

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 29 novembre 2007

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2007-010-A

Date de l'événement	5 avril 2007
Lieu	Faya-Largeau (Tchad)
Type d'appareil	Mirage F1 CT
Immatriculation	F-UHQZ
Organisme	Armée de l'air - Commandement des forces aériennes
Unité	Régiment de chasse 02.030 « Normandie-Niemen »

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>Table des illustrations</i>	5
<i>Glossaire</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 Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement.....	9
1.1.3 Localisation.....	11
1.1.3.1 Incident de ravitaillement.....	11
1.1.3.2 Ejection.....	11
1.2 Tués et blessés.....	12
1.3 Dommages à l'aéronef.....	12
1.4 Autres dommages.....	12
1.5 Renseignements sur le personnel.....	12
1.5.1 Pilote.....	12
1.5.2 Leader de la patrouille.....	13
1.5.3 Opérateur de ravitaillement en vol.....	14
1.6 Renseignements sur les aéronefs.....	15
1.6.1 Avion ravitaillé.....	15
1.6.2 Avion ravitailleur.....	16
1.6.3 Maintenance.....	16
1.6.4 Carburant.....	16
1.7 Conditions météorologiques.....	17
1.7.1 Prévisions.....	17
1.7.2 Observations.....	17
1.8 Renseignements sur l'aérodrome de déroutement.....	17
1.9 Enregistreurs et documents enregistrés.....	17
1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	18
1.10.1 Examen de la zone.....	18
1.10.2 Examen de l'épave.....	18
1.10.2.1 Examen du moteur.....	18
1.10.2.2 Examen de la perche de ravitaillement.....	19
1.11 Renseignements médicaux et pathologiques concernant le pilote.....	20
1.12 Survie du pilote.....	21
1.12.1 Abandon de bord.....	21
1.12.2 Organisation des secours.....	21
1.13 Renseignements supplémentaires.....	22
2 Analyse	23
2.1 Incident de ravitaillement.....	23
2.1.1 Rappel des circonstances.....	23
2.1.2 Hypothèse de la perte de contrôle de l'avion.....	24
2.1.3 Hypothèse du dysfonctionnement de l'articulation du tuyau de ravitaillement.....	24
2.1.4 Hypothèse de l'influence du réservoir pendulaire.....	24
2.1.5 Hypothèse de la fascination du pilote par l'objectif.....	25
2.1.6 Hypothèse de la fatigue du pilote.....	25
2.2 Dysfonctionnement du moteur.....	26

2.2.1 Circonstances.....	26
2.2.2 Analyse des paramètres de l'enregistreur de vol	27
2.2.3 Expertise technique du moteur	27
2.2.4 Conclusion partielle.....	27
2.2.5 Causes du décrochage partiel	28
2.2.6 Causes du maintien du décrochage partiel.....	28
2.3 Gestion de la panne	29
2.3.1 Identification de la panne	29
2.3.2 Trajectoire	29
3 Conclusion	31
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement.....	31
3.2 Causes de l'événement.....	31
4 Recommandations de sécurité	33
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	34
4.1.1 Rôle du leader.....	34
4.1.2 Exécution du ravitaillement en vol.....	35
4.1.3 Instruction au ravitaillement en vol	35
4.1.4 Identification du dysfonctionnement du moteur.....	35
4.1.5 Choix de la trajectoire	35
4.1.6 Emploi du réservoir pendulaire RPL201	37
4.1.7 Actions préparatoires à l'éjection	37
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	39

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photo n° 1 : Premier étage du compresseur_____	p 19
Photo n° 2 : Diffuseur du dernier étage de la turbine_____	p 19
Photo n° 3 : Perche de ravitaillement (vue de face)_____	p 20
Photo n° 4 : Déformation du panier_____	p 22
Photo n° 5 : Localisation de la déchirure du tuyau_____	p 22
Photo n° 6 - 7 : Localisation de la déchirure du tuyau (détails)_____	p 22
Figure n° 1 : Trajectoire_____	p 30

GLOSSAIRE

BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
CPSA-air	Conseil permanent de la sécurité aérienne de l'armée de l'air
CVE	Commande de vérin électrique de régulation secours carburant
Ft	<i>Feet</i> – pied (1 ft \approx 0,30 mètre)
Kt	<i>Knot</i> – nœud (1 kt \approx 1,852 km/h)
Nm	<i>Nautical mile</i> – Mille nautique
<i>On-scene commander</i>	Coordonnateur local de l'activité aérienne de sauvetage
ORV	Opérateur de ravitaillement en vol
RESEDA	Centre de restitution des enregistreurs d'accidents
T4	Température en sortie de turbine

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 5 avril 2007 à 09h13¹.
- Lieu de l'événement : 10 Nm² au nord de Faya-Largeau (Tchad).
- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique : commandement des forces aériennes.
- Unité : régiment de chasse 02.030 « Normandie-Niemen ».
- Aéronef : Mirage F1 CT.
- Nature du vol : vol opérationnel de reconnaissance.
- Nombre de personnes à bord : 1.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

L'avion n°2 d'une patrouille légère de Mirage F1 CT effectue un ravitaillement en vol en haute altitude. Suite à la rupture du tuyau souple de l'avion ravitailleur et l'arrachement de la valve de remplissage, le pilote est confronté à un dysfonctionnement du réacteur. Après avoir atteint l'altitude de décision d'éjection éventuelle sans que la panne n'ait été résolue, le pilote s'éjecte. L'avion s'écrase dans une zone désertique. Le pilote est indemne.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé directeur d'enquête.
- Un enquêteur de première information.
- Un officier pilote.
- Un officier parachutiste d'essai.
- Un mécanicien.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

² Nm : *Nautical mile* - mille nautique.

- Un opérateur de ravitaillement en vol.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- RESEDA (restitution des enregistreurs d'accidents).
- Atelier industriel aéronautique de Bordeaux (AIA).
- SNECMA.
- Dassault Aviation.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été informé de l'évènement le 5 avril 2007 vers 10h30. Un enquêteur de première information présent sur la base militaire de N'Djamena a été désigné et s'est rendu sans délai sur le lieu de l'accident. Le groupe d'enquête était en place sur le site dès le lendemain.

Enquête judiciaire

- Le Parquet du Tribunal aux armées de Paris s'est saisi de l'évènement.
- Un officier de police judiciaire du détachement prévôtal de N'Djamena a été commis.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	Python Bravo
Type de vol	Opérationnel
Type de mission	Reconnaissance avec ravitaillement en vol
Dernier point de départ	N'Djamena
Heure de départ	6h40
Point d'atterrissage prévu	N'Djamena

1.1.2 Déroulement

1.1.2.1 Préparation du vol

La préparation du vol a eu lieu dans la soirée du jour précédent la mission. Elle concernait les équipages de deux patrouilles légères de Mirage F1 CT et celui de l'avion ravitailleur en vol. Les éléments nécessaires à son exécution étaient réunis. Le briefing a été réalisé le matin même du vol, à partir de 5h45.

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

Au cours d'une mission de reconnaissance, une patrouille de deux Mirages F1 CT entreprend un deuxième ravitaillement en vol après 2h30 de vol, au point central d'un C135 FR. Le rassemblement de la patrouille et de l'avion ravitailleur a lieu à 80 Nm au nord de Faya-Largeau, au cap Sud. L'avion ravitailleur est un C135FR équipé d'une perche centrale.

Le leader ravitaille, puis se place en perche gauche³. L'opérateur de ravitaillement en vol (ORV) autorise l'avion n°2 à venir se placer en observation puis au contact. L'avion n°2

³ L'avion se place derrière le ravitailleur dans le prolongement du saumon gauche et aligne le panier avec le bord de fuite du saumon droit. Cette position donne un étagement négatif d'une dizaine de mètres, par rapport à l'avion de ravitaillement.

avance puis touche le bord du panier avec la perche sans se connecter. L'ORV autorise de nouveau le pilote à faire un nouveau contact. Le pilote établit le contact. Toutefois l'avion est instable et il décide de déconnecter après quelques secondes. L'ORV annonce qu'au recul de l'avion, la perche anémométrique a été tordue par contact avec le panier. Le leader prête immédiatement assistance à son équipier et lui demande de vérifier ses paramètres afin de les valider.

L'ORV autorise pour la troisième fois l'avion n°2 à venir au contact. Ce dernier réalisé, l'ORV autorise le transfert de carburant qui s'établit. Il constate que la boucle formée par le tuyau de ravitaillement est oblique et l'annonce au pilote. Il tente de la remettre en place par action sur la perche rigide sans succès. A son tour, le pilote tente de la placer en position horizontale. Cette action le fait passer en position avant.

L'ORV demande alors au pilote de reculer. La réduction des gaz tend à positionner la boucle correctement mais la correction est trop forte, l'avion recule et déconnecte. Une nouvelle correction du pilote reconnecte la perche au panier. Ce contact est mal stabilisé et engendre des oscillations de l'avion en lacet et roulis dont les amplitudes provoquent l'embarquée franche de l'avion à droite.

Les contraintes subies par le dispositif de ravitaillement déchirent le tuyau souple à sa base et provoquent l'arrachement de la valve de ravitaillement de l'avion. La phase de ravitaillement effectif a duré 1min 5s. Le pilote stabilise l'avion 500 ft⁴ plus bas. Il constate une forte vibration et un fort vrombissement. Le régime est stable à 6200 tr/min et T4⁵ est de 500°C : ces paramètres sont anormaux dans cette phase de vol. Le leader décide le déroutement de la patrouille vers le terrain le plus proche (Faya-Largeau), situé à 10 Nm dans le Sud de leur position.

Au cours de la descente, le pilote constate l'inefficacité de la commande des gaz. Sur ordre du leader, il branche la régulation secours et actionne la commande de vérin électrique de régulation secours carburant (CVE). Celle-ci est efficace mais provoque une élévation de la température au-delà de 800°C dès que le régime dépasse 6500 tr/min. Le pilote réduit les gaz.

⁴ Ft: *feet* – pied (1 ft ≈ 0,30 m).

⁵ T4 : la température en sortie de turbine.

La patrouille amorce un virage de 270° à droite en raison de la proximité de la piste pour s'aligner sur l'axe. Durant cette manoeuvre, la vitesse diminue et le pilote tente à nouveau d'augmenter la puissance. Cette fois la température monte à 1000°C, le voyant FON⁶ s'allume. Le pilote sent une odeur de brûlé en cabine, et réduit à nouveau. La vitesse décroît en dessous de 250 kts⁷. Il sort les demi volets sur ordre du leader. Le virage se poursuit jusqu'à l'alignement sur la piste.

L'altitude est alors de 1500 ft, la vitesse passe 200 kts en diminution. Le pilote tente une dernière action sur la CVE qui produit les mêmes symptômes. Vers 1300 ft, à la vitesse de 170 kts, l'incidence passant 15° en augmentation, il s'éjecte après l'avoir annoncé à son leader. L'avion s'écrase dans une zone désertique 42 secondes plus tard.

1.1.3 Localisation

- pays : Tchad.
- région : Borkou-Ennedi-Tibesti.

1.1.3.1 Incident de ravitaillement

⇒ coordonnées géographiques :

- N 17° 52,62' ;
- E 019° 02,47' ;

⇒ Altitude : 17500 ft.

⇒ Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Faya-Largeau à environ 10 Nm dans le 165° du lieu de l'incident.

1.1.3.2 Ejection

⇒ coordonnées géographiques :

- N 17° 51' 81'' ;
- E 019° 00' 74'' ;

⇒ altitude : 1300 ft.

- Moment : jour

⁶ Le voyant FON indique le fonctionnement de la post-combustion et signifie la présence d'une flamme dans la tuyère

⁷ Kts : knot – nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h).

1.2 Tués et blessés

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

1.3 Dommages à l'aéronef

	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Aéronef		X		

1.4 Autres dommages

Aucun

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote

- Age : 26 ans ;
- Unité d'affectation : régiment de chasse 02.030 « Normandie-Niémen »
 - ⇒ fonction dans l'unité : pilote en escadrille.
- Formation :
 - ⇒ qualification : pilote de combat opérationnel ;
 - ⇒ école de spécialisation : école de chasse (Tours) ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2004.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur F1 CT	Sur tous types	Dont sur F1 CT	Sur tous types	Dont sur F1 CT
Total	615h50	187h45	101h40	99h45	16h05	15h05
Dont nuit	44h20	15h35	10h45	10h45	3h15	3h15
Dont VSV⁸	19h55	14h45	2h50	2h50	0	0

➤ Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef : 1^{er} avril 2007.

➤ Nombre de ravitaillement en vol effectués : 19.

1.5.2 Leader de la patrouille

➤ Age : 30 ans.

➤ Unité d'affectation : régiment de chasse 02.030 « Normandie-Niémen » :

⇒ fonction dans l'unité : pilote en escadrille.

➤ Formation :

⇒ qualification : chef de patrouille ;

⇒ école de spécialisation : école de chasse (Tours) ;

⇒ année de sortie d'école : 1999.

⁸ VSV : vol sans visibilité.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur F1 CT	Sur tous types	Dont sur F1 CT	Sur tous types	Dont sur F1 CT
Total	1975h	1025h	92h	92h	18h	18h
Dont nuit	150h	55h	7h	7h	1h	1h
Dont VSV	86h	35h	2h25	2h25	1h	1h

➤ Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef : 4 avril 2007.

➤ Nombre de ravitaillement en vol effectués : 125.

1.5.3 Opérateur de ravitaillement en vol

➤ Age : 46 ans.

➤ Unité d'affectation : Groupe de ravitaillement en vol 00.093 « Bretagne » :

⇒ fonction dans l'unité : adjoint au leader ORV.

➤ Formation :

⇒ qualification : moniteur ;

⇒ école de spécialisation : école des mécaniciens de l'armée de l'air (Rochefort) ;

⇒ année de sortie d'école : 1989.

➤ Heures de vol :

	Total		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur C135 FR⁹	Sur tous types	Dont sur C135 FR
Total	6890	3443	113	113
Dont nuit	770	457	21	21

➤ Date du dernier vol comme ORV sur C135 FR : 2 avril 2007.

1.6 Renseignements sur les aéronefs**1.6.1 Avion ravitaillé**

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement opérationnel d'appartenance : commandement des forces aériennes.
- Base aérienne de stationnement : base aérienne de Kosseï (N'Djamena, Tchad).
- Unité d'affectation : Régiment de chasse 02.030 « Normandie-Niémen ».
- Type d'aéronef : Mirage F1CT standard 2 :
 - ⇒ configuration :
 - un réservoir pendulaire largable (RPL) type 201 de capacité 2200 l ;
 - deux lance leurres infrarouges CORAIL ;
 - un pylône universel type F4 modifié pour l'emport de bombes AUF2 ;
 - deux lances missiles type 39.

⁹ Comme opérateur de ravitaillement en vol.

⇒ Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	ADCA	259	5631h05	VI ¹⁰ : 84h10 G ¹¹ : 197h35 VP ¹² (2R3) : 498h45
Moteur	ATAR 9K50	11543	479h10	VP400 ¹³ : 84h10

1.6.2 Avion ravitailleur

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement opérationnel d'appartenance : commandement des forces aériennes stratégiques.
- Base aérienne de stationnement : base aérienne de Kossèï (N'Djamena, Tchad).
- Unité d'affectation : groupe de ravitaillement en vol 00.093 « Bretagne ».
- Type d'aéronef : C135 FR.

1.6.3 Maintenance

L'examen de la documentation technique relative d'une part au Mirage F1 et d'autre part à l'ensemble « boom » du C135FR témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance à l'exception de la vérification des bouchons magnétiques du turboréacteur. Cette opération réalisée toutes les 30 heures de fonctionnement était prévue à 478h15.

1.6.4 Carburant

- Type de carburant utilisé : F34 AG.
- Quantité de carburant au décollage : 6530 litres.

¹⁰ VI : Visite intermédiaire effectuée tous les 21 mois.

¹¹ VG : Visite de graissage effectuée tous les 7 mois.

¹² VP : Visite périodique effectuée tous les 45 mois ou toutes les 990 heures de vol

¹³ Visite périodique effectuée toutes les 400 heures de vol

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Prévisions

Les informations météorologiques ont été recueillies auprès de Météo France par l'intermédiaire du contrôle aérien de l'aérodrome N'Djamena. Seules les principales villes ou les principaux aérodromes du pays sont équipés de stations d'observation. Il est donc difficile d'obtenir des prévisions précises concernant les zones désertiques du pays et les lieux de ravitaillement en vol. Les évolutions de la météo du pays étant peu sensibles à cette période de l'année, les pilotes s'appuient sur les observations des zones géographiques voisines.

1.7.2 Observations

- Lieu de l'incident de ravitaillement : température inconnue au FL¹⁴175, vent stable, air non turbulent lors du ravitaillement en vol, ciel clair ;
- Lieu de l'éjection : visibilité supérieure à 10 km, pas de nébulosité. Sous voile, le pilote s'est retrouvé confronté à un vent assez fort sur son point d'atterrissage, de l'ordre de 10 à 15 kts. La température au sol était voisine de 45°C.

1.8 Renseignements sur l'aérodrome de déroutement

L'aérodrome de déroutement est celui de Faya-Largeau, situé dans le 170° à environ 10 Nm lors de l'incident de ravitaillement.

1.9 Enregistreurs et documents enregistrés

- Enregistreur de vol PE6010-6A ENERTEC.
- récepteur GPS¹⁵ mobile de l'avion.
- enregistrement vidéo de l'incident réalisé depuis le poste de l'ORV à bord de l'avion ravitailleur.
- enregistrement vidéo et sonore tête haute de l'avion leader réalisé après l'éjection du pilote de l'avion n°2.

¹⁴ FL : *flight level* – niveau de vol.

¹⁵ GPS : *global positioning system* - système mondial de positionnement par satellite.

1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.10.1 Examen de la zone

La zone des débris de l'épave est située sur un terrain sablonneux et quasiment plat. Elle est de forme longitudinale et orientée au cap 045°. Sa longueur est d'environ 280 m. Elle débute par une trace longitudinale d'impact avec le sol et s'élargit jusqu'à son extrémité où sa largeur atteint 72 m. Le sol est brûlé sur l'ensemble de la zone. L'épave est répartie selon le sens de la trajectoire de l'avion.

1.10.2 Examen de l'épave

Les débris de l'avion sont répartis le long de l'axe de la zone. L'orientation de cet axe est compatible avec celle de la trajectoire.

Dans le sens de la trajectoire, 38 m après la trace d'impact, sont retrouvés :

- le réservoir central fragmenté en plusieurs parties ;
- la sonde anémométrique ;
- la pointe du radôme ;
- la verrière ;
- l'aile gauche ;
- le réacteur solidaire de la partie inférieure de la dérive et de l'aile droite enfouie dans le sable, dans une zone jonchée de débris de l'avion ;
- la perche de ravitaillement.

1.10.2.1 Examen du moteur

Le premier étage du compresseur est partiellement ensablé. Les extrémités des aubes sont tordues dans le sens de la rotation du moteur. Certaines aubes ont été impactées de façon irrégulière. Le dernier étage de la turbine et le diffuseur ne présentent pas de trace apparente de détérioration.



Photo n° 1 : Premier étage du compresseur



Photo n° 2 : Diffuseur du dernier étage de la turbine

1.10.2.2 Examen de la perche de ravitaillement

La perche de ravitaillement est dépourvue de la valve de remplissage. La surface de jonction de la perche avec la valve ne présente pas de déformation. Chaque logement de vis fusible de la perche présente une trace de matage à l'extrémité avant du fraisage, orientée du haut droit vers le bas gauche. L'intensité des matages augmente selon ce même axe (voir schéma ci-après).

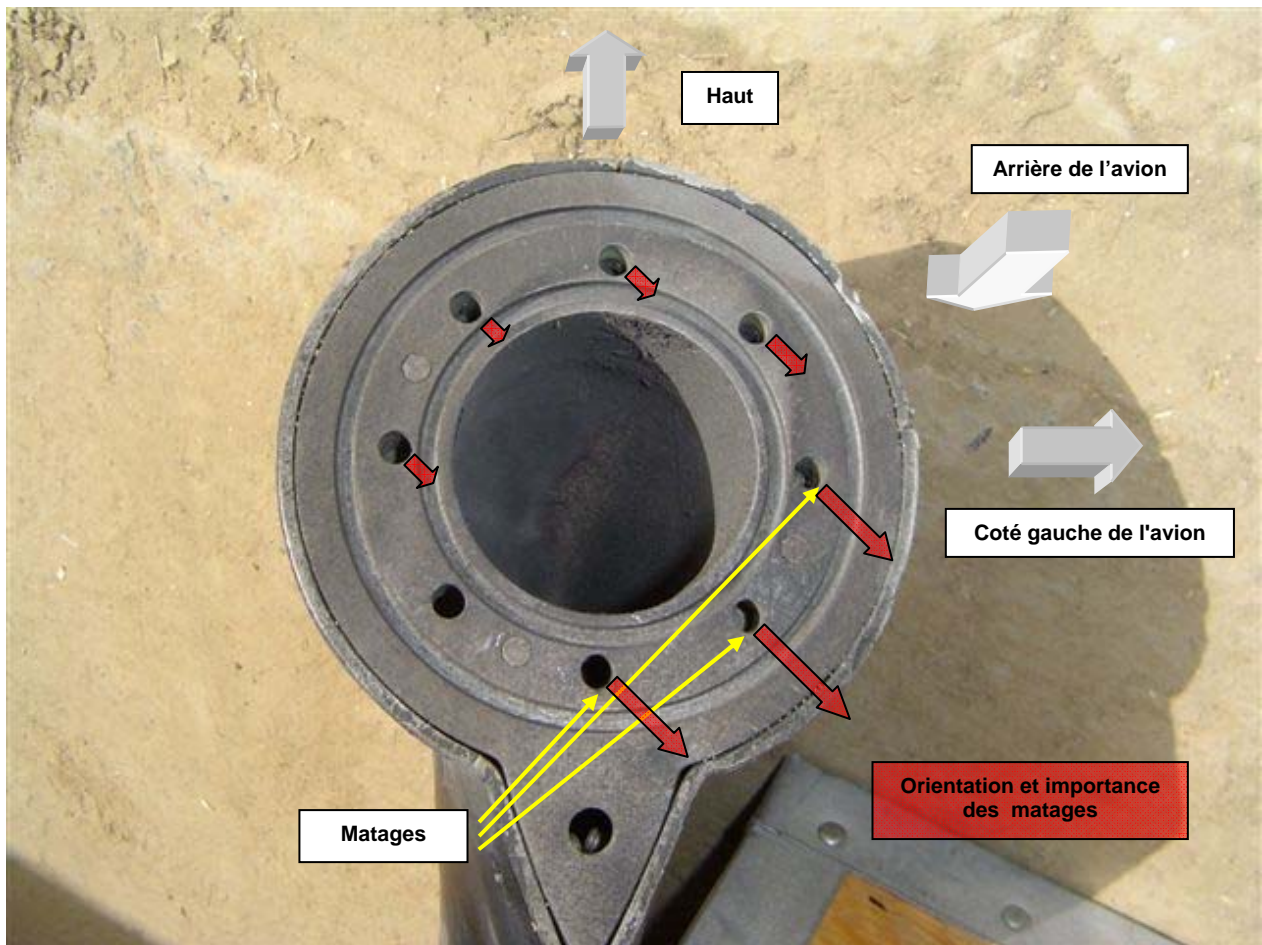


Photo n° 3 : Perche de ravitaillement (vue de face)

1.11 Renseignements médicaux et pathologiques concernant le pilote

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite systématique à l'unité ;
 - ⇒ date : 19 mars 2007 ;
 - ⇒ résultat : apte pilote de chasse sans restriction ;
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Examens biologiques : réalisés.
- Blessures : légères.

1.12 Survie du pilote

1.12.1 Abandon de bord

➤ Éjection :

Type de siège éjectable : MK10.

➤ Données morphologiques :

⇒ taille : 1,74 m ;

⇒ poids : 75 kg (équipé : 87 kg).

➤ Éléments au moment de l'éjection (estimés à l'aide de l'enregistreur d'accident) :

⇒ altitude : 1300 ft ;

⇒ hauteur : 400 ft ;

⇒ vitesse : 170 kts ;

⇒ taux vario : - 40 ft/s.

Ces données sont conformes aux performances du siège MK 10.

1.12.2 Organisation des secours

L'éjection a eu lieu vers 9h18. Le leader de la patrouille a aussitôt informé l'équipage de l'avion ravitailleur qui a relayé l'information à la base aérienne de N'Djamena et au détachement de Faya-Largeau.

Simultanément, le leader et l'équipage du C135 ont recherché le pilote éjecté. Grâce à l'utilisation de son héliographe et de son émetteur radio, ce dernier a facilité son repérage et le largage d'un lot de survie SATER par le C135. Le commandant de bord du C135 a exercé les fonctions de *on-scene commander*¹⁶ depuis l'éjection jusqu'à l'arrivée des secours terrestres.

Un convoi sanitaire du détachement de Faya-Largeau est parti à la recherche du pilote éjecté après avoir reçu l'information de sa position. La récupération du pilote et l'examen clinique initial ont été réalisés vers 11h15. Un bilan médical plus approfondi et des soins

¹⁶ *On-scene commander* : coordonnateur local de l'activité aérienne de sauvetage.

ont été faits au retour du convoi sur le site de Faya-Largeau. Le pilote a été transféré dans l'après-midi par voie aérienne au centre médicochirurgical de N'Djamena.

1.13 Renseignements supplémentaires

Le panier de ravitaillement du C135 FR a été un peu déformé¹⁷. Tous ses composants sont en place. Le tuyau souple est déchiré à sa base sur la moitié de sa section.

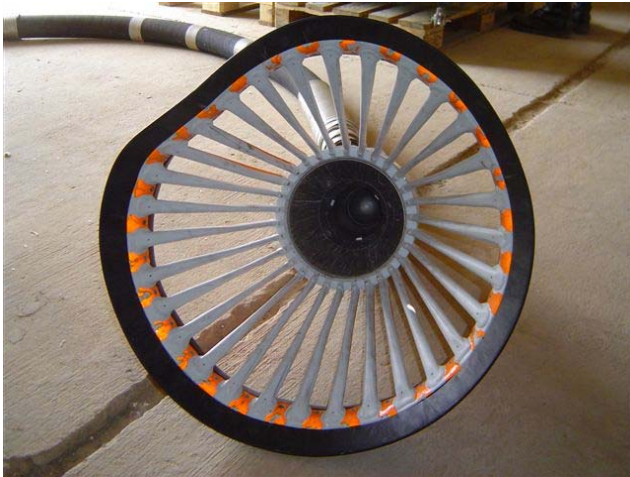


Photo n° 4 : Déformation du panier

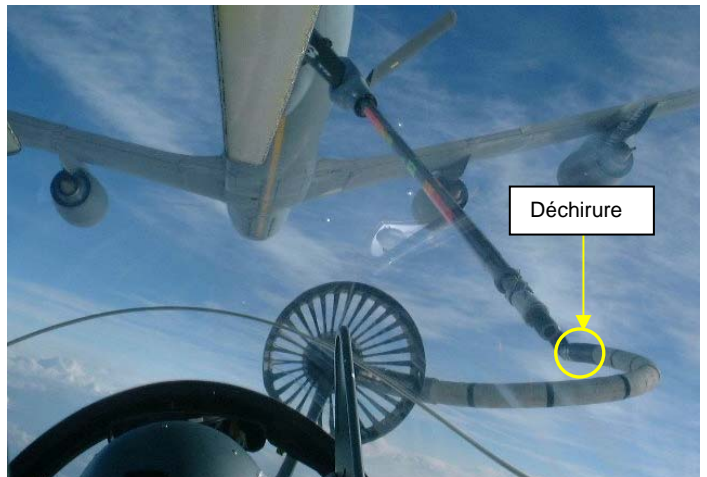


Photo n° 5 : Localisation de la déchirure du tuyau

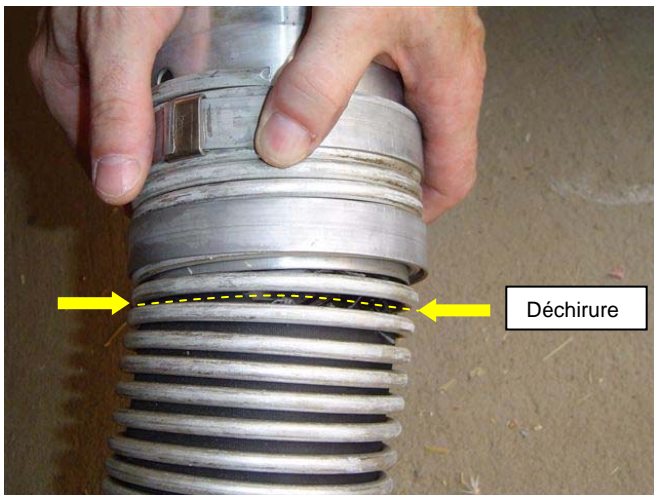


Photo n° 6 et 7 : Localisation de la déchirure du tuyau (détails)



Le dispositif d'articulation du tuyau souple et du panier ne présente pas de trace d'endommagement.

¹⁷ L'enregistrement vidéo réalisé depuis l'avion ravitailleur n'a pas permis de dater la déformation.

2 ANALYSE

Au cours d'une mission opérationnelle, après un incident de ravitaillement en vol, le pilote subit une perte de poussée du réacteur. La panne n'étant pas résolue lorsque l'altitude de décision est franchie, le pilote s'éjecte.

La séquence de l'évènement qui conduit à l'éjection comprend successivement :

- l'incident de ravitaillement ;
- le dysfonctionnement du moteur ;
- la gestion de la panne.

2.1 Incident de ravitaillement

2.1.1 Rappel des circonstances

En position perche, l'équipier de la patrouille est autorisé au contact par l'ORV. Le pilote effectue une approche lente, touche le bord du panier. Il recule alors afin de préparer une nouvelle présentation. Il établit le contact mais l'avion est instable, ce qui le contraint à déconnecter volontairement pour reprendre une position adaptée. L'ORV annonce au pilote que la perche est tordue.

La validité des indications anémométriques de l'avion est vérifiée à l'initiative du leader. Ce dernier, après avoir conseillé le pilote, lui demande de reprendre le ravitaillement.

L'avion est stable pendant l'approche du panier, puis les actions aux commandes le rendent instable au cours de la seconde qui précède le contact. Ce dernier est établi, le tuyau se positionne dans le plan oblique au lieu de se situer dans le plan horizontal. L'attitude de l'avion induite par la position du tuyau rend le pilotage inconfortable et inhabituel. Le pilote tente de contraindre le tuyau à se placer dans le plan horizontal. Pour ce faire, il déplace le nez de l'avion vers la gauche et effectue simultanément une correction à l'aide des gaz. Dans le même temps il n'aperçoit plus la bille et est persuadé qu'elle est en butée, mais ignore de quel côté.

L'ORV donne l'ordre de reculer, le pilote exécute tout en essayant de replacer la bille au centre. Alors que la réduction des gaz provoque la déconnexion suivie immédiatement de la reconnexion, l'avion devient instable. Dans le même temps, l'ORV ordonne la déconnexion et l'avion part en embardée franche à droite. Le pilote reprend le contrôle de l'avion qu'il stabilise 500 ft plus bas.

2.1.2 Hypothèse de la perte de contrôle de l'avion

L'observation des relevés de paramètres enregistrés au cours de cette phase du vol montre **l'application d'ordres de fortes amplitudes sur les commandes de vol** et dans le même temps la déstabilisation de l'avion.

L'hypothèse selon laquelle l'application d'ordres de fortes amplitudes aux commandes de vol a conduit à la perte de contrôle de l'avion est CERTAINE.

2.1.3 Hypothèse du dysfonctionnement de l'articulation du tuyau de ravitaillement

L'examen de l'articulation du tuyau souple et du panier n'a pas permis de mettre en évidence d'anomalie de fonctionnement.

L'hypothèse d'une défaillance de l'articulation du tuyau et du panier est REJETEE.

2.1.4 Hypothèse de l'influence du réservoir pendulaire

L'avion était équipé du réservoir pendulaire RPL 201¹⁸. Il est reconnu que cet équipement affecte la stabilité du vol. La technique couramment pratiquée lors du ravitaillement en vol pour atténuer cette contrainte consiste en :

- l'application et le maintien d'une légère dissymétrie à gauche (une demi bille à gauche) avant le contact, cette dissymétrie augmentant lors du contact avec le panier ;
- la réduction de cette dissymétrie sans l'annuler, lorsque le contact est établi et l'avion stabilisé ;

¹⁸ La documentation d'utilisation du Mirage F1 (UCC 106-03-1) stipule que la configuration avec un réservoir RPL 201 est « caractérisée par une grande sensibilité au dérapage ». En pratique, certains pilotes témoignent que cette configuration les oblige à être en vol dissymétrique permanent.

- la poursuite du ravitaillement jusqu'à la quantité de carburant désirée avec un contrôle permanent des éléments de vol.

Au regard de l'influence du réservoir pendulaire sur le comportement du Mirage F1 lors du ravitaillement en vol,

l'hypothèse que l'emport du réservoir pendulaire RPL 201 ait été un facteur aggravant à la perte de contrôle de l'avion est PROBABLE.

2.1.5 Hypothèse de la fascination du pilote par l'objectif¹⁹

Dans son témoignage, le pilote rapporte avoir ressenti l'augmentation du stress après l'échec du deuxième contact, mais s'est cependant donné l'obligation de ravitailler pour rejoindre la base de N'Djamena. Il était conscient de la possibilité de se dérouter vers le terrain de Faya-Largeau en cas de nouvel échec mais ne l'a pas envisagé, se sachant capable de réussir le ravitaillement.

Le refus d'envisager la solution du déroutement rend POSSIBLE l'hypothèse selon laquelle le pilote a été victime de l'effet de fascination de l'objectif.

Cet effet a pu :

- altérer l'appréciation de sa capacité conjoncturelle à réussir le ravitaillement en la surestimant,
- l'amener à maintenir son plan d'action malgré le constat des conditions défavorables.

2.1.6 Hypothèse de la fatigue du pilote

La patrouille a décollé à 6h40 de N'Djamena pour un vol d'une durée prévue de quatre heures. Le pilote a emporté une bouteille d'eau en cabine pour se réhydrater, ce qu'il a fait au cours du vol. La première partie de la mission s'est déroulée en haute altitude pendant une heure avant le premier ravitaillement en carburant. Ce dernier a été réalisé sans

¹⁹ Cet effet correspond à une focalisation de l'attention du pilote qui l'empêche de prendre en compte les éléments extérieurs à son objectif.

difficulté particulière. La deuxième partie de la mission a lieu en basse altitude, avant le deuxième ravitaillement qui a été effectué après environ 2h40min de vol.

Au départ de la mission, le pilote possède l'expérience de dix neuf ravitaillements en vol. Son apprentissage de ce type d'exercice est récent et par conséquent exige de sa part un niveau de concentration d'autant plus élevé.

L'hypothèse que la fatigue accumulée au cours du vol ait pu affecter la concentration du pilote pendant le ravitaillement et altérer son raisonnement lors du traitement de la panne est POSSIBLE.

2.2 Dysfonctionnement du moteur

2.2.1 Circonstances

La déconnexion a lieu de façon incontrôlée au cours de l'embarquée de l'avion vers la droite. Le pilote ressent immédiatement une vibration et un vrombissement persistants.

Lors de la déconnexion, le tuyau souple est déchiré au niveau de son embase. Le carburant sous pression s'échappe par cette ouverture. L'écoulement atteint la glace frontale, la verrière, et l'entrée d'air gauche. La visibilité frontale est presque nulle.

A cet instant la vitesse de rotation du moteur est de 6500 tr/min, la T4 est de 500°C. Le pilote constate l'inefficacité de la manette des gaz. Ces informations sont communiquées au leader qui dérouté immédiatement la patrouille vers Faya-Largeau. Deux tentatives successives d'utilisation de la commande secours du moteur permettent d'obtenir une augmentation de la poussée. Au cours de la première tentative la T4 s'élève à 500°C, et atteint 1000°C lors de la deuxième. Bien que la post-combustion n'ait pas été activée par le pilote, le voyant *FON*²⁰ s'allume alors indiquant la présence de flamme dans la tuyère.

²⁰ L'allumage du voyant *FON* témoigne du fonctionnement de la post-combustion.

2.2.2 Analyse des paramètres de l'enregistreur de vol

Aucun dysfonctionnement du moteur n'est constaté avant l'incident de ravitaillement.

Après l'incident, alors que le moteur fonctionne en mode normal de régulation :

- la tuyère demeure en pleine ouverture malgré les actions du pilote sur la manette des gaz. Ce phénomène s'explique par un manque de pression en sortie du compresseur ;
- la T4 est très élevée au regard de la vitesse de rotation du moteur.

Ces constats caractérisent le décrochage partiel du compresseur.

Après le passage en régulation secours, la forte élévation de la T4 jusqu'à 800°C associée à une faible augmentation de régime moteur indique que le pilote a tenté sans succès d'appliquer de la puissance à l'aide du manipulateur.

Le décrochage partiel était toujours installé après le passage en régulation secours.

Après l'éjection qui provoque la diminution quasi-instantanée de l'incidence de 15° à 9°, la T4 chute brutalement de 950°C à 460°C et le régime moteur augmente de 6000 tr/min à 8680 tr/min. **Ces constats indiquent l'arrêt du décrochage partiel après l'éjection et le retour à un fonctionnement sain du moteur**, en régime plein gaz sec commandé par la régulation secours opérante.

2.2.3 Expertise technique du moteur

L'expertise technique du moteur n'a pas mis en évidence de détérioration du moteur antérieure à l'impact avec le sol. **Le moteur n'a pas absorbé de corps étrangers susceptibles de s'être détachés de l'avion lors de l'incident de ravitaillement.**

2.2.4 Conclusion partielle

L'analyse des paramètres thermodynamiques du moteur à l'aide d'un modèle de prédiction en fonctionnement sain fait apparaître un excès de plus de 350°C de la température T4 après l'incident de ravitaillement. Cet écart est caractéristique d'un décrochage partiel de l'ATAR 9K50. Après l'éjection, les valeurs de la température T4 sont redevenues cohérentes avec le modèle de prédiction pour un fonctionnement normal du moteur en mode de régulation secours. Le décrochage partiel a disparu.

Le décrochage partiel du compresseur a été concomitant à l'incident de ravitaillement. Ce régime de fonctionnement dégradé du moteur s'est maintenu jusqu'à l'éjection qui a engendré un changement des paramètres aérodynamiques de l'entrée de la veine d'air et provoqué l'arrêt du décrochage partiel. Le fonctionnement du moteur est redevenu normal après l'éjection.

2.2.5 Causes du décrochage partiel

Les causes du décrochage partiel du compresseur sont liées à l'ingestion de carburant et aux conditions d'alimentation en air de la manche du réacteur.

Les éléments suivants ont favorisé le décrochage partiel du compresseur :

- ❖ **l'ingestion brutale de carburant projeté par le tuyau de ravitaillement endommagé ;**
- ❖ **le masquage partiel de l'entrée d'air gauche par le panier de ravitaillement lors de son mouvement relatif autour du radôme de l'avion pendant l'embarquée ;**
- ❖ **la brusque embarquée de l'avion lors de l'incident de ravitaillement (le roulis à droite atteint 129°) conjuguée à l'élévation de l'incidence qui atteint 17°.**

2.2.6 Causes du maintien du décrochage partiel

Le décrochage partiel du compresseur a provoqué la réduction de la poussée. En conséquence la vitesse a diminué et l'incidence a augmenté. La diminution du flux d'air et l'apport de carburant ont entretenu le régime de fonctionnement ainsi installé.

2.3 Gestion de la panne

2.3.1 Identification de la panne

Les témoignages du pilote et du leader montrent qu'ils n'ont pas reconnu le décrochage du compresseur malgré les symptômes constatés.

L'hypothèse selon laquelle le pilote et le leader n'ont pas identifié la nature du dysfonctionnement affectant le moteur est CERTAINE.

2.3.2 Trajectoire

Immédiatement après l'incident de ravitaillement, le leader décide le déroutement de la patrouille vers le terrain de Faya-Largeau situé à environ 10 Nm. Lors de la tentative de résolution du dysfonctionnement, bien que la poussée obtenue soit négligeable, l'élévation du régime moteur consécutive à l'action sur la commande de régulation secours éloigne le pilote et le leader d'une logique d'extinction du réacteur.

Le plan d'action est l'atterrissage sur le terrain de Faya-Largeau. Le leader guide l'avion en difficulté en lui faisant décrire un virage de 270° par la droite afin de le conduire sur une longue finale de type moteur douteux en CVE et lui faire perdre de l'altitude. La trajectoire décrite éloigne l'avion d'environ 9 Nm de la piste.

L'incident de ravitaillement a eu lieu à environ 10 Nm du terrain de Faya-Largeau, à une altitude de voisine de 18000 ft. La hauteur de l'avion par rapport au terrain était alors proche de 17000 ft. La finesse de l'avion au cours de cette phase du vol a été pénalisée par la traînée induite due à la présence du réservoir pendulaire. L'éloignement d'environ 9 Nm de la piste lors du virage de 270° par la droite et la conservation du réservoir pendulaire n'ont pas permis l'exécution de l'approche finale jusqu'à son terme.

L'hypothèse selon laquelle la trajectoire décrite et la configuration de l'avion n'ont pas permis d'optimiser le potentiel d'énergie disponible à l'issue de l'incident de ravitaillement est CERTAINE.

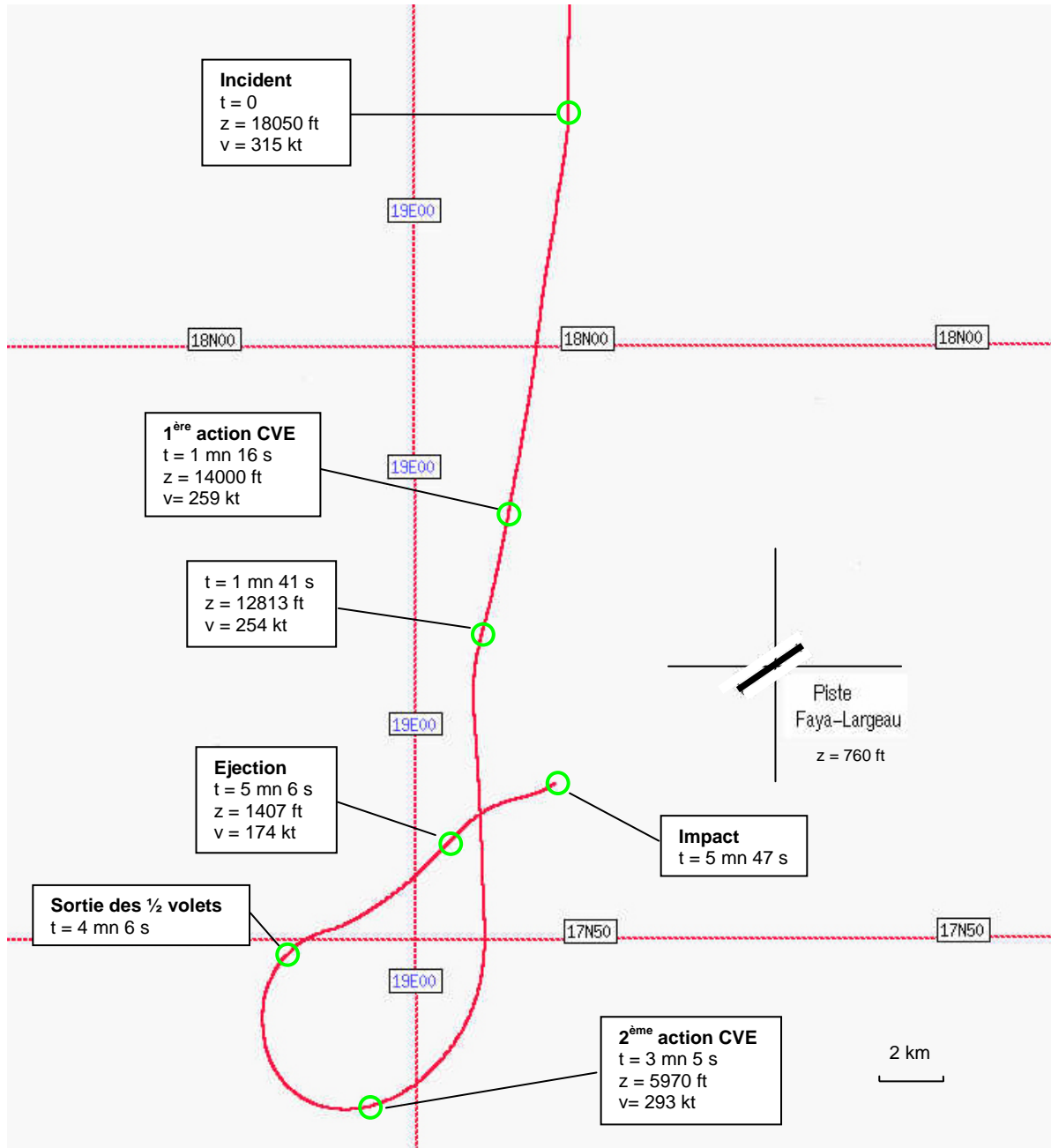


Figure n° 1 : Trajectoire

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

- L'incident de ravitaillement a lieu après 2h40min de vol, au cours du deuxième ravitaillement de la mission et après deux échecs de connexion ;
- l'avion était équipé du réservoir pendulaire RPL201 en point d'emport central ;
- la sonde anémométrique a été tordue lors du premier contact ;
- confronté au positionnement du tuyau de ravitaillement dans un plan oblique, le pilote a tenté de le placer dans le plan horizontal ;
- le pilote a appliqué des ordres de fortes amplitudes aux commandes de vol ;
- l'ingestion brutale de carburant projeté par le tuyau de ravitaillement endommagé, le masquage partiel de l'entrée d'air gauche, et la brusque embardée de l'avion lors de l'incident de ravitaillement sont à l'origine du décrochage partiel du compresseur ;
- la nature du dysfonctionnement du moteur n'a pas été identifiée par les pilotes ;
- le plan d'action adopté était l'atterrissage de l'avion sur le terrain le plus proche après une longue finale de type CVE, en cohérence avec la procédure correspondant à un avion lourd en secours régulation ;
- le réservoir pendulaire n'a pas été largué.

3.2 Causes de l'événement

La gestion du dysfonctionnement du moteur survenu lors de l'incident de ravitaillement a conduit à l'éjection du pilote.

L'incident de ravitaillement est la conséquence de la perte de contrôle de l'avion. Celle-ci est liée à :

- un défaut de maîtrise de la technique du ravitaillement en vol ;
- l'emport du réservoir pendulaire ;
- la fascination de l'objectif dont le pilote peut avoir été victime ;
- le défaut d'appréciation de la situation par le leader.

Le moteur a subi un décrochage partiel du compresseur provoqué essentiellement par l'ingestion de carburant projeté par le tuyau de ravitaillement après sa déchirure.

L'absence d'identification de la panne, la conservation du réservoir pendulaire et le choix de la trajectoire ont conduit à l'éjection du pilote.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

Elles concernent :

- le rôle du leader ;
- l'exécution du ravitaillement en vol ;
- l'identification du dysfonctionnement du moteur ;
- le choix de la trajectoire ;
- l'emploi du réservoir pendulaire RPL201 ;
- les actions préparatoires à l'éjection.

4.1.1 Rôle du leader

Au départ de la mission, le leader possédait l'expérience de cent vingt cinq ravitaillements en vol.

L'incident de ravitaillement de son ailier a eu lieu après deux échecs de connexion consécutifs, la détérioration de la sonde anémométrique, et la connexion dans de mauvaises conditions.

En conséquence, le BEAD-air rappelle :

- le rôle déterminant du leader dans l'appréciation des risques inhérents au ravitaillement des avions de sa formation ;
- l'absolue nécessité de décider de différer l'opération le cas échéant, voire son annulation ;
- la consigne particulière de sécurité des vols FAC²¹-FAS²² (ordre 5G) prévoyant « *que tout incident pouvant toucher à l'intégrité de l'avion provoquera le déroutement sur le terrain le plus proche adapté au type de l'avion concerné* », l'application de celle-ci pouvant toutefois être tempérée par le contexte opérationnel de la mission.

²¹ FAC : forces aériennes de combat.

²² FAS : forces aériennes stratégiques.

4.1.2 Identification du dysfonctionnement du moteur

Bien que le manuel d'utilisation²³ et le mémento pilote²⁴ décrivent les symptômes du décrochage du compresseur, l'enquête a mis en évidence que :

- les mémoires individuelles du pilote et du leader n'ont pas permis de reconnaître le dysfonctionnement du moteur ;
- le souvenir de ce dysfonctionnement particulier s'estompe de la mémoire collective des pilotes de Mirage F1CT.

En conséquence, le BEAD-air recommande à l'état-major de l'armée de l'air :

- ❖ **de confronter régulièrement les pilotes à ce dysfonctionnement lors des séances d'instruction au simulateur ;**
- ❖ **de rendre cette instruction obligatoire.**

4.1.3 Choix de la trajectoire

L'association de la configuration de l'avion et de la trajectoire décrite n'a pas optimisé le potentiel d'énergie disponible à l'issue de l'incident de ravitaillement.

Aussi, le BEAD-air

- rappelle les procédures d'exécution de la finale « atterrissage en régulation secours » (UCB 111-01 section 5-25) qui prévoient de « *larguer les charges dans tous les cas* »,

- **recommande : de rejoindre directement un point clé connu lié au terrain de déroutement.**

²³ UCB 111-01 - section 4.25.5.

²⁴ Procédures de secours - page S2.

4.1.4 Exécution du ravitaillement en vol

Le ravitaillement en vol en point central requiert une technicité de pilotage plus exigeante que le ravitaillement en nacelle de bout d'aile et par conséquent le BEAD-air recommande à l'état-major de l'armée de l'air

de privilégier, dans la mesure du possible, le ravitaillement en vol en nacelle de bout d'aile.

Afin de se prémunir de l'effet éventuel de fascination de l'objectif, le BEAD-air recommande à l'état-major de l'armée de l'air

d'étudier les conditions d'une limitation du nombre de tentatives infructueuses de connexion lors du ravitaillement en vol.

4.1.5 Instruction au ravitaillement en vol

Au départ de la mission, le pilote possédait l'expérience de dix-neuf ravitaillements en vol, dont quatorze réalisés dans le cadre de l'instruction.

Dépendante de la disponibilité des avions ravitailleurs, la durée de la phase d'instruction des pilotes de Mirage F1 au ravitaillement en vol a crû au cours des dernières années. Parallèlement, le nombre moyen d'heures de vol cumulées par les pilotes sur cet avion au début de leur transformation au ravitaillement en vol d'une part, puis pour atteindre la qualification de pilote opérationnel d'autre part, a diminué.

Afin d'accroître la qualité de l'instruction dispensée, le BEAD-air recommande à l'état-major de l'armée de l'air :

- ❖ **d'accroître l'expérience des pilotes de Mirage F1 à l'instruction par l'augmentation du nombre d'heures de vol moyen requis pour accéder à la transformation au ravitaillement en vol ;**
- ❖ **de réduire l'étalement dans le temps de cette transformation ;**
- ❖ **de consolider la compétence acquise au cours de la transformation par une instruction complémentaire de « mûrissement » en métropole ;**
- ❖ **de ne pas sanctionner l'abandon ou l'échec lors de l'exercice de ravitaillement en vol.**

4.1.6 Emploi du réservoir pendulaire RPL201

Le manuel d'utilisation du Mirage F1 CT²⁵ indique que la configuration de l'avion comprenant le réservoir ventral RPL 201 « est caractérisée par une grande sensibilité au dérapage ». Cette particularité a déjà occasionné l'émission d'une recommandation de sécurité suite aux conclusions de l'enquête technique²⁶ réalisée après la perte de contrôle d'un Mirage F1 CT lors d'un vol de convoyage. Le BEAD-air s'appuie sur celle-ci pour recommander à l'état-major de l'armée de l'air

- ❖ **d'étudier l'emploi de ce réservoir ;**
- ❖ **de rappeler de nouveau aux pilotes les précautions à prendre lors des vols avec un réservoir central RPL 201.**

4.1.7 Actions préparatoires à l'éjection

L'analyse de l'évènement a révélé que lors de l'éjection, la commande de régulation secours du moteur était opérante, et qu'en conséquence la puissance de ce dernier n'était pas réduite. La procédure d'éjection préparée dans le cadre de l'abandon de bord d'un avion pilotable décrite par le manuel d'utilisation de l'avion prévoit la réduction du

²⁵ UCC 106-3-1.

²⁶ Enquête BEAD-air-A-2006-019-A du 6 décembre 2006.

réacteur. Dans cet événement, cette absence de réduction n'a pas eu de conséquences mais, dans d'autres circonstances, elle aurait pu avoir un impact sur la sécurité des personnes et des biens au sol.

Les enquêtes techniques conduites par le Conseil permanent de la sécurité aérienne de l'armée de l'air (CPSA-air), et par le BEAD-air ont relevé que dans un grand nombre de cas, la check-list relative à l'éjection n'était pas totalement appliquée dans ce domaine. Il a été constaté notamment 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 puissance*²⁷ ».

Le BEAD-air renouvelle auprès de l'état-major de l'armée de l'air les recommandations émises dans ce cadre, et recommande plus particulièrement :

- ❖ **dans la mesure du possible, d'étudier l'automatisation de la réduction de la puissance du moteur au départ du siège ;**
- ❖ **d'inclure la coupure de la commande de régulation secours dans les procédures d'éjection ;**
- ❖ **de renforcer l'entraînement des équipages aux actions préliminaires avant éjection ;**
- ❖ **d'étudier l'adaptation du matériel d'entraînement aux procédures d'éjection, afin de permettre la simulation des gestes à effectuer.**

²⁷ Enquête BEAD-air-A-2006-17-A.

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

L'examen de la documentation technique a mis en évidence l'absence de la vérification des bouchons magnétiques du turboréacteur²⁸. Celle-ci était prévue à 478h15 de fonctionnement de l'avion. Ce dernier totalisait 479h10 au départ de la mission, et l'opération n'avait pas été effectuée.

Aussi, le BEAD-air rappelle

l'obligation du respect des périodicités des interventions techniques.

²⁸Cette opération est à réaliser toutes les 30 heures de fonctionnement du moteur.