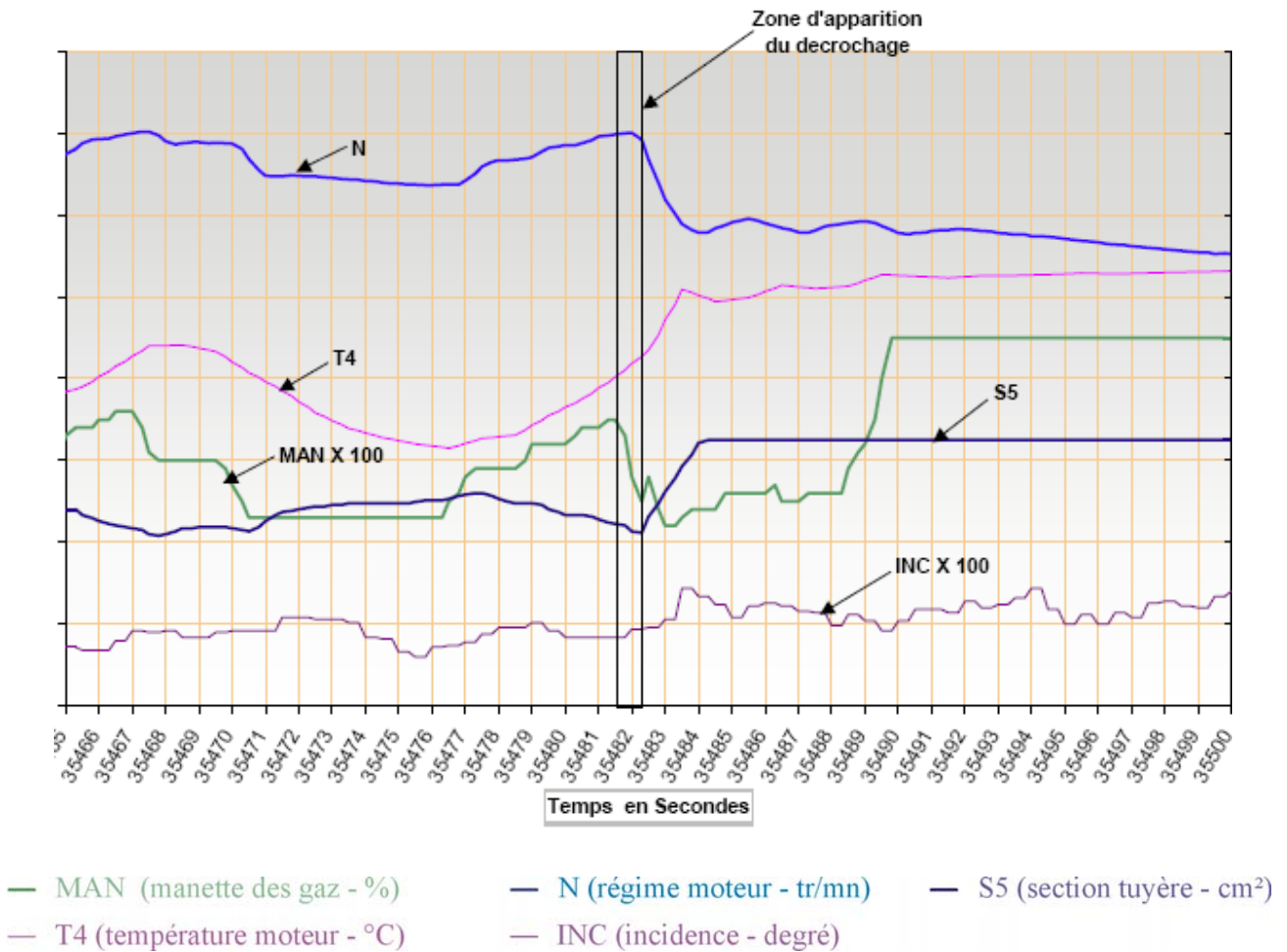


Figure 1 : paramètres moteur au moment de la collision aviaire (source SNECMA – SAFRAN)

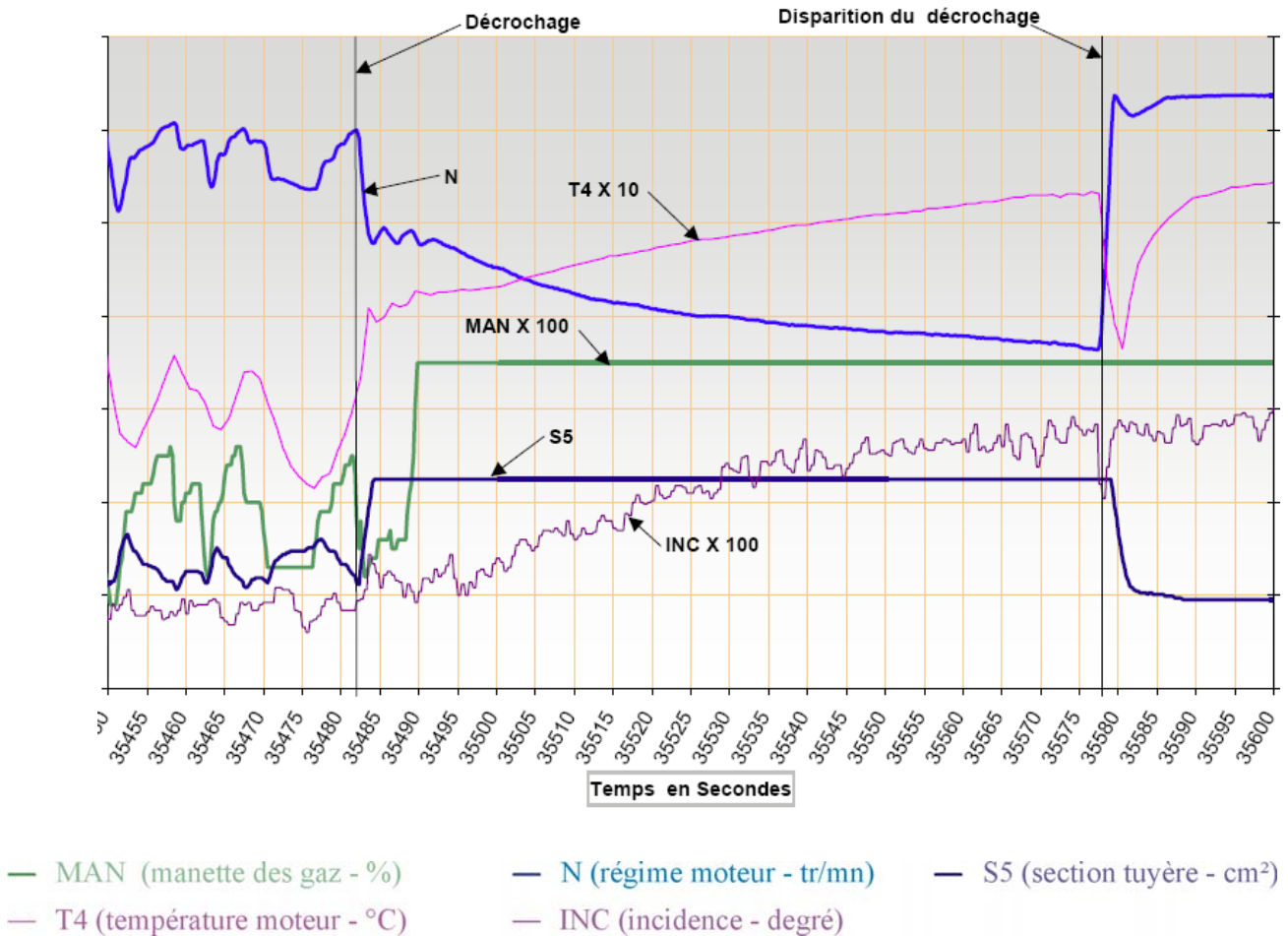


Figure 2 : paramètres moteur entre la collision aviaire et l'éjection du pilote (source SNECMA – SAFRAN)

2.2.3 Description du fonctionnement du réacteur au moment de l'éjection du pilote

D'une part, pour résorber un décrochage partiel, 2 conditions doivent être respectées :

- réduire l'apport en carburant, cette action étant obtenue par réduction, par le pilote, du régime moteur ;
- diminuer l'incidence afin de favoriser l'alimentation en air du réacteur.

D'autre part, sur ATAR 9K50, la logique « d'écrtage de la butée d'accélération » apporte une protection supplémentaire du réacteur contre d'éventuels décrochages. Elle s'appuie sur le principe de la diminution automatique de l'apport en carburant dès lors que l'incidence passe au-delà de 14°.

Le jour de l'accident, dans les secondes qui précèdent l'éjection l'incidence de l'aéronef passe au-dessus de 14° ²⁹. L'activation de la butée d'écrêtage réduit donc l'apport en carburant. Au moment de l'éjection, l'incidence diminuant d'environ 4° , l'alimentation en air du réacteur est alors favorisée.

L'activation de la butée d'écrêtage, dans un premier temps, conjuguée à la diminution de l'incidence au moment de l'éjection, dans un deuxième temps, ont pu conduire à la résorption du décrochage partiel.

Au moment où le pilote s'éjecte, l'aéronef se retrouve donc dans une configuration de vol propice à la disparition du décrochage.

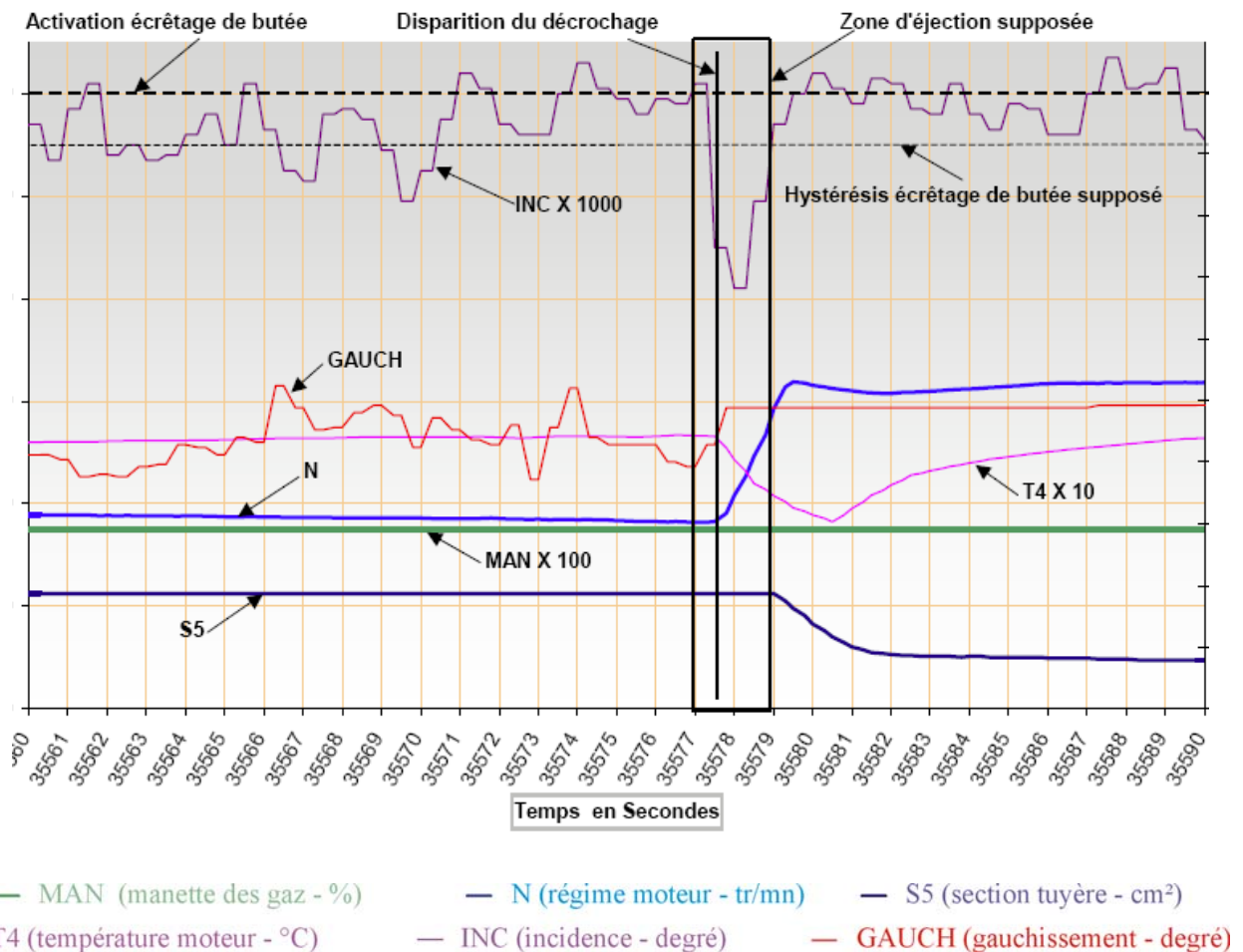


Figure 3 : paramètres moteur au moment de l'éjection du pilote (source SNECMA – SAFRAN)

²⁹ Dans la logique d'écrêtage, bien qu'elle soit redescendue en dessous de 14° , la régulation prend en compte une valeur supérieure d'incidence pendant encore un laps de temps (hystérésis).

2.2.4 Description du fonctionnement du réacteur après l'éjection du pilote

L'examen des paramètres issus de l'enregistreur d'accident et l'analyse par modèle aérothermodynamique³⁰ montrent un fonctionnement du moteur identique après l'éjection du pilote à celui d'avant la collision aviaire.

L'évolution des paramètres du moteur, après l'éjection du pilote, témoigne de la disparition du décrochage partiel et du retour à un fonctionnement sain.

2.2.5 Comparaison des accidents du 31 octobre 2000 et du 1^{er} septembre 2006

Le 31 octobre 2000, lors d'un vol en très basse altitude au Tchad, le pilote d'un Mirage F1 CT est victime d'une collision aviaire. Après avoir largué le réservoir pendulaire, le pilote est contraint à l'éjection en raison de la puissance insuffisante du réacteur pour maintenir le vol. Après l'éjection, le réacteur retrouve un fonctionnement « normal » et l'avion vole pendant 1 heure 16 avant de s'écraser faute de carburant.

La comparaison des accidents du 31 octobre 2000 et du 1^{er} septembre 2006 (Figure 4 : comparaison des décrochages des moteurs entre les accidents de 2000 et de 2006 et Figure 5 : comparaison des fonctionnements des moteurs suite à l'éjection des pilotes entre les accidents de 2000 et de 2006, ci-dessous) met en évidence des similitudes :

- dans les actions des 2 pilotes concernés : ils n'ont pas conscience d'avoir manœuvré la manette des gaz après la collision aviaire :
 - ⇒ ils réduisent la puissance du moteur au moment de la collision aviaire ;
 - ⇒ ils augmentent ensuite progressivement (une dizaine de secondes), la puissance du moteur vers le plein gaz sec.
- dans leur analyse du dysfonctionnement du moteur auquel ils sont confrontés. Ils n'identifient pas le décrochage partiel et pensent, en raison du bruit persistant provenant du moteur, que ce dernier est nécessairement endommagé ;

³⁰ Permet, entre autre, de s'assurer de la qualité de la veine d'air.

- dans l'évolution des paramètres des moteurs, à partir de la collision aviaire et jusqu'au crash des aéronefs :
 - ⇒ le décrochage partiel s'initie, évolue et se résorbe de façon identique lors des 2 accidents ;
 - ⇒ l'analyse par modèle aérothermodynamique donne des résultats similaires dans les 2 cas.

Ces ressemblances, d'une part, montrent la constance des réactions humaines face à la surprise de la collision aviaire et, d'autre part, semblent indiquer que les moteurs n'ont subi que peu d'endommagements³¹.

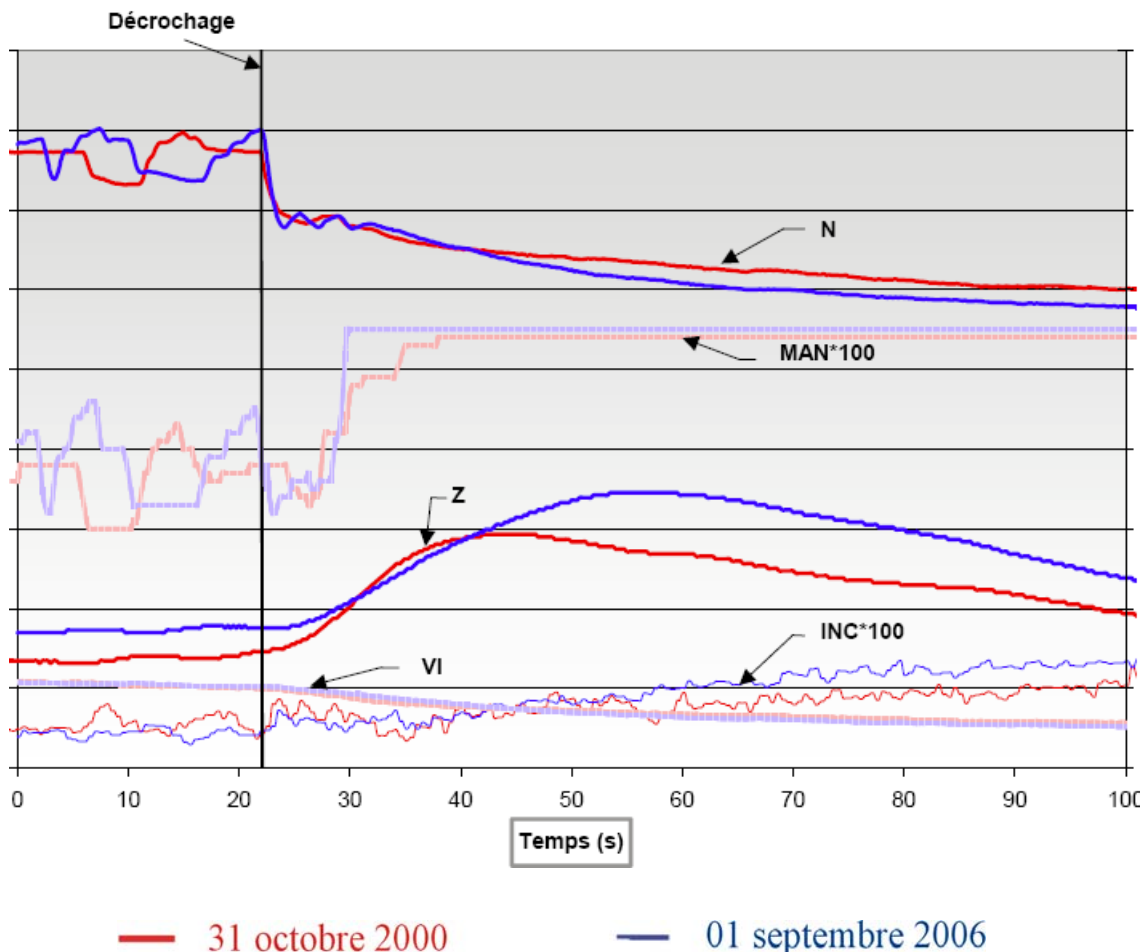


Figure 4 : comparaison des décrochages des moteurs entre les accidents de 2000 et de 2006

(source SNECMA – SAFRAN)

³¹ Il paraît peu vraisemblable que des dégâts importants des moteurs aient conduit à leur fonctionnement similaire dans les 2 cas.

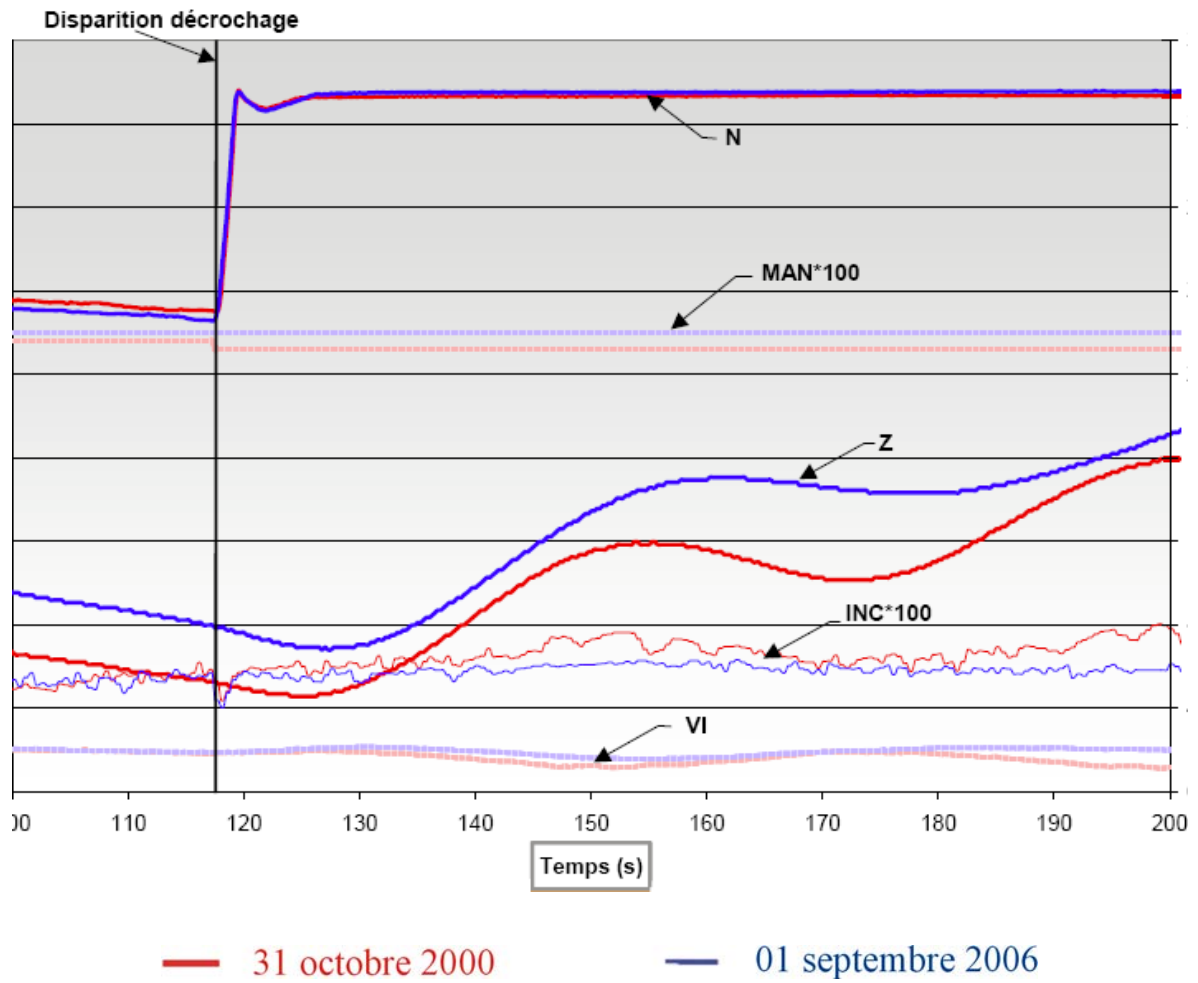


Figure 5 : comparaison des fonctionnements des moteurs suite à l'éjection des pilotes entre les accidents de 2000 et de 2006 (source SNECMA – SAFRAN)

2.2.6 Retour d'expérience (données constructeur)

Les principaux dysfonctionnements moteurs observés lors de cas similaires d'ingestion de volatiles sont :

- extinction (suite à un décrochage franc) ;
- décrochage partiel à évolution rapide ;
- vibrations le plus souvent conséquentes à des ruptures mécaniques (perte d'aubes) ;
- perte de poussée ;
- élévation de la température T4 ;
- dévissage / blocage du régime moteur.

Le décrochage partiel auquel a été confronté le pilote³², et ayant conduit à la reprise du régime après l'éjection, ne trouve son pareil que lors de l'accident du 31 octobre 2000.

2.3 Éjection

Ce chapitre envisage successivement :

- l'aide à la décision d'éjection ;
- l'initialisation de l'éjection ;
- le largage de la chaîne SATER.

³² Ce décrochage partiel est considéré comme peu franc et peu sévère par le constructeur donc difficile à identifier.

2.3.1 Aide à la décision d'éjection

Les témoignages des pilotes indiquent, qu'après la collision aviaire, les informations transmises par l'équipier au *leader* sont toujours incomplètes et décalées par rapport aux éléments de l'instant présent. En effet, il est impossible pour l'équipier de concilier l'analyse du problème, le pilotage de son aéronef et l'information vers le *leader*, en temps réel, notamment avec la situation qui évolue en permanence. Le *leader*, conscient que les conditions décrites par l'équipier (paramètres du moteur, éléments de vol) ne sont ni représentatives de la situation présente ni complètes, ne peut que l'aider sur des points généraux en lui rappelant des principes de base (ne pas modifier le régime du moteur après une collision aviaire...). En aucun cas, il ne dispose des éléments suffisants pour prendre, à sa place, la décision ultime de l'éjection.

Cette situation n'est pas singulière. En effet, lors d'éjections ces dernières années, les rapports d'enquêtes soulignent, à diverses reprises³³, la difficulté, pour les pilotes apportant leur assistance, à ordonner l'éjection à temps. Plus généralement, ceux-ci avouent leur désarroi devant leur incapacité à aider l'autre de façon pertinente et efficace.

À moins de disposer des éléments suffisants (observation d'un incendie intéressant l'autre appareil, constat de la perte de contrôle de l'autre aéronef dans certaines conditions³⁴...), il est très difficile, pour un pilote apportant son assistance à un pilote en détresse, de prendre la décision d'éjection à sa place. Notamment, dans une situation dynamique³⁵, les éléments transmis par le pilote en détresse évoluant, ils ne seront jamais suffisamment pertinents et représentatifs de la situation réellement vécue pour que le pilote apportant son assistance puisse décider, pour l'autre, de l'éjection.

³³ Rapports d'enquêtes techniques BEAD-C-2005-004-A, BEAD-M-2005-019-A, BEAD-air-A-2006-004-A.

³⁴ Cependant, même dans de telles situations, la décision d'éjection pour l'autre peut-être erronée. Lors de l'abordage de 2 Mirage 2000, en février 2006, un des pilotes a ordonné à l'autre de s'éjecter croyant, à tort, qu'il avait perdu le contrôle de son aéronef. Le pilote concerné n'a pas suivi l'ordre (rapport d'enquête technique BEAD-air-2006-04-A).

³⁵ Situation en évolution permanente à l'inverse d'une situation stabilisée qui laisse le temps à la réflexion.

Un pilote portant assistance à un pilote en difficulté ne pourra, sauf dans de rares exceptions, être en mesure d'ordonner l'éjection à bon escient.

Plus spécifiquement, dans des situations dynamiques et sans possibilité d'accès direct aux éléments pertinents (paramètres du moteur...), il ne disposera jamais des informations suffisantes, en temps utile, pour prendre cette décision à la place de l'autre.

2.3.2 Initialisation de l'éjection

2.3.2.1 Hauteur d'éjection

La décision d'éjection et son initialisation ont fait l'objet d'une analyse dans le dossier d'enquête technique BEAD-air-A-2006-012-A³⁶. Il a été constaté que, de façon récurrente pour les équipages de l'armée de l'air comme de l'aéronautique navale, l'éjection est le plus souvent initiée, non pas en référence à une hauteur clé (hauteurs de décision et de sauvegarde), mais aux sensations³⁷. Deux explications pouvaient notamment être retenues :

- l'attention des équipages est le plus souvent focalisée sur la résolution du problème auquel ils sont confrontés et, par conséquent, ils ne se préoccupent pas et ne surveillent pas leur hauteur ;
- les éléments retenus pour définir les hauteurs de sauvegarde et de décision ne sont pas représentatifs, dans la majorité des cas, à ceux correspondant aux situations vécues. Ces hauteurs caractéristiques ne sont donc pas une aide à la prise de décision car non pertinentes au regard des situations réelles.

L'éjection d'équipages de l'armée de l'air comme de l'aéronautique navale est souvent initiée non pas à la lecture d'une hauteur et en référence à une valeur clé (hauteur de sauvegarde et hauteur de décision) mais aux seules sensations.

³⁶ Enquête technique relative à l'éjection d'un pilote d'un Mirage 2000-5, à Dijon Longvic, victime d'une perte de poussée du réacteur en dernier virage pour l'atterrissage.

³⁷ Le pilote déclenche l'éjection quand il voit « le sol lui monter à la figure ».

2.3.2.2 Actions préparatoires à l'éjection

Des enquêtes techniques conduites par le CPSA-air³⁸, avant 2003, comme par le BEAD-air par la suite, ont mis en évidence l'impossibilité pour les équipages, dans un grand nombre de cas, à appliquer la check-list « Éjection ». Notamment, celle-ci prévoit, si l'avion est pilotable, de débrancher le « pilote automatique », de réduire la puissance du moteur et de sortir les aérofreins. D'une manière générale, il a été constaté que, lorsque le traitement de la panne à laquelle est confronté l'équipage n'impose pas de réduire la puissance du moteur, alors, au moment de l'éjection, le pilote ne modifie pas la position de la commande de puissance³⁹.

Lors de l'éjection du pilote en octobre 2000 suite à une collision aviaire, ce point avait déjà été analysé par l'enquête technique. Le CPSA-air notait :

« ... même s'il s'est très bien préparé mentalement et techniquement à l'éventualité d'une éjection, le pilote peut « oublier » d'accomplir les actions préliminaires à l'éjection : la déconnexion du pilote automatique et la réduction de la manette des gaz. Trois raisons peuvent expliquer ce comportement :

- *premièrement, suite à une collision volatile, le pilote est dans une logique de « ne pas toucher au moteur » comme le préconise la procédure. Au moment de l'éjection, il lui faudrait donc abandonner ce schéma pour réduire les gaz. Cependant, cette démarche n'est pas facile à initier dans une situation stressante, et à ce moment décisif ;*
- *deuxièmement, dans une telle situation, le pilote mobilise toutes ses ressources attentionnelles sur les éléments qui sont vitaux pour sa sauvegarde. Ainsi, il peut omettre d'effectuer des tâches qui ne conditionnent pas la réussite de son éjection comme de débrancher le pilote automatique et de réduire la manette des gaz ;*
- *troisièmement, l'entraînement à l'éjection tel qu'il est pratiqué dans les unités, ne mécanise pas les pilotes à la coupure du pilote automatique et à la réduction de la manette des gaz avant d'actionner la poignée d'éjection.*

³⁸ CPSA-air : Conseil permanent de sécurité aérienne air.

³⁹ BEAD-A-2004-001-A, BEAD-M-2005-019-A, BEAD-air-A-2006-12-A, BEAD-air-A-2006-014-A, etc

De plus, dans des situations particulières, ces deux actions préliminaires pourraient nuire au bon déroulement de l'éjection. Par exemple, si la vitesse est faible, la réduction des gaz risque de s'accompagner d'une augmentation immédiate du taux de chute de l'avion. Pour saisir la poignée, le pilote pourrait alors agir avec précipitation afin de limiter cette valeur au départ du siège. »

Avant éjection, les consignes imposant, notamment, la réduction de la puissance du moteur et la coupure du « pilote automatique » ne peuvent pas être appliquées.

- ❖ **Les équipages ne sont préparés ni psychologiquement ni techniquement (le matériel de simulation, insuffisamment représentatif, ne permet pas l'entraînement complet) ;**
- ❖ **Ces actions peuvent être, dans le cas d'une vitesse faible par exemple, préjudiciables à la réussite de l'éjection.**

2.3.2.3 Effets physiologiques de l'éjection

Le pilote signale qu'au moment de l'éjection il a subi un voile noir de quelques secondes, sans perte de connaissance. Ce phénomène a débuté au passage de l'arceau de la cabine et s'est terminé à une cinquantaine de mètres du sol. Ce phénomène peut être majoré par un défaut d'hydratation avant et durant le vol. En effet, il est fréquent que les pilotes, surtout pour des vols de longue durée, se mettent volontairement en restriction hydrique dans le but de ne pas uriner en vol⁴⁰.

⁴⁰ En fait, avant des vols longs, les pilotes devraient même s'hydrater davantage que de coutume.

Du fait de la chaleur au Tchad et de la respiration pendant plusieurs heures d'un mélange air-oxygène extrêmement sec, il peut se produire une déshydratation. Celle-ci conduit, dans ses formes avancées, à une hypotension artérielle qui ne permet pas de compenser les facteurs de charge et être à l'origine de malaises en vol⁴¹.

Le voile noir auquel a été confronté le pilote lors de son éjection a pu être favorisé par un défaut d'apport hydrique avant le vol.

2.3.3 Largage de la chaîne SATER

Au moment de l'éjection du pilote, 2 Mirage F1 CR ravitaillent en vol sur le C 135 FR. L'équipage de ce dernier est donc, sur l'unique poste UHF en service, sur la fréquence réservée « ravitaillement en vol ». De fait, il ne peut être à l'écoute ni de la fréquence commune à tous les éléments français en vol ni de la fréquence de détresse « Garde ». Après son éjection, le pilote, conformément aux consignes en vigueur, cherche à établir le contact radio sur la fréquence de détresse « Garde ».

D'un coté, l'équipage du C 135 FR choisit, en vue du largage de la chaîne SATER, de passer et de maintenir la fréquence commune. En effet, le relais radio avec le pilote éjecté étant assuré par le *leader*, ce choix permettait à l'équipage du C 135 FR de maintenir le contact radio avec l'ensemble des aéronefs en vol.

D'un autre coté, le pilote éjecté en contact radio avec le *leader* n'étant pas informé des restrictions radio du C 135 FR, maintient la sélection de la fréquence « Garde ». Il ne peut donc pas établir de liaison avec l'équipage du C 135 FR.

⁴¹ En outre, le risque de survenue d'une colique néphrétique, source de douleurs extrêmement violentes interférant avec les capacités à piloter, est également majoré.

Dans ces conditions, le leader de la patrouille a été obligé d'assurer le relais radio entre l'équipage du C 135 FR et le pilote éjecté. De plus, pensant que l'équipage du C 135 FR n'avait pas visuel sur le pilote éjecté, il lui a donné, lors du 3^{ème} passage, des indications (cap et temps restant) pour l'amener à la verticale du point de largage de la chaîne SATER⁴². Pendant ce temps, il ne pouvait pas assurer la surveillance du ciel, surtout qu'il n'avait pas la certitude que l'appareil du pilote éjecté n'était plus en vol.

Parallèlement, le pilote éjecté, lorsqu'il n'entendait ou ne voyait plus d'avion, éteignait sa balise de détresse pour en économiser les batteries. Le *leader*, ne le sachant pas, a essayé de le contacter, en vain, alors qu'il s'en était éloigné notamment lors de son ravitaillement en vol. Les auditions menées à N'Djaména semblent indiquer que ce principe, en cas d'éjection, n'aurait pas forcément été mis en pratique par tous.

Par ailleurs, les pilotes et les personnels de l'encadrement sur place à N'Djaména n'avaient pas tous connaissance des restrictions radio du C 135 FR et aucun n'en avait perçu les conséquences. C'est pourquoi, le plan de secours n'a notamment pas été réactualisé (pré-sélection des fréquences de la balise de détresse, fréquence de contact...).

- ❖ **Le principe d'utilisation de la balise de détresse souffre de divergences entre les différents acteurs potentiels ;**
- ❖ **Plusieurs pilotes, dont le pilote éjecté, ainsi que des personnels de l'encadrement en postes à N'Djaména ignoraient les restrictions de radio affectant le C 135 FR ;**
- ❖ **L'absence de consignes particulières (plan de secours) pour prendre en compte ce défaut de radio du C 135 FR n'a pas permis à son équipage et au pilote éjecté d'établir le contact radio.**

42 Le largage de la chaîne SATER ne peut s'effectuer qu'après acquisition visuelle du pilote éjecté afin de garantir une précision suffisante.

2.4 Dépouillement de l'enregistreur d'accident

2.4.1 Constat

Le dépouillement de la totalité de l'enregistreur d'accident révèle que (Figure 6 : paramètres inexacts de l'enregistreur d'accident, page 40) :

- le paramètre d'accélération verticale (J_z) est incohérent sur toute la bande ;
- des paramètres sont, de façon cyclique, décalés (positions de la commande de pilotage, roulis, incidence...).

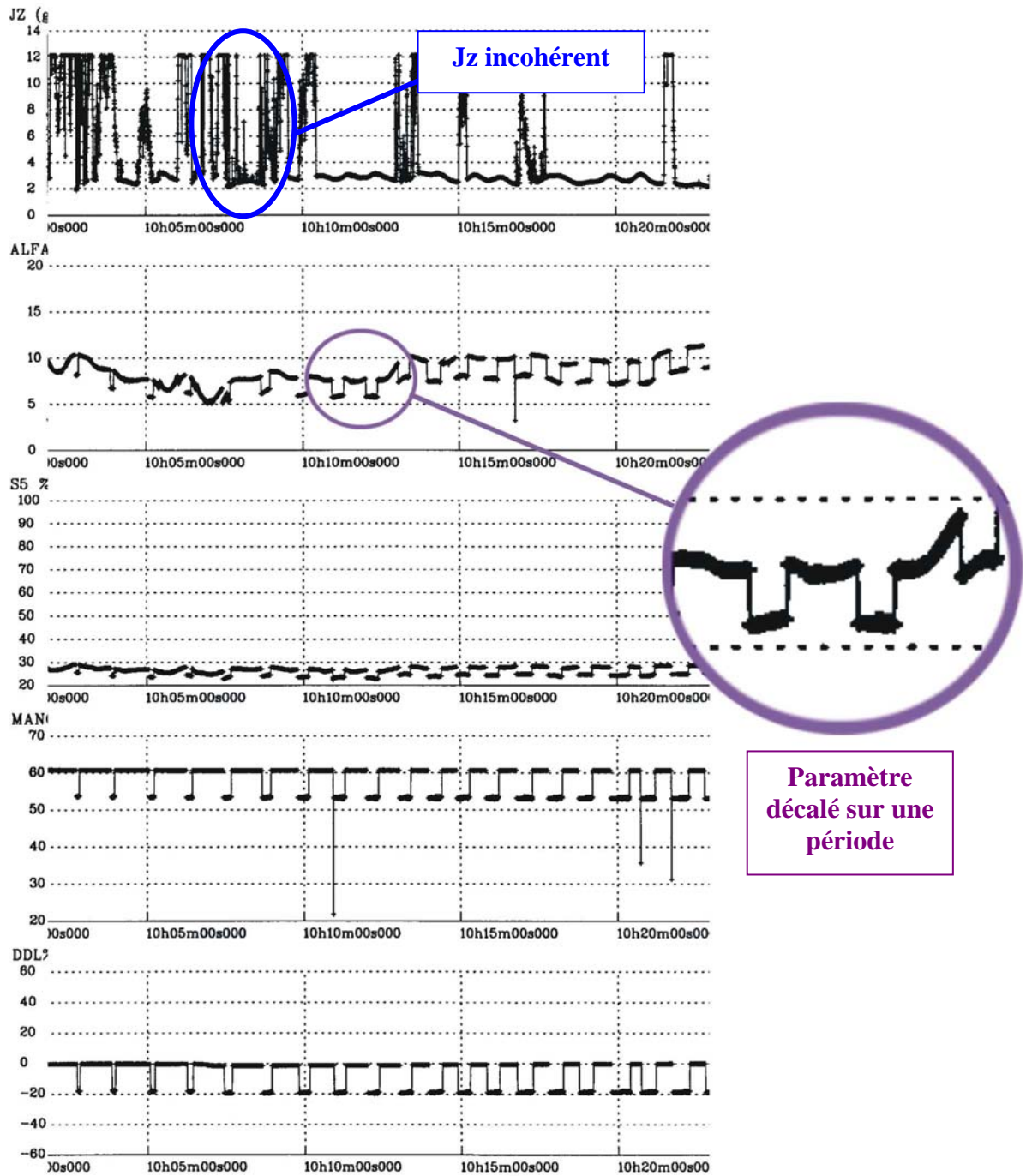


Figure 6 : paramètres inexacts de l'enregistreur d'accident

Plusieurs autres cas d'enregistrements erronés de paramètres, voire l'absence d'enregistrement de paramètres, ont déjà été relevés lors d'enquêtes techniques réalisées par le BEAD-air⁴³. Toutefois, ces dysfonctionnements ne sont pas propres aux avions du Ministère de la Défense ou du Ministère de l'Intérieur⁴⁴, les mêmes anomalies ont été constatées par le BEA⁴⁵, lors d'enquêtes techniques relatives à des aéronefs civils. Au vu des nombreux cas rencontrés, le BEA a réalisé une étude⁴⁶ : « *Exploitation des enregistreurs de paramètres – Aspects techniques et réglementaires* ».

2.4.2 Étude du BEA (Extraits)

Dans le chapitre traitant de la vérification du fonctionnement du système d'enregistrement le BEA précise que : « *En maintenance, la vérification des paramètres enregistrés et le contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition des paramètres sont des tâches complémentaires qui permettent de vérifier la qualité de l'enregistrement.* »

En outre, le BEA stipule que « *la vérification devrait inclure les étapes suivantes :*

- *vérification que l'enregistrement de chaque paramètre réglementaire se fait bien à l'emplacement indiqué par la grille de décodage ;*
- *évaluation pour chaque paramètre réglementaire de la validité de sa fonction de conversion, en observant sa plage de valeur opérationnelle ;*
- *évaluation de la cohérence de l'évolution des paramètres dans plusieurs phases du vol ;*
- *vérification que l'enregistrement ne contient pas une zone longue ou cyclique de données illisibles ;*
- *vérification que la structure chronologique de l'enregistrement est correcte. »*

⁴³ Le dernier en date concerne la collision aviaire du 23 septembre 2006 au Tchad.

⁴⁴ L'enquête technique concernant l'accident d'un Canadair, en Corse en août 2004, a également mis en évidence des dysfonctionnements dans l'enregistrement de paramètres.

⁴⁵ BEA : Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile.

⁴⁶ Cette étude est consultable sur le site Internet du BEA, rubrique « Études ». On peut également consulter les réponses de la DGAC, sur son site Internet, aux recommandations émises.

Enfin, on peut noter que l'OACI⁴⁷ (Supplément D à l'Annexe 6) recommande une lecture annuelle de l'enregistrement du FDR⁴⁸ en respectant les points suivants :

- vérifier que les « *enregistreurs ont bien fonctionné pour la durée nominale de l'enregistrement* » ;
- « *L'analyse devrait comporter une évaluation de la qualité des données enregistrées...* » ;
- « *Les données d'un vol complet (...) devraient être examinées sous forme d'unités techniques dans le but d'évaluer la validité de tous les paramètres* ».

L'OACI propose également ce qui pourrait être retenu comme un fonctionnement déficient : « *s'il y a une période significative de données de mauvaise qualité (...) ou si un ou plusieurs paramètres obligatoires ne sont pas enregistrés correctement* ».

2.4.3 Conclusion sur le dépouillement de l'enregistreur d'accident

En mai 2005, suite à un défaut de liaison avec le boîtier d'acquisition, un enregistreur d'accident est déposé d'un Mirage F1CR. Cette panne n'étant pas reproduite au sol, l'enregistreur d'accident est avionné, en août 2005, sur le Mirage F1CT concerné par cet accident.

Un an avant l'événement, des dysfonctionnements, nécessitant une opération de dépannage qui n'avait rien révélé, avaient été relevés sur l'enregistreur d'accident équipant le Mirage F1CT accidenté. Malgré cela, aucune vérification de la qualité et de la validité des données enregistrées n'a été réalisée par la suite.

⁴⁷ OACI : Organisation de l'aviation civile internationale.

⁴⁸ FDR : *Flight data recorder*, enregistreur paramètres de vol.

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

- La patrouille est en mission opérationnelle en très basse altitude au Tchad ;
- La navigation se déroule au-dessus d'une zone humide (saison des pluies) ;
- L'équipier est victime d'une collision aviaire environ 2 heures 30 minutes après le décollage. Les temps suivants sont donnés à titre indicatif :
 - ⇒ T_0 : collision aviaire ;
 - ⇒ $T_{+30 \text{ secondes}}$: apogée de la trajectoire, largage du réservoir pendulaire (gain d'altitude environ 1600 pieds) ;
 - ⇒ $T_{+1 \text{ minute } 30 \text{ secondes}}$: éjection ;
 - ⇒ l'avion s'écrase au sol 37 minutes après l'éjection.

3.2 Déroulement de l'événement

La patrouille, en mission opérationnelle au Tchad, travaille sur un itinéraire imposé. Le vol étant programmé au-dessus d'une zone humide (saison des pluies), le risque de collision aviaire est accru.

La consigne « *ne pas toucher au moteur suite à une collision aviaire* » et le bruit anormal du réacteur ne peuvent que conduire le pilote à croire que la perte de performance du moteur est liée à sa dégradation mécanique. Il ne peut imaginer n'être confronté qu'à un décrochage partiel du réacteur. Dans ces conditions, les actions du pilote, adaptées pour faire face à une dégradation physique du réacteur, vont à l'encontre de la résorption du décrochage partiel.

Au moment de l'éjection, l'activation de la butée d'écrêtage (incidence initialement supérieure à 14°) conjuguée à la diminution de l'incidence au départ du siège, favorisent le retour à un fonctionnement normal du moteur.

Par ailleurs, l'absence de consignes claires concernant l'emploi de la balise de détresse, notamment en raison de la limitation des moyens radio du C 135 FR, aurait pu avoir des conséquences graves si le *leader* n'avait pas pu assurer le relais radio entre le pilote éjecté et l'avion ravitailleur avec à son bord la chaîne SATER.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

4.1.1 Préliminaire

- le BEAD-air appuie les mesures prises par l'armée de l'air consistant à limiter l'exposition au risque aviaire pendant la saison des pluies au Tchad. Dans cette optique, il invite tous les utilisateurs à prendre les mesures nécessaires pour limiter, autant que faire se peut, l'exposition au risque aviaire dans les missions d'entraînement (métropole, étranger...), notamment en s'interrogeant de la nécessité de tout vol en basse et très basse altitude ;
- les enquêtes techniques relatives aux 2 collisions aviaires au Tchad (2000 et 2006) montrent que les conséquences physiques pour les moteurs peuvent parfois être limitées et que leur dysfonctionnement peut être alors aérodynamique (décrochage, décrochage partiel...). Dans ces conditions, bien que l'expérience en la matière soit trop faible pour pouvoir la généraliser au travers de consignes, et sans remettre en cause la consigne de « *ne pas toucher à la manette* », il faut prendre conscience que l'incidence est un paramètre déterminant dans l'évolution de la situation.

4.1.2 Aide à la décision d'éjection

L'étude du déroulement des éjections de ces dernières années semble démontrer, malgré plusieurs rappels des organismes de sécurité des vols, qu'il est très difficile pour un pilote apportant son concours à un équipage en détresse de prendre la décision d'éjection à sa place. Dans le même temps, cet équipage, souvent focalisé sur la résolution du problème auquel il est confronté, n'est pas disponible pour surveiller les paramètres vitaux.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air, à l'aéronautique navale et à la DGA d'étudier la possibilité qu'un pilote portant assistance à un équipage en détresse lui égrène de façon systématique les paramètres vitaux de vol (vitesse, hauteur...).

Il apparaît également que la majorité des équipages ayant eu à s'éjecter ne tient pas compte des hauteurs de décision et de sauvegarde, ces valeurs n'étant pas pertinentes par rapport aux situations vécues.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'avionneur de s'attacher, en liaison avec le constructeur de sièges éjectables et les différents utilisateurs, à définir des valeurs et des procédures directement utilisables par les équipages.

Par exemple, un couple vitesse/hauteur⁴⁹, représentatif de l'énergie disponible, pourrait être défini en deçà duquel toute dégradation de performance entraînerait l'éjection sans délai de l'équipage.

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

4.2.1 Maintenance des enregistreurs de paramètres

Conformément aux recommandations émises par le BEA dans son étude : « *Exploitation des enregistreurs de paramètres – Aspects techniques et réglementaires* » le bureau enquête accidents défense air recommande :

au SPAé⁵⁰, en liaison avec les constructeurs et les utilisateurs, de définir une procédure permettant de s'assurer, à intervalles réguliers, de la qualité et de la validité des paramètres sauvegardés sur les enregistreurs d'accidents.

⁴⁹ Dans l'aéronautique navale, sur SEM (Super Etendard Modernisé), une procédure définit que le pilote doit s'éjecter dès que, en dessous de 1500 ft et 150 kt, il subit une diminution de la puissance du réacteur.

⁵⁰ SPAé : Services des programmes aéronautiques.

4.2.2 Check-lists éjection

Le CPSA-air, après l'accident similaire survenu au Tchad en 2000, notait que :
« L'entraînement des pilotes à l'éjection pourrait être amélioré. Lorsque la situation se présente, le pilote doit pouvoir recourir à des « schémas d'action » complets. Ainsi, toutes les actions à accomplir doivent être mécanisées et donc pour cela répétées. Contrairement à ce que l'on peut observer aujourd'hui, tous les dispositifs d'entraînement devraient non seulement préparer le pilote à prendre la position correcte avant de déclencher l'éjection mais aussi à accomplir les actions préliminaires : déconnexion du pilote automatique et réduction des gaz.

Cependant, on n'écartera pas totalement le risque d'oubli de réaliser ces actions préliminaires, non vitales pour la réussite de l'éjection, en particulier si l'urgence de s'éjecter se fait pressante.

Aussi, s'il paraît souhaitable, dans un premier temps, de modifier l'entraînement des pilotes, il n'en reste pas moins indispensable, dans un second temps, d'étudier la possibilité d'automatiser, par le départ du siège, la disjonction du pilote automatique et la réduction de la manette des gaz. »

Certains de ces points ont été à nouveau soulignés dans l'enquête technique relative à l'éjection du pilote d'un SEM (aéronautique navale) victime d'un dysfonctionnement moteur consécutif à une collision aviaire (rapport d'enquête technique BEAD-air-M-2005-019-A).

Le BEAD-air renouvelle et complète l'ensemble de ces mesures :

- au départ du siège, automatiser, dans la mesure du possible, la réduction de la puissance du moteur et la coupure du pilote automatique⁵¹ ;
- le cas échéant, parfaire la simulation à l'éjection afin d'inclure dans l'entraînement la réalisation effective des actions préparatoires ;
- *in fine*, étudier la modification des *check-lists* afin de prendre en compte la difficulté voire la dangerosité, pour un pilote, de sortir les aérofreins avant de s'éjecter.

⁵¹ Par une coupure de l'arrivée carburant et de l'alimentation électrique par exemple.