

# *Bureau enquêtes accidents Défense*

## **RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE**

**BEAD-A-2004-014-A**



|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| <b>Date de l'événement :</b> | <b>9 juin 2004</b>             |
| <b>Lieu de l'événement :</b> | <b>Narbonne (11 – Aude)</b>    |
| <b>Appareil :</b>            |                                |
| – Type :                     | <b>Mirage 2000 N</b>           |
| – Immatriculation :          | <b>n° 318 F-ULBP</b>           |
| <b>Organisme :</b>           | <b>Armée de l'air</b>          |
| <b>Unité :</b>               | <b>EC 02.004 « Lafayette »</b> |

## **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> .....  | <b>1</b> |
| <i>Table des matières</i> .....   | <b>2</b> |
| <i>Table des illustrations</i> .....  | <b>4</b> |
| <b>1. Figures</b> .....   | <b>4</b> |
| <b>2. Photographies</b> .....   | <b>4</b> |
| <i>Glossaire</i> .....  | <b>5</b> |
| <i>Synopsis</i> .....   | <b>6</b> |
| <b>1. Renseignements de base</b> .....  | <b>9</b> |
| 1.1. Déroulement du vol .....   | 9        |
| 1.1.1. Mission .....  | 9        |
| 1.1.2. Déroulement .....  | 9        |
| 1.1.2.1. Description du vol et de la rejointe du ravitailleur .....               | 10       |
| 1.1.2.2. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol ..... | 12       |
| 1.1.2.3. Gestion de l'événement.....  | 12       |
| 1.1.3. Localisation.....  | 13       |
| 1.2. Tués et blessés .....  | 13       |
| 1.3. Dommages à l'aéronef .....   | 13       |
| 1.4. Autres dommages .....  | 13       |
| 1.5. Renseignements sur le personnel .....  | 14       |
| 1.5.1. Membres d'équipage de conduite .....                                       | 14       |
| 1.5.1.1. Pilote, commandant de bord.....  | 14       |
| 1.5.1.2. Navigateur officier système d'armes.....                                 | 15       |
| 1.5.2. Autres personnels.....   | 15       |
| 1.6. Renseignements sur l'aéronef .....   | 15       |
| 1.6.1. Maintenance.....   | 16       |
| 1.6.2. Alarme T7.....   | 17       |
| 1.6.3. Carburant .....  | 17       |
| 1.7. Conditions météorologiques .....   | 18       |
| 1.8. Aides à la navigation .....  | 18       |
| 1.9. Télécommunications .....   | 18       |
| 1.10. Renseignements sur l'aérodrome .....  | 18       |
| 1.11. Enregistreurs de bord .....   | 18       |
| 1.11.1. Mirage 2000 N.....  | 18       |
| 1.11.2. Avion ravitailleur.....   | 19       |
| 1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact .....                            | 19       |
| 1.13. Renseignements médicaux et pathologiques .....                              | 19       |
| 1.13.1. Pilote.....   | 19       |
| 1.13.2. Navigateur officier système d'armes .....                                 | 20       |
| 1.14. Incendie .....  | 20       |
| 1.15. Survie des occupants .....  | 20       |
| 1.15.1. Abandon de bord.....  | 20       |
| 1.15.2. Organisation des secours .....  | 22       |
| 1.16. Essais et recherches .....  | 23       |
| 1.16.1. Expertises réalisées au CEAT .....  | 23       |
| 1.16.2. Expertises réalisées à l'AIA de Bordeaux.....                             | 23       |
| 1.17. Renseignements sur les organismes .....                                     | 24       |
| 1.18. Renseignements supplémentaires .....  | 24       |
| 1.19. Techniques d'enquête spécifiques .....                                      | 24       |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2. Analyse</b>   | <b>25</b> |
| 2.1. Causes de l'échec du contact   | 25        |
| 2.1.1. Application erronée de la méthode de ravitaillement en vol                               | 28        |
| 2.1.2. Défauts de la méthode préconisée dans le MET   | 29        |
| 2.2. Causes de la rupture et de la désolidarisation de la prise de remplissage du Mirage 2000   | 31        |
| 2.2.1. Résultats de l'observation de la perche de ravitaillement en vol par le CEAT             | 32        |
| 2.2.2. Cause du domaine technique   | 35        |
| 2.2.2.1. Examens métallurgiques   | 36        |
| 2.2.2.2. Essais de tenue en traction  | 36        |
| 2.2.2.3. Conclusion sur une cause technique de la désolidarisation de la prise de remplissage   | 39        |
| 2.2.3. Cause du domaine logistique  | 39        |
| 2.2.4. Conclusion sur les causes technico-logistiques   | 41        |
| 2.3. Plan d'action du pilote après l'absorption, par le moteur, de la prise de remplissage      | 41        |
| 2.3.1. Actions menées   | 41        |
| 2.3.2. Analyse des actions du pilote  | 42        |
| 2.3.3. Validation du choix du pilote de ne pas procéder à la remise en fonctionnement du moteur | 43        |
| <b>3. Conclusion</b>  | <b>44</b> |
| 3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement                                  | 44        |
| 3.1.1. Mission – environnement  | 44        |
| 3.1.2. Conception de la fixation de la prise de remplissage                                     | 44        |
| 3.1.3. Logistique   | 45        |
| 3.1.4. Technique  | 45        |
| 3.2. Causes de l'événement  | 46        |
| <b>4. Recommandations de sécurité</b>   | <b>47</b> |
| 4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement                                | 47        |
| 4.1.1. Formation – entraînement des pilotes   | 47        |
| 4.1.2. Domaine technico-logistique  | 48        |
| 4.1.3. Conception de la fixation de la prise de remplissage                                     | 49        |
| 4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement                          | 50        |
| 4.2.1. Domaine logistique   | 50        |
| 4.2.2. Equipements de vol et de survie  | 50        |
| <b>Annexes</b>  | <b>53</b> |
| <b>1. Formation des pilotes au ravitaillement en vol</b>  | <b>54</b> |
| 1.1. Comparaison ravitaillements « panier nacelle » et « panier point central »                 | 54        |
| 1.1.1. Phase de contact   | 54        |
| 1.1.2. Phase de ravitaillement en vol   | 55        |
| 1.2. Organisation de la transformation « ravitaillement en vol »                                | 56        |
| <b>2. Comparaison des enregistrements vidéo</b>   | <b>57</b> |
| <b>3. Conception de la fixation de la prise de remplissage</b>                                  | <b>61</b> |
| 3.1. Evolution de la conception de la fixation de la prise de remplissage                       | 61        |
| 3.2. Demande d'évolution de la fixation de la prise de remplissage                              | 63        |
| <b>4. Analyse des actions du pilote</b>   | <b>64</b> |

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### 1. FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : situation de l'axe « Judith » _____   | 10 |
| Figure 2 : positions clés en ravitaillement en vol _____                                   | 11 |
| Figure 3 : montage de la prise de remplissage sur la perche de ravitaillement en vol _____ | 62 |

### 2. PHOTOGRAPHIES

|   |    |
|---|----|
| Photo 1 : dispositif pour le ravitaillement en vol _____                                      | 11 |
| Photo 2 : chaussures _____  | 21 |
| Photo 3 : casque du pilote _____  | 21 |
| Photo 4 : balise de détresse _____  | 22 |
| Photo 5 : écrou d'aspect conique _____  | 32 |
| Photo 6 : écrou d'aspect cylindrique _____  | 32 |
| Photo 7 : perche de ravitaillement en vol après désolidarisation de la prise de remplissage _ | 34 |
| Photo 8 : écrous prisonniers après la perte de la prise de remplissage _____                  | 34 |
| Photo 9 : coupe transversale d'écrous _____   | 37 |
| Photo 10 : roue mobile n°1 (RM1) du compresseur _____   | 43 |
| Photo 11 : ravitaillement en nacelle _____  | 55 |
| Photo 12 : ravitaillement en point central _____  | 55 |

## GLOSSAIRE

|                 |  |
|-----------------|--|
| AIA             | Atelier industriel de l'aéronautique   |
| BEA défense     | Bureau enquêtes accidents défense  |
| CEAT            | Centre d'essais aéronautiques de Toulouse  |
| CHU             | Centre hospitalier universitaire   |
| CT              | Carte de travail   |
| daN             | Décanewton ou 100 Newtons (N)<br><br>1 N = force qui communique à un corps ayant une masse de 1 kg, une accélération de 1 m par seconde. |
| EC              | Escadron de chasse   |
| FAS             | Force aérienne stratégique   |
| J1              | Point de référence défini pour chaque axe de ravitaillement pour la rejointe du ravitaillé avec le ravitailleur.                         |
| MET             | Manuel d'emploi tactique   |
| RESEDA          | Centre de restitution des enregistreurs d'accidents  |
| RM1             | Roue mobile n°1  |
| RVT             | Ravitaillement en vol  |
| SAR             | <i>Search and rescue</i><br><br>Recherche et sauvetage   |
| SIMMAD          | Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle du matériel aéronautique de la défense  |
| T7              | Voyant de panne au tableau d'alarme (surchauffe moteur)  |
| Tt <sub>7</sub> | Température de sortie turbine  |
| VTH             | Visualisation tête haute   |

## **SYNOPSIS**

- Date de l'événement : 9 juin 2004 vers 13h30<sup>1</sup>.
- Lieu de l'événement : 15 km au Sud-Est de Narbonne (Aude).
- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique : force aérienne stratégique (FAS).
- Unité : escadron de chasse (EC) 02.004 « Lafayette » (Luxeuil).
- Aéronef : Mirage 2000 N n° 318 F-ULBP.
- Nature du vol : mission de ravitaillement en vol (RVT) suivi d'un entraînement en basse altitude.
- Nombre de personnes à bord : deux.

### **Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis**

Le 9 juin 2004, pendant la phase de contact pour un ravitaillement en vol sur le panier en point central d'un C 135 FR, l'équipage de l'avion leader d'une patrouille légère de Mirage 2000 N constate la rupture de la prise de remplissage de la perche de ravitaillement en vol et suspecte son ingestion par le moteur.

L'augmentation, hors norme, de la température du moteur ( $Tt_7$ ) amène le pilote commandant de bord à prendre la décision d'arrêter le moteur et de ne pas tenter sa remise en fonctionnement.

Après avoir dirigé l'aéronef au dessus de la mer, l'équipage s'éjecte.

Les deux membres de l'équipage sont légèrement blessés<sup>2</sup> et l'avion s'abîme en mer.

---

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

<sup>2</sup> Selon la définition retenue dans la loi 99-243 du 29 mars 1999.

### **Composition du groupe d'enquête technique**

- Un officier enquêteur du bureau enquêtes accidents défense (BEA défense), nommé enquêteur désigné.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote Mirage 2000 N.
- Un navigateur officier système d'armes (NOSA) Mirage 2000 N.
- Un officier mécanicien Mirage 2000 N.
- Un médecin du personnel navigant.
- Un opérateur ravitaillement en vol sur C 135 FR<sup>3</sup> (ORV).
- Un officier parachutiste d'essai.
- Un officier contrôleur de la circulation aérienne.

### **Autres experts consultés**

- RESEDA de Brétigny (centre de restitution des enregistreurs d'accidents).
- CEAT (centre d'essais aéronautiques de Toulouse).
- AIA de Bordeaux (atelier industriel de l'aéronautique).

---

<sup>3</sup> Personnel à l'arrière du C 135 FR pour la mise en œuvre du système de ravitaillement en vol et pour la surveillance des ravitaillements en vol.

## **Organisation de l'enquête**

La permanence du BEA défense a été prévenue téléphoniquement par l'armée de l'air le mercredi 9 juin vers 14h00.

Le groupe d'enquête technique a été immédiatement scindé en deux. Des experts ont œuvré à partir d'Istres pour recueillir les témoignages de l'équipage de l'avion ravitailleur et pour relever des indices pendant les opérations de récupération de l'aéronef par la marine nationale. Les autres experts, à Luxeuil, ont exploité la documentation technique de l'appareil et se sont entretenus avec les membres d'équipage de l'avion accidenté<sup>4</sup> et de l'avion de l'équipier.

L'enregistreur de paramètres, récupéré le mercredi 16 juin, a été acheminé sous scellé au centre RESEDA de Brétigny sur Orge où il a été exploité le jeudi 17 juin.

## **Enquête judiciaire**

- Le Parquet de Toulouse s'est saisi de l'affaire.
- Un officier de police judiciaire de la brigade de la gendarmerie de l'air de Toulouse a été commis.

---

<sup>4</sup> L'équipage, après sa récupération, a été hélicopté sur l'hôpital de Montpellier. Le soir même, il était évacué, en avion, sur Luxeuil.

# 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

## 1.1. DEROULEMENT DU VOL

### 1.1.1. Mission

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Indicatif mission</b>          | <b>REQUIN 321</b>  |
| <b>Type de vol</b>                | <b>CAG IFR<sup>5</sup> + COM C<sup>6</sup> + COM V<sup>7</sup></b> |
| <b>Type de mission</b>            | <b>RVT + entraînement basse altitude</b>                           |
| <b>Dernier point de départ</b>    | <b>Base aérienne 116 (Luxeuil)</b>                                 |
| <b>Heure de départ</b>            | <b>12h40</b>   |
| <b>Point d'atterrissage prévu</b> | <b>Base aérienne 116 (Luxeuil)</b>                                 |

### 1.1.2. Déroulement

Le déroulement du vol a été reconstitué à partir des différents témoignages :

- des équipages :
  - ⇒ de la patrouille des REQUIN 321,
  - ⇒ de l'avion ravitailleur,
- des contrôleurs.

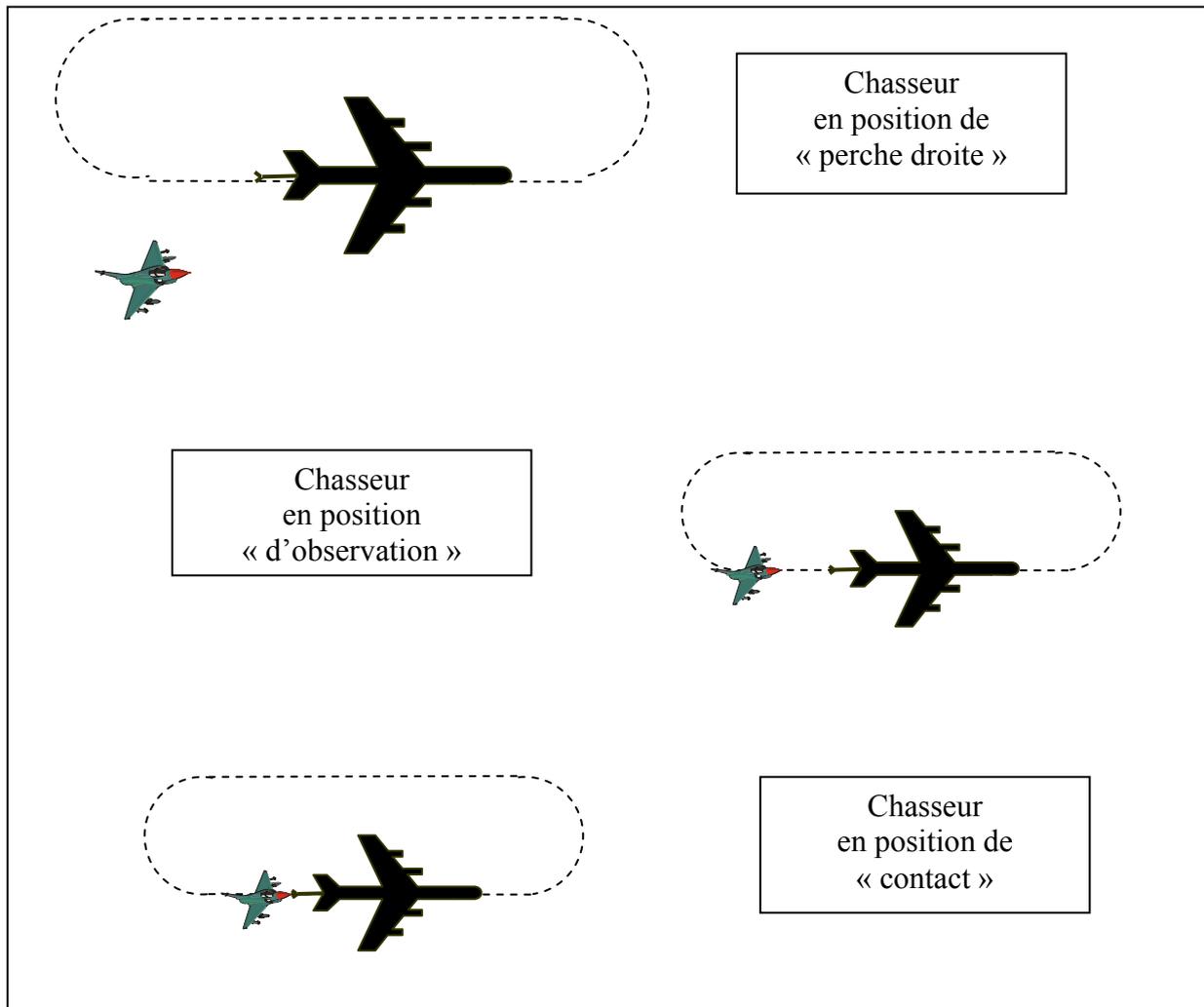
---

<sup>5</sup> CAG IFR : circulation aérienne générale, vol effectué selon les règles de vol aux instruments.

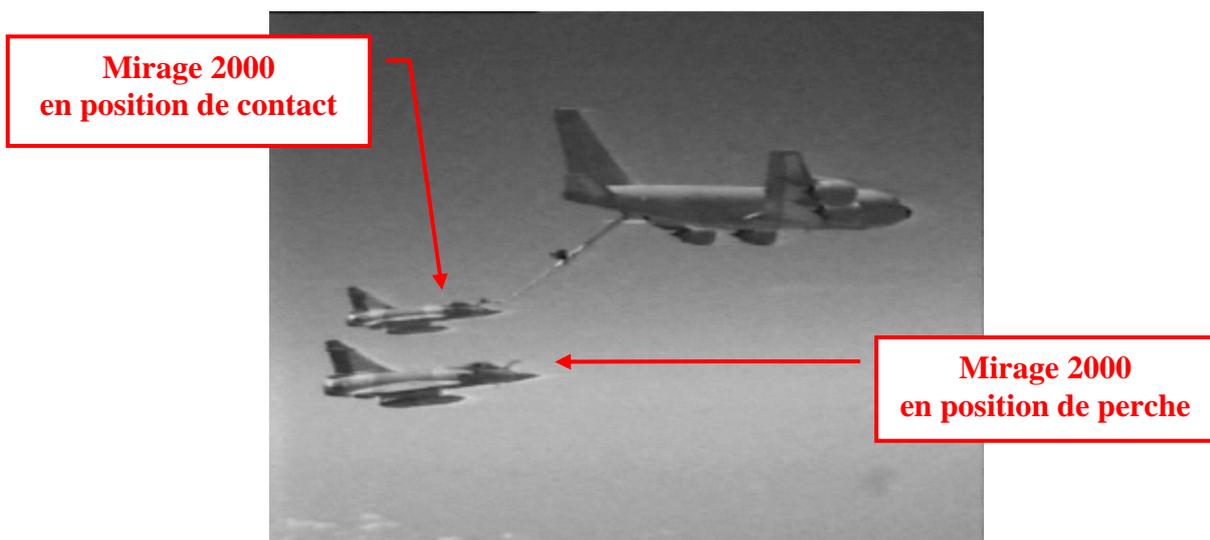
<sup>6</sup> COM C : circulation opérationnelle militaire de type « Charlie », (vol contrôlé dans un espace aérien spécialement affecté).

<sup>7</sup> COM V : circulation aérienne militaire de type « Victor » (vol non contrôlé effectué selon les règles de vol à vue).





*Figure 2 : positions clés en ravitaillement en vol*



*Photo 1 : dispositif pour le ravitaillement en vol*

### ***1.1.2.2. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol***

D'après les différents témoignages, l'approche (passage de la position d'observation au contact) est globalement correcte avec une vitesse relative stabilisée. Le contact de la prise de remplissage avec le panier est excentré, réalisé sur la partie supérieure des barreaux du panier. Ce dernier pivote sur son cardan et échappe en fouettant dans le plan vertical. La prise de remplissage se désolidarise de la perche de ravitaillement en vol et l'opérateur de ravitaillement en vol la voit tomber sur le côté droit du chasseur. Immédiatement après, il observe une flamme, puis de la fumée et des débris sortant à l'arrière par la tuyère du Mirage 2000 N. Cette flamme est également observée par l'équipage de l'avion de l'équipier et par celui de l'avion ravitailleur.

Dans le même temps, l'équipage de l'avion leader constate l'absence de la prise de remplissage en bout de perche et entend comme un bruit de « moulin à café » provenant du réacteur. Le pilote assure immédiatement un espace de sécurité avec le C 135 FR, en s'en éloignant et en s'étageant, par réduction de la puissance du moteur.

### ***1.1.2.3. Gestion de l'événement***

Le pilote augmente la puissance du moteur afin de stabiliser son retrait par rapport au reste du dispositif et constate une élévation anormale de la température  $Tt_7$  qui conduit à l'allumage des voyants d'alarmes rouge «  $T7^{10}$  » et ambre « CALC<sup>11</sup> ». Le pilote repositionne alors la manette des gaz au plein réduit, la température décroît et se stabilise vers 550° C. Une trentaine de secondes plus tard, bien que la manette des gaz soit maintenue en position plein réduit, la  $Tt_7$  augmente rapidement jusqu'en butée de l'indicateur avec l'allumage du voyant d'alarme correspondant. Le pilote coupe immédiatement le moteur.

---

<sup>10</sup> T7 : voyant de surchauffe moteur détectée par le calculateur.

<sup>11</sup> CALC : voyant de panne calculateur moteur.

Suspectant un endommagement irréversible du moteur, il décide de ne pas tenter de le remettre en fonctionnement et avise, son équipier et le contrôle, de son intention de rejoindre une zone inhabitée avant de procéder à l'éjection de l'équipage.

L'avion s'abîme en mer et l'équipage, légèrement blessé, est récupéré sur la côte par les secours.

### 1.1.3. Localisation

- La perte de la prise de remplissage s'est produite un peu au Sud du point « J1 » sur l'axe de ravitaillement en vol « *Judith* ».
- L'équipage a été récupéré sur la plage de Gruissan (Aude) :
  - ⇒ N 43 04 115
  - ⇒ E 003 05 62
- L'épave s'est abîmée en mer à moins d'un kilomètre de la côte à la position :
  - ⇒ N 43 03 439
  - ⇒ E 003 06 62

## 1.2. TUES ET BLESSES

|                  | Membres d'équipage | Passagers | Autres personnes |
|------------------|--------------------|-----------|------------------|
| <b>Mortelles</b> | /                  | /         | /                |
| <b>Graves</b>    | /                  | /         | /                |
| <b>Légères</b>   | 2                  | /         | /                |
| <b>Aucunes</b>   | /                  | /         | /                |

## 1.3. DOMMAGES A L'AERONEF

| Aéronef | Disparu | Détruit | Endommagé | Intègre |
|---------|---------|---------|-----------|---------|
|         |         | X       |           |         |

## 1.4. AUTRES DOMMAGES

Néant.

## 1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

### 1.5.1. Membres d'équipage de conduite

#### 1.5.1.1. Pilote, commandant de bord

- Age : 33 ans.
- Unité d'affectation : EC 02.004 (Luxeuil)
  - ⇒ fonction dans l'unité : officier sécurité des vols.
- Spécialité :
  - ⇒ qualification : chef de patrouille (CP)
  - ⇒ école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC de Tours)
  - ⇒ année de sortie d'école : 1992
- Heures de vol comme pilote :

|       | Total          |                   | Dans le semestre écoulé | Dans les 30 derniers jours |
|-------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
|       | Sur tous types | Sur Mirage 2000 N | Sur Mirage 2000 N       |                            |
| Total | 2836 h 05      | 862 h 10          | 101 h 55                | 32 h 20 <sup>12</sup>      |

- Date du dernier ravitaillement en vol : 3 juin 2004.
- Entraînement au ravitaillement en vol pour l'année 2004 :
  - ⇒ 11 ravitaillements effectués depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2004 dont 9 sur panier en point central.
- Carte de circulation aérienne :
  - ⇒ type : carte verte,
  - ⇒ date d'expiration : 14 avril 2005.

<sup>12</sup> Visite médicale pour dépassement des 30 heures de vol dans les 30 derniers jours effectuée le 9 juin 2004.

**1.5.1.2. Navigateur officier système d'armes**

- Age : 37 ans.
- Unité d'affectation : EC 02.004 (Luxeuil),  
⇒ fonction dans l'unité : adjoint à la cellule instruction.
- Spécialité :  
⇒ qualification : chef navigateur (CN),  
⇒ école de spécialisation : école des navigateurs officiers système d'armes (ENOSA) de Toulouse,  
⇒ année de sortie d'école : 1990,  
⇒ heures de vol :

|              | <b>Total</b>             | <b>Dans le semestre écoulé</b> | <b>Dans les 30 derniers jours</b> |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|              | <b>Sur Mirage 2000 N</b> | <b>Sur Mirage 2000 N</b>       |                                   |
| <b>Total</b> | <b>1223 h 00</b>         | <b>87 h 50</b>                 | <b>21 h 40</b>                    |

**1.5.2. Autres personnels**

L'opérateur de ravitaillement en vol a quatre ans d'expérience sur C 135 FR et totalise 1500 heures de vol.

**1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF**

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique d'appartenance : FAS.
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 116 (Luxeuil).
- Unité d'affectation : EC 02.004 (Luxeuil).

- Type d'aéronef : Mirage 2000 N
  - ⇒ configuration : deux réservoirs largables sous voilure,
  - ⇒ armement : deux bombes F4 d'exercice.

|         | Type - série  | Numéro | Heures de vol totales |
|---------|---------------|--------|-----------------------|
| Cellule | Mirage 2000 N | 318    | 3864 h 00             |
| Moteur  | M53P2         | 60263  | 2040 h 00             |

### 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation témoigne d'un entretien du Mirage 2000 N n° 318 conforme aux plans de maintenance en vigueur.

Plus spécifiquement, la maintenance des prises de remplissage est une maintenance « selon état » réalisée au travers de l'application de deux cartes de travail (CT).

- CT 26-20-601 : elle correspond à la vérification visuelle et tactile de l'état de la prise de remplissage et des jeux éventuels dans sa fixation. Elle est appliquée :
  - ⇒ lors des visites avant et après vol lorsque celui-ci comprend un ravitaillement en vol,
  - ⇒ lors des visites périodiques (VP) et grandes visites (GV).
- CT 26-20-408 : elle concerne les opérations de dépose et de pose de la prise de remplissage lorsqu'une anomalie est constatée lors de son contrôle. Plus spécifiquement cette carte de travail prévoit que le changement d'un élément de fixation (vis ou écrou) entraîne le changement de l'ensemble des éléments de fixation (huit vis et écrous). Toutefois, il n'est pas prévu que ce remplacement soit enregistré sur un quelconque document technique.

Concernant la prise de remplissage du Mirage 2000 N accidenté, elle n'a été remplacée qu'une seule fois depuis la mise en service de l'appareil.

- 1988 : montage initial de la prise de remplissage (sortie d'usine de l'avion).
- août 1993 : l'avion a effectué une quarantaine de missions comportant un ravitaillement en vol depuis sa mise en service. Lors d'une visite technique, des défauts relevés sur la prise de remplissage amènent à procéder à son remplacement. En revanche, la documentation de suivi des opérations techniques ne permet pas de confirmer si les éléments de la fixation (vis et écrous) ont été remplacés.
- 9 juin 2004 : depuis son remplacement en août 1993, ni la prise de remplissage ni son système de fixation n'ont été changés. Depuis 1993, l'avion a effectué environ 260 missions<sup>13</sup> comportant un ravitaillement en vol.

### 1.6.2. Alarme T7

Un voyant T7, accompagnée d'une alarme sonore, s'allume lorsqu'il y a détection de surchauffe dans les conditions suivantes<sup>14</sup> :

- allumage immédiat si  $T7 \geq 950^{\circ}\text{C}$ ,
- allumage temporisé si  $T7 \geq T7^*$  (température consigne<sup>15</sup>) + 25° C pendant plus de trois secondes avec un régime supérieur ou égal à 6300 tr/mn.

### 1.6.3. Carburant

- Type de carburant utilisé : TR0<sup>16</sup>.
- Quantité de carburant au décollage : 6200 kg.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 3400 kg (estimé).

---

<sup>13</sup> Seul le nombre de missions de ravitaillement en vol est comptabilisé. Le nombre exact de contacts ne l'est pas, le pilote pouvant en réaliser plusieurs à chaque mission de ce type.

<sup>14</sup> UCB 108-01, août 2001

<sup>15</sup> Cette « température consigne », élaborée par le calculateur moteur, diffère d'un moteur à l'autre.

<sup>16</sup> TR0 : kérosène.

## **1.7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES**

Les conditions météorologiques observées sur l'axe de ravitaillement correspondaient aux prévisions :

- ciel clair,
- visibilité supérieure à 10 km,
- absence de turbulence.

## **1.8. AIDES A LA NAVIGATION**

Sans objet.

## **1.9. TELECOMMUNICATIONS**

Le Mirage 2000 N est équipé de deux postes radio. L'équipage était en contact sur un des postes radio avec l'équipage de l'avion ravitailleur et, sur l'autre poste radio, avec le service du contrôle aérien.

## **1.10. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME**

Sans objet.

## **1.11. ENREGISTREURS DE BORD**

### **1.11.1. Mirage 2000 N**

Le Mirage 2000 N est équipé de deux systèmes de sauvegarde de paramètres :

- un enregistreur d'accident type ESPAR,
- un enregistrement de la visualisation tête haute (VTH), sur bande Hi-8, qui permet également l'enregistrement des communications radio de la cabine avant (poste pilote).

Ces deux enregistrements ont été restitués par le centre RESEDA.

### **1.11.2. Avion ravitailleur**

Le C 135 FR est équipé d'un système d'enregistrement vidéo qui permet de filmer l'avion ravitaillé.

Suite à une erreur de manipulation pour la mise en œuvre de ce système, la caméra n'a pas été déclenchée.

## **1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'ÉPAVE ET SUR L'IMPACT**

L'épave du Mirage 2000 N a été récupérée par la marine nationale. Des éléments déterminants pour l'enquête technique ont pu être identifiés, expertisés ou analysés :

- l'enregistreur d'accident,
- la bande Hi-8 d'enregistrement de la VTH,
- la perche de ravitaillement en vol,
- le moteur.

## **1.13. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES**

### **1.13.1. Pilote**

Le pilote, commandant de bord, était apte au vol.

- Dernier examen médical :
  - ⇒ type : visite « plus de 30 heures<sup>17</sup> »,
  - ⇒ date : le 9 juin 2004 (le matin même de l'accident),
  - ⇒ résultat : apte à dépasser la limite de 30 heures.
- Examens biologiques et toxicologiques : réalisés.
- Blessures :
  - ⇒ traumatisme de l'appareil musculo-squelettique consécutif à l'éjection,
  - ⇒ des projections de très fines particules du cordeau pyrotechnique de découpe de la calotte de la verrière sur ses bras.

---

<sup>17</sup> L'activité aérienne est limitée à 30 heures dans les 30 jours (consignes permanentes de sécurité des vols, ordre 6A : *Activité mensuelle*). Une dérogation peut-être accordée dans la limite de 15 heures supplémentaires par un médecin du personnel navigant.

### **1.13.2. Navigateur officier système d'armes**

Le navigateur officier système d'armes était apte au vol.

- Dernier examen médical :
  - ⇒ type : visite d'aptitude au CEMPN (centre d'expertise médicale du personnel navigant),
  - ⇒ date : 28 janvier 2004,
  - ⇒ résultat : apte,
  - ⇒ validité : un an.
- Examens biologiques et toxicologiques : réalisés.
- Blessures : traumatisme de l'appareil musculo-squelettique consécutif à l'éjection.

## **1.14. INCENDIE**

Néant.

## **1.15. SURVIE DES OCCUPANTS**

### **1.15.1. Abandon de bord**

- Éjection :
  - ⇒ type de sièges éjectables : MK10,
  - ⇒ éléments au moment de l'éjection :
    - hauteur : environ 900 pieds,
    - vitesse : 180 nœuds.

- Conséquences : les deux membres d'équipages sont légèrement blessés. De plus, les équipements du pilote présentent d'importantes dégradations :
- ⇒ les talons des chaussures « temps chaud » ont été brûlés par le moteur fusée du siège éjectable,



Chaussure gauche



Chaussure droite

Photo 2 : chaussures

- ⇒ le casque, la vessie du gilet de sauvetage et les manches de la combinaison de vol<sup>18</sup> sont marqués par de fines particules provenant du cordeau pyrotechnique de découpe de la calotte de la verrière,

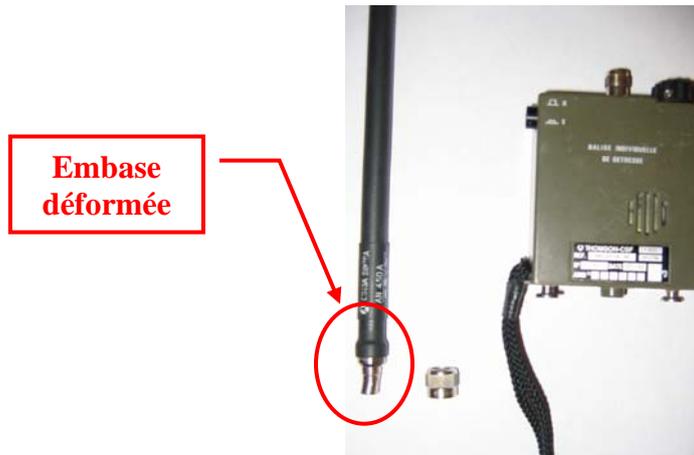


Photo 3 : casque du pilote

---

<sup>18</sup> Les manches ont été traversées par endroits, les bras du pilote étant alors également marqués.

⇒ l'embase de l'antenne de la balise de détresse a été déformée, provoquant sa désolidarisation<sup>19</sup>.



*Photo 4 : balise de détresse*

### 1.15.2. Organisation des secours

Chronologie établie après le dépouillement des enregistrements des conversations radios et téléphoniques.

- 12h30 :
  - ⇒ annonce sur la fréquence radio de l'ingestion, par le moteur, de la prise de remplissage de la perche de ravitaillement en vol,
  - ⇒ le pilote annonce qu'il coupe le moteur et qu'il ne tentera pas de le remettre en route.
- 12h34 :
  - ⇒ l'équipage s'éjecte, l'équipier confirme l'éjection sur la fréquence radio.
- 12h38 : la mission SAR<sup>20</sup> est déclenchée.
- 12h55 : décollage de l'hélicoptère SAR de la base aérienne d'Istres.
- Vers 13h10 : arrivée des secours du SDIS 11<sup>21</sup>.
- 13h35 : arrivée de l'hélicoptère SAR sur la plage de Gruissan.
- Vers 14h00 : évacuation, par l'hélicoptère SAR, de l'équipage du Mirage 2000 N vers le CHU<sup>22</sup> de Montpellier.

---

<sup>19</sup> Néanmoins, l'antenne peut être maintenue sur la balise et les transmissions sont opérantes.

<sup>20</sup> SAR : *search and rescue* (recherche et sauvetage).

<sup>21</sup> SDIS 11 : service départemental d'incendie et de secours de l'Aude.

<sup>22</sup> CHU : centre hospitalier universitaire.

Pour leur évacuation vers le CHU de Montpellier, le médecin à bord de l'hélicoptère a conditionné les deux membres d'équipage dans des matelas coquilles<sup>23</sup>. De plus, une minerve a été posée au navigateur officier système d'armes.

## **1.16. ESSAIS ET RECHERCHES**

### **1.16.1. Expertises réalisées au CEAT**

Le CEAT a conduit différentes expertises, d'une part, sur les éléments de fixation de la prise de remplissage qui ont pu être récupérés et, d'autre part, sur d'autres ensembles de fixation afin de disposer d'éléments de comparaison. Ces expertises ont donc concerné :

- les huit écrous de fixation de la prise de remplissage sur la perche de ravitaillement en vol du Mirage 2000 N n° 318,
- des écrous de remplacement provenant d'un lot détenu par l'armée de l'air,
- des écrous provenant d'un aéronef dont le pilote avait signalé un contact jugé dur,
- huit écrous provenant d'une perche d'un autre Mirage 2000 dont l'embout de remplissage a été arraché lors d'une phase de ravitaillement en vol.

En complément de ces expertises, le panier de l'avion ravitailleur a également été envoyé au CEAT.

### **1.16.2. Expertises réalisées à l'AIA de Bordeaux**

Le moteur du Mirage 2000 N a été expertisé à l'AIA de Bordeaux. Les travaux ont été conduits pour :

- identifier des éléments ingérés par le moteur et qui y seraient encore présents,
- dresser l'état des endommagements du moteur,
- émettre un avis technique sur la probabilité de réussite d'une tentative de remise en route du réacteur, si le pilote l'avait tentée.

---

<sup>23</sup> L'équipage de l'hélicoptère SAR disposait de deux civières mais que d'un seul matelas coquille. Le second a été fourni par le SDIS.

### **1.17. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES**

Néant.

### **1.18. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES**

Néant.

### **1.19. TECHNIQUES D'ENQUETE SPECIFIQUES**

Néant.

## **2. ANALYSE**

Ce chapitre se décompose en trois parties. Les deux premières permettent, au travers d'une analyse, de dégager les causes :

- de l'échec du contact entre « avion ravitailleur et avion ravitaillé »,
- de la rupture du dispositif de transfert du carburant de l'avion ravitaillé (désolidarisation de la prise de remplissage située à l'extrémité de la perche de ravitaillement en vol).

La troisième partie décrit le processus d'élaboration d'un plan d'action par le pilote de l'avion ravitaillé endommagé, après l'ingestion par le moteur de la prise de remplissage. Cette partie valide notamment, au vu des résultats de l'expertise du moteur, la pertinence du choix du pilote de ne pas remettre ce moteur en fonctionnement.

### **2.1. CAUSES DE L'ECHEC DU CONTACT**

Le dépouillement du film de la VTH du Mirage 2000 N montre qu'en phase finale de la connexion de la prise de remplissage dans le panier du ravitailleur, le panier échappe à la prise de remplissage du Mirage 2000.

Les différents témoignages et les observations météorologiques attestent qu'aucune cause environnementale n'est à l'origine de cet échec.

Un raté d'exécution du pilote semble pouvoir expliquer l'échec lors de cette phase de contact.

## **Hypothèse : un raté d'exécution du pilote est à l'origine de l'échec du contact entre la perche de ravitaillement en vol du Mirage 2000 et le panier du C 135 FR**

Cette analyse a été conduite :

- en comparant :
  - ⇒ l'enregistrement de la VTH du ravitaillement en vol du 9 juin 2004,  
**avec**
  - ⇒ l'enregistrement de la VTH d'un ravitaillement en vol effectué précédemment par le même pilote,
- en soumettant l'enregistrement de la VTH du ravitaillement en vol du 9 juin 2004 à l'avis d'instructeurs et d'anciens instructeurs « ravitaillement en vol » et en recueillant les témoignages des différents équipages.

### **Comparaison des vidéos**

La comparaison des deux enregistrements vidéo disponibles (annexe 2 : *Comparaison des enregistrements vidéo*, page 57) montre que :

- la vitesse de rapprochement, jusqu'au voisinage du panier, est sensiblement identique entre les deux ravitaillements en vol,
- le jour de l'accident, contrairement au ravitaillement précédent :
  - ⇒ lorsque la prise de remplissage entre dans le cône du panier, la vitesse de rapprochement est maintenue,
  - ⇒ le contact s'effectue de façon excentrée (partie supérieure du panier),
  - ⇒ l'action au gauchissement au moment du contact n'est pas immédiate<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Au contact, le pilote doit, par une action au gauchissement vers la gauche, initier la formation de la boucle dans le plan horizontal du côté opposé à l'avion (côté droit).

## Recueils d'avis

Les différents avis recueillis convergent pour reconnaître que :

- globalement la méthode enseignée à l'EC 02.005 est correctement appliquée,
- pendant la phase d'approche, la vitesse de rapprochement, en diminution constante, semble maîtrisée et est dans les tolérances enseignées, même si elle se situe dans la plage haute de vitesse,
- l'avion est stable sur une trajectoire ascendante, comme cela est préconisé dans le manuel d'emploi tactique (MET) Mirage 2000<sup>25</sup>,
- l'action au gauchissement, pour initier la boucle, n'est pas immédiate au moment du contact de la perche avec le panier,
- la boucle du tuyau souple se forme dans le plan vertical et vers le bas, entraînant un mouvement de fouet dans ce plan.

Ainsi, un contact excentré dans le panier, alors que l'avion est sur une trajectoire ascendante, que le pilote tarde légèrement à initier le mouvement de roulis vers la gauche et qu'enfin la vitesse de rapprochement est maintenue, a conduit à ce que le panier pivote et s'échappe de l'embout de la perche de ravitaillement en vol.

**L'hypothèse qu'un raté d'exécution du pilote est à l'origine de l'échec du contact entre la perche de ravitaillement en vol du Mirage 2000 et le panier du C 135 FR est CERTAINE.**

---

<sup>25</sup> Cette méthode est avalisée bien que la cassette pédagogique éditée en 1994 par l'état major de l'armée de l'air préconise une trajectoire en palier.

## **Cause de ce raté d'exécution**

D'une part, ce raté d'exécution pourrait s'expliquer par l'application erronée de la méthode de ravitaillement en vol sur panier en point central. D'autre part, le coup de fouet du panier a pu être aggravé par l'adoption d'une trajectoire ascendante, comme préconisé dans le MET Mirage 2000, au lieu de réaliser une approche en palier, comme cela est enseigné en escadron d'instruction.

### **2.1.1. Application erronée de la méthode de ravitaillement en vol**

La méthodologie pour le ravitaillement en vol sur panier en point central diffère sensiblement de celle adaptée au ravitaillement sur panier nacelle (annexe 1 : *Formation des pilotes au ravitaillement en vol*, page 54).

Le jour de l'accident, lors de la phase d'approche et de la recherche de la connexion, les éléments de vol adoptés par le pilote et sa technique de pilotage semblent davantage s'apparenter à ceux recommandés pour le ravitaillement sur panier monté en nacelle (dit « sur tuyau souple ») qu'à ceux préconisés pour ravitailler sur panier en point central.

**Hypothèse : l'application d'une méthode erronée, par « combinaison » ou « confusion » des techniques de ravitaillement en vol propres au ravitaillement sur panier en nacelle et sur panier en point central, a favorisé le raté d'exécution.**

D'une part, bien que les derniers ravitaillements en vol effectués par le pilote l'aient principalement été sur point central, on ne peut écarter l'élaboration, même de façon inconsciente, d'une méthodologie qui lui serait propre et dérivée de la « combinaison » des deux techniques de ravitaillement en vol (ravitaillement sur panier en nacelle et ravitaillement sur panier en point central).

D'autre part, l'expérience acquise par le pilote pour le ravitaillement en vol, permet de le qualifier d'expert. Ce savoir-faire a pu générer un défaut de vigilance, par excès de confiance, l'amenant, par « confusion », à appliquer la méthode propre au ravitaillement sur panier en nacelle au lieu de celle préconisée pour le ravitaillement sur panier en point central.

Au moment du contact de la prise de remplissage avec le panier, ce défaut de vigilance aurait pu favoriser l'application d'une méthodologie non adaptée à la circonstance : le pilote a maintenu une vitesse de rapprochement élevée et a tardé à gauchir, comme pour le ravitaillement sur nacelle.

En outre, cette « confusion » aurait pu être favorisée par la faible sensibilisation des pilotes aux différences entre les deux méthodologies. En effet, la formation au ravitaillement en vol est principalement réalisée sur panier en point central et, dans les faits, pour le ravitaillement sur panier en nacelle, peu standardisée (annexe 1 : *Formation des pilotes au ravitaillement en vol*, page 54).

**L'hypothèse que l'application d'une méthode erronée, par « combinaison » ou « confusion » des techniques de ravitaillement en vol propres au ravitaillement sur panier en nacelle et sur panier en point central, ait favorisé le raté d'exécution est POSSIBLE.**

### **2.1.2. Défauts de la méthode préconisée dans le MET**

**Hypothèse : la méthode de ravitaillement en vol préconisée dans le MET, qui diffère de celle enseignée dans l'escadron de transformation, favorise un raté d'exécution lors de la phase de contact tout en amplifiant les conséquences le cas échéant.**

Dans le MET, contrairement à la cassette pédagogique qui est présentée aux stagiaires au cours de leur transformation « ravitaillement en vol », il est préconisé que la phase d'approche, en vue d'établir le contact, soit réalisée sur une pente ascendante.

Les témoignages de plusieurs pilotes indiquent qu'effectivement ils se conforment à cette procédure au lieu d'arriver sur une trajectoire stabilisée en palier.

Cependant, cette méthode impose au pilote, au moment de la phase de contact, à devoir non seulement agir sur la commande de gauchissement pour s'écarter latéralement du panier et permettre au tuyau souple de former une boucle, mais de plus d'exercer une correction sur la commande de profondeur afin de stabiliser la trajectoire de l'avion. **Ainsi, l'approche sur une trajectoire ascendante nécessite, au moment du contact, le contrôle de trois paramètres (écartement, retrait et étagement) alors que lors d'une approche en palier deux paramètres seulement varient (écartement et retrait).**

De plus, lors d'une approche selon une trajectoire ascendante, si la prise de remplissage de l'avion ravitaillé est désaxée par rapport au panier, les efforts que ce dernier subit tendent à le faire échapper en fouettant plutôt qu'à le ramener dans l'axe de la prise de remplissage.



*Approche dans le plan horizontal,*

*le panier est « guidé »*



*Approche en montant*

*favorise le coup de fouet*

**L'hypothèse que la méthode de ravitaillement en vol préconisée dans le MET, qui diffère de celle enseignée dans l'escadron de transformation, favorise un raté d'exécution lors de la phase de contact, tout en en amplifiant les conséquences le cas échéant, est POSSIBLE.**

## 2.2. CAUSES DE LA RUPTURE ET DE LA DESOLIDARISATION DE LA PRISE DE REMPLISSAGE DU MIRAGE 2000

Par conception, la prise de remplissage doit se désolidariser de la perche de ravitaillement en vol s'il y a application d'un effort hors tolérance sur son extrémité. La fixation de la prise de remplissage sert donc de « fusible » afin d'éviter toute déformation au niveau du point d'attache de la perche sur la cellule (annexe 3 : *Conception de la fixation de la prise de remplissage*, page 61). La prise de remplissage est maintenue en bout de perche de ravitaillement par **huit jeux vis - écrous identiques**. Pour chaque ensemble vis - écrou, le concept privilégie la rupture de la vis en cas de contrainte mécanique hors norme. En effet, l'effort moyen théorique de rupture des vis est inférieur à l'effort minimal de rupture des écrous.

Lors du ravitaillement en vol du 9 juin, lorsque le panier échappe à la perche, il s'ensuit un « coup de fouet » dans le plan vertical dont il n'est pas possible de dire avec certitude s'il est suffisant à lui seul pour provoquer la rupture observée. La plupart des experts<sup>26</sup> consultés auraient même plutôt tendance à considérer celui-ci comme insuffisant.

Dans un autre domaine, l'observation de l'embout de la perche de ravitaillement en vol montre, d'une part, que deux types d'écrous ont été utilisés et se différencient au moins par leur aspect<sup>27</sup> et leur longueur de partie filetée et, d'autre part, que le mode de rupture n'est pas, dans la majorité des cas, celui attendu. Seules deux des huit vis ont rompu, les autres ont été arrachées et ont échappé aux écrous dont les filets ont cédé. De plus, quelques mois après l'accident, la prise de remplissage d'un Mirage 2000 de la base aérienne d'Orange s'est également désolidarisée de la perche lors d'un ravitaillement en vol. Aucune des huit vis n'a rompu, elles ont toutes été arrachées.

**Ces constatations conduisent à envisager, outre des causes pouvant être liées aux contraintes mécaniques d'un raté d'exécution, des causes technico-logistiques ayant pu jouer un rôle aggravant dans la rupture et la désolidarisation de la prise de remplissage du Mirage 2000 lors de ce contact en mission de ravitaillement en vol.**

Pour développer ces aspects technico-logistiques, ce chapitre se décompose en quatre parties :

- résultats de l'observation de la perche de ravitaillement en vol par le CEAT,
- recherche de causes du domaine technique,
- recherche de causes du domaine logistique,
- conclusion sur les causes technico-logistiques.

### **2.2.1. Résultats de l'observation de la perche de ravitaillement en vol par le CEAT**

L'examen de la perche de ravitaillement en vol (*Photo 7 : perche de ravitaillement en vol après désolidarisation de la prise de remplissage, page 34*) montre que les huit écrous sont présents et que :

- quatre écrous (repères 1/1, 1/3, 1/4 et 2/4 *Photo 8 : écrous prisonniers après la perte de la prise de remplissage, page 34*) sont d'aspect conique,



*Photo 5 : écrou d'aspect conique*

- les quatre autres écrous sont d'aspect cylindrique,



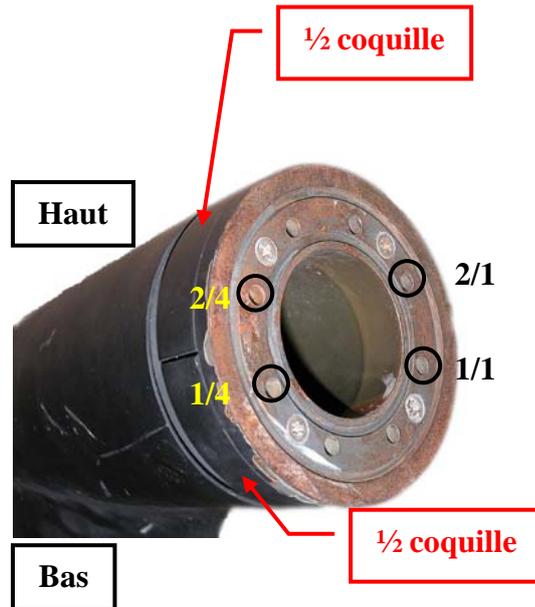
*Photo 6 : écrou d'aspect cylindrique*

---

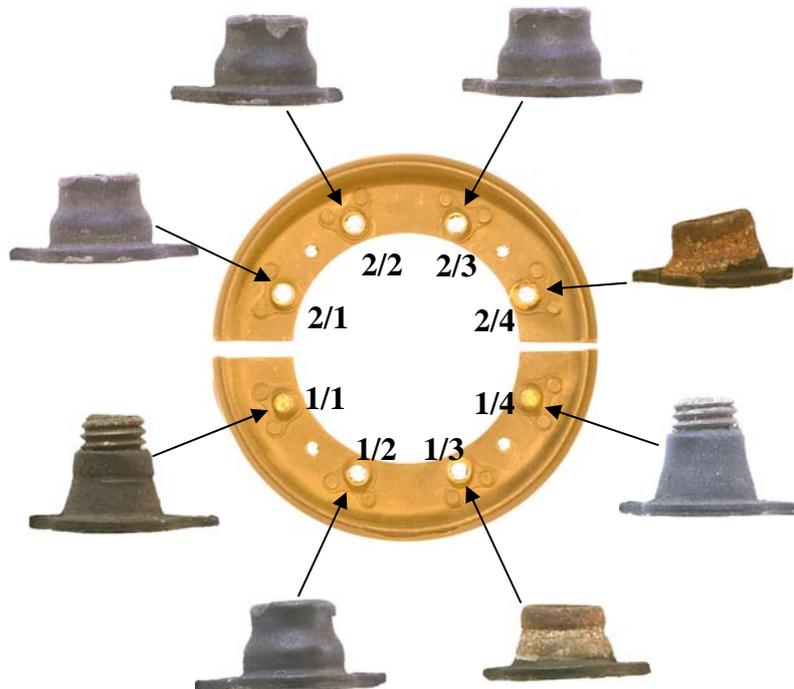
<sup>26</sup> Le film de la VTH a été présenté à plusieurs instructeurs et anciens instructeurs.

<sup>27</sup> La présence de deux types d'écrous sur une même perche, bien que non spécifiquement interdite, d'une part, semble contraire à « l'état de l'art » et, d'autre part, pourrait s'expliquer par le non respect de la directive qui prévoit le remplacement systématique de l'ensemble des huit écrous dès lors que l'un d'entre eux est changé.

- deux vis sur les huit ont été sectionnées, les morceaux rompus étant toujours présents dans les écrous (repères 1/1 et 1/4, *Photo 8 : écrous prisonniers après la perte de la prise de remplissage*, page 34),
- les deux vis sectionnées sont des vis qui étaient associées à des écrous d'aspect conique,
- **les six autres vis** (deux associées à des écrous d'aspect conique et quatre à des écrous d'aspect cylindrique) **ont été arrachées** et ont échappé en « tronquant » le sommet des filets des écrous.



*Photo 7 : perche de ravitaillement en vol après désolidarisation de la prise de remplissage*  
*(le repérage des écrous est arbitraire)*



*Photo 8 : écrous prisonniers après la perte de la prise de remplissage*

### 2.2.2. Cause du domaine technique

**Hypothèse : le montage d'écrous non conformes aux spécifications a favorisé la rupture du dispositif de fixation de la prise de remplissage.**

D'une part, les expertises ont été conduites afin de s'assurer de la conformité des écrous aux spécifications et, d'autre part, quand bien même certains ne seraient pas conformes, de vérifier si leur tenue mécanique est égale à celle attendue.

Pour les huit ensembles vis - écrous, du dispositif de fixation de la prise de remplissage, le constructeur impose, à travers les cartes de travail *ad hoc*, l'utilisation d'éléments référencés. Ainsi, concernant les écrous, **Dassault Aviation n'autorise que deux types d'écrous<sup>28</sup>** :

- l'écrou référencé 5SMR3209M du fabricant SIMMONDS,
- l'écrou référencé MKM3600-050 du fabricant KAYNAR.

**D'après les spécifications du constructeur, seuls deux types d'écrous peuvent être utilisés pour la fixation de la prise de remplissage sur Mirage 2000.**

Les écrous montés sur la perche de l'avion accidenté n'ont pas pu être formellement identifiés. Ils ne comportent pas de marquage relatif à leur référence<sup>29</sup>. De plus, ce type de matériel, considéré comme « standard » par l'armée de l'air, ne fait pas l'objet d'un suivi (bons de commande, de livraison, etc.).

Ainsi, leur identification ne peut se faire qu'en comparant leurs caractéristiques intrinsèques aux « éléments de définition » transmis par le constructeur et plus spécifiquement relativement à leur matériau et à leur résistance à la rupture en traction.

---

<sup>28</sup> Correspondance adressée par Dassault aviation au BEA défense, en date du 22 avril 2005, qui renvoie à la carte de travail CT-26-20-408.

<sup>29</sup> Le marquage de ce type de matériel n'a été rendu obligatoire que dans les années qui ont suivi leur fabrication.

### **2.2.2.1. Examens métallurgiques**

Les examens métallurgiques conduits par le CEAT sur les écrous du Mirage 2000 accidenté montrent que :

- les quatre écrous d'aspect conique sont dans le matériau prévu pour les écrous 5SMR3209M (SIMMONDS),
- les quatre écrous d'aspect cylindrique ne sont pas dans le matériau prévu pour les écrous 5SMR3209M (SIMMONDS),
- les quatre écrous d'aspect cylindrique pourraient être dans le matériau prévu pour des écrous MKM3600-050 (KAYNAR)<sup>30</sup>. Cependant, la SIMMAD<sup>31</sup>, interrogée à ce sujet, précise qu'il est peu vraisemblable que des écrous aient été commandés auprès de ce fabricant.

### **2.2.2.2. Essais de tenue en traction**

Les écrous utilisés sur la perche du Mirage 2000 accidenté ayant subi des déformations, leur résistance à la rupture en traction n'a pas pu être mesurée. Afin de pouvoir l'évaluer, des essais de résistance à la traction ont porté sur des écrous neufs aux caractéristiques similaires (matériau, nombre de filets<sup>32</sup>, etc.), fournis par le constructeur et par l'armée de l'air.

- Description des essais : deux types d'essais de tenue en traction ont été réalisés.
  - ⇒ Essais normalisés. Ils consistent à appliquer à une broche<sup>33</sup>, en lieu et place de la vis, un effort en traction égal à la charge minimale de résistance théorique des écrous. L'absence de déformation de l'écrou, à l'issue du test, atteste de sa conformité.

---

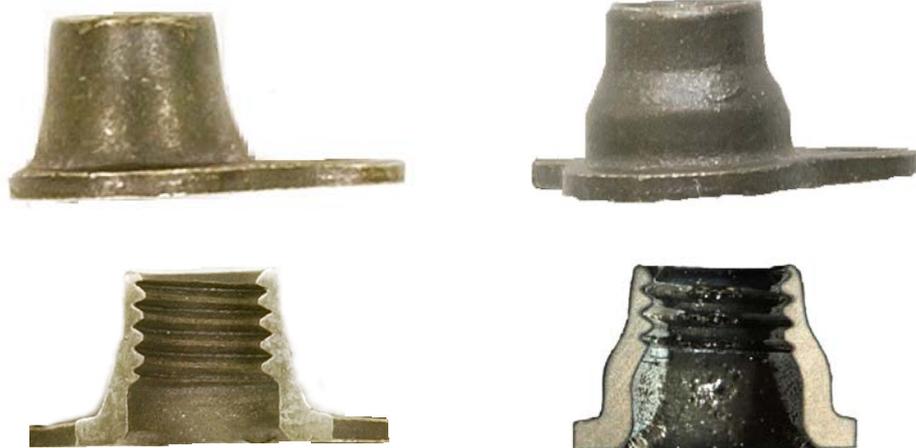
<sup>30</sup> La faible dimension des écrous et donc le peu de matière n'a pas permis au CEAT de conclure avec certitude.

<sup>31</sup> SIMMAD : structure intégrée du maintien en condition opérationnelle du matériel aéronautique de la défense.

<sup>32</sup> Bien que le nombre de filets ne soit pas une donnée des « éléments de définition », il peut être directement corrélé à la tenue à la traction.

<sup>33</sup> La broche utilisée a une résistance supérieure à celle des vis, afin de ne subir aucune déformation lors de l'essai, ce qui permet d'effectivement mesurer la résistance de l'écrou.

- ⇒ Essais de résistance à la rupture en traction sur des ensembles vis - écrous. Ces essais ont été guidés par le constat que le mode de rupture des montages vis - écrous, lors de différents événements, n'est pas, dans la majorité des cas, celui attendu (rupture de la vis). Pour le Mirage 2000 accidenté, seules deux vis ont rompu, les six autres ont été arrachées. De plus, quelques mois après l'accident, la prise de remplissage, d'un Mirage 2000 de la base aérienne d'Orange, s'est également désolidarisée de la perche lors d'un ravitaillement en vol. Aucune des huit vis n'a rompu, elles ont toutes été arrachées.
- Aspects des écrous :
- ⇒ quatre des huit écrous du Mirage 2000 accidenté ainsi que les écrous neufs fournis par le constructeur sont d'aspect conique,
  - ⇒ quatre des huit écrous du Mirage 2000 accidenté, comme les huit écrous du Mirage 2000 d'Orange, et tous les écrous neufs fournis par l'armée de l'air sont d'aspect cylindrique,
  - ⇒ les écrous d'aspect cylindrique ont une longueur de partie filetée plus faible que celle des écrous d'aspect conique. Dans les cas extrêmes, cette différence atteint 30% (*Photo 9 : coupe transversale d'écrous*).



Écrou conique (constructeur)

Écrou cylindrique (armée de l'air)

Photo 9 : coupe transversale d'écrous

➤ Résultats des essais :

⇒ les résultats des essais normalisés indiquent que tous les écrous sont conformes, ils ne subissent pas de déformation lors de l'application d'une force égale à la charge théorique minimale de rupture des écrous.

⇒ les résultats des essais de résistance à la rupture sur les ensembles vis - écrous montrent que le mode de rupture et la tenue mécanique à la traction des ensembles vis - écrous sont liés au type d'écrou :

- **lorsque l'écrou est d'aspect cylindrique, il y a arrachage des vis et la tenue mécanique à la traction de l'ensemble vis - écrou est inférieure jusqu'à 15% à celle théorique moyenne spécifiée pour les vis,**
- lorsque l'écrou est d'aspect conique<sup>34</sup> les vis rompent sous l'application d'une charge voisine de la charge théorique moyenne de rupture des vis.

➤ Discussion des résultats :

⇒ les différences de tenue en résistance à la traction des écrous entre les essais normalisés et les essais effectués sur les ensembles vis - écrous :

- s'expliquent notamment par la moindre surface des filets en contact dans le second cas,
- démontrent que les résistances mécaniques propres aux vis et aux écrous ne sont pas représentatives de la tenue mécanique de l'ensemble vis - écrou lorsque ce dernier est d'aspect cylindrique,

⇒ par analogie avec les résultats des essais il est vraisemblable que :

- **les quatre ensembles vis - « écrous cylindriques » montés sur la perche du Mirage 2000 accidenté ont pu céder à une charge inférieure à celle théorique moyenne de rupture des vis,**
- les quatre ensembles vis - « écrous coniques » tenaient la charge théorique moyenne de rupture des vis.

---

<sup>34</sup> Pour le Mirage 2000 N n° 318, certes deux vis ont échappé aux écrous d'aspect conique, mais sous l'application d'un effort de flexion non axial, visible compte tenu de la déformation caractéristique des écrous, ce qui n'est pas le cas pour les écrous d'aspect cylindrique.

### ***2.2.2.3. Conclusion sur une cause technique de la désolidarisation de la prise de remplissage***

L'examen métallurgique comme les essais en traction semblent indiquer que les écrous d'aspect conique montés sur le Mirage 2000 accidenté sont conformes aux spécifications (écrous du fabricant SIMMONDS) ou, tout au moins, répondent aux exigences de tenue mécanique. En revanche, il n'a pas été établi avec certitude que les écrous d'aspect cylindrique ne sont pas conformes aux spécifications cependant, il est vraisemblable qu'ils ne permettraient pas d'assurer la tenue mécanique minimale attendue.

- **L'hypothèse que des écrous ne répondant pas aux spécifications du constructeur aient été montés est PROBABLE.**
- **Si des écrous non conformes ont été utilisés, l'hypothèse qu'ils aient favorisé la rupture du dispositif de fixation de la prise de remplissage est CERTAINE.**

### **2.2.3. Cause du domaine logistique**

Les investigations n'ont pas permis d'établir avec certitude que des écrous non-conformes aux spécifications ont été avionnés sur le Mirage 2000 accidenté. En revanche, il est avéré que des écrous non-conformes ont été utilisés sur le Mirage 2000 de la base aérienne d'Orange dont la prise de remplissage a été arrachée lors d'un ravitaillement en vol. En effet, les huit écrous portent le poinçon du fabricant SIMMONDS mais ne sont pas ceux spécifiés par le constructeur car ils ne sont pas dans le matériau requis.

Des investigations ont donc été conduites afin d'établir les causes qui ont permis que des écrous ne répondant pas aux spécifications du constructeur soient utilisés pour la fixation de la prise de remplissage.

**Hypothèse : des défaillances du domaine logistique ont permis l'utilisation d'écrous différents des deux types d'écrous spécifiés par le constructeur.**

D'un côté, l'absence de traçabilité de l'origine des écrous (non conservation des bons de commande, de livraison, etc.) ne permet pas de vérifier s'il y a eu une erreur lors de la commande ou lors de la livraison d'écrous.

D'un autre côté, il apparaît que les écrous spécifiés par le constructeur du fabricant SIMMONDS sont sur une liste « d'acceptation en interchangeabilité », vraisemblablement établie par l'armée de l'air et aujourd'hui reprise par la SIMMAD<sup>35</sup>, sur laquelle ne figure pas d'écrou du fabricant KAYNAR<sup>36</sup>. Ainsi, les personnels techniques peuvent utiliser indifféremment un des sept types d'écrous de cette liste, contrairement aux spécifications du constructeur qui n'envisagent que deux types compatibles d'écrous. De plus, lors des investigations menées pour essayer, sans succès, de déterminer l'origine de cette liste, il est apparu que l'un des sept types d'écrous est d'une classe de résistance inférieure aux six autres<sup>37</sup>.

Ainsi :

- l'absence de défaillance des circuits d'approvisionnement n'a pas pu être vérifiée faute d'éléments disponibles,
- la liste « d'acceptation en interchangeabilité » (armée de l'air / SIMMAD) :
  - ⇒ n'a pas pu être validée, les critères ayant conduit à son établissement n'étant pas sauvegardés. Elle s'est même avérée non valide, un des sept types d'écrous étant d'une classe de résistance inférieure aux six autres,
  - ⇒ n'est pas reconnue par le constructeur qui spécifie que seuls deux types d'écrous doivent être utilisés.

**L'hypothèse que des défaillances du domaine logistique ont permis l'utilisation d'écrous différents des deux types d'écrous spécifiés par le constructeur est CERTAINE.**

---

<sup>35</sup> Aucune information communiquée au BEA défense n'a permis d'établir quels ont été les critères de décision à l'origine de l'établissement de cette liste.

<sup>36</sup> Ceci validerait le fait que les écrous d'aspect cylindrique montés sur l'avion accidenté ne sont pas du fabricant KAYNAR et donc, compte tenu de leur matériau, ne sont pas conformes aux spécifications du constructeur.

<sup>37</sup> Cette référence d'écrou a depuis été retirée de cette liste « d'acceptation en interchangeabilité ».

#### 2.2.4. Conclusion sur les causes technico-logistiques

- Il est vraisemblable que quatre des huit écrous montés sur le Mirage 2000 accidenté sont différents de ceux spécifiés par le constructeur.
- Ces écrous, par analogie avec les essais de tenue en traction d'écrous similaires, ont pu céder pour un effort moindre que celui attendu. Une liste d'interchangeabilité, non validée a permis que des écrous non-conformes soient utilisés.

### 2.3. PLAN D'ACTION DU PILOTE APRES L'ABSORPTION, PAR LE MOTEUR, DE LA PRISE DE REMPLISSAGE

#### 2.3.1. Actions menées

Le bruit « de moulin à café » provenant du réacteur et le constat de la perte de la prise de remplissage persuadent l'équipage que cette dernière a été ingérée par le moteur.

Après avoir réduit la puissance du moteur pour s'éloigner du C 135 FR, le pilote l'augmente pour stabiliser son retrait et constate une élévation anormale de la Tt<sub>7</sub>, par l'allumage du voyant d'alarme correspondant. Il réduit le moteur et, la température diminuant, il envisage le déroutement sur un terrain proche. Constatant que la température augmente de nouveau, et qu'une nouvelle surchauffe est détectée, malgré le fait que la manette de puissance soit toujours sur plein réduit, le pilote applique la procédure en coupant le réacteur.

Ne pouvant remédier à la cause de cette surchauffe, et craignant de mettre en danger l'équipage (feu, explosion du moteur, etc.), le pilote décide de ne pas tenter le rallumage du moteur.

Il fait part au navigateur officier système d'armes, aux autres équipages concernés et au contrôle, de son intention de diriger l'aéronef vers une zone inhabitée avant de procéder à l'éjection de l'équipage. Ce qu'il réalise peu après.

### 2.3.2. Analyse des actions du pilote

L'analyse des actions menées par le pilote après l'absorption, par le moteur, de la prise de remplissage (annexe 4 : *Analyse des actions du pilote*, page 64) montre que :

- le pilote établit un plan d'action, qu'il réactualise en fonction des éléments disponibles, dont les éléments clés sont les suivants :
  - ⇒ décision de couper le moteur,
  - ⇒ décision de ne pas procéder à sa remise en fonctionnement,
  - ⇒ décision d'abandon de bord.
- Toutes les ressources cognitives du pilote sont engagées pour rejoindre une zone propice à l'abandon de bord afin d'assurer la sauvegarde des populations au sol et avec des éléments de vol optimaux (vitesse, altitude, etc.).

### **2.3.3. Validation du choix du pilote de ne pas procéder à la remise en fonctionnement du moteur**

Les investigations menées à l'AIA de Bordeaux sur le moteur montrent que les dégâts occasionnés par l'ingestion de la prise de remplissage, en particulier sur le premier étage du compresseur (*Photo 10 : roue mobile n°1 (RM1) du compresseur*), non seulement vouaient à l'échec toute tentative de remise en route du moteur mais, de plus, pouvaient mettre en danger la sécurité immédiate de l'équipage en provoquant un feu réacteur voire même en conduisant à son explosion.



*Photo 10 : roue mobile n°1 (RM1) du compresseur*

## **3. CONCLUSION**

### **3.1. ELEMENTS ETABLIS UTILES A LA COMPREHENSION DE L'EVENEMENT**

#### **3.1.1. Mission – environnement**

- L'équipage est apte au vol.
- La mission s'inscrit au cœur de son domaine de compétence.
- Le pilote est formé et entraîné au ravitaillement en vol.
- La météo est propice à la phase de ravitaillement en vol.
- Exécution du contact : à l'issue d'une trajectoire d'approche légèrement ascendante, le contact en ravitaillement est établi de manière excentrée sur le panier.

#### **3.1.2. Conception de la fixation de la prise de remplissage**

- Le dispositif de fixation, huit vis et écrous, de la prise de remplissage sert de « fusible » pour protéger la structure de l'aéronef de tout effort trop important.
- Le concept privilégie la rupture des vis en cas d'efforts hors tolérances.
- Selon les spécifications du constructeur, seuls deux types d'écrous peuvent être utilisés.
- Pour l'armée de l'air, les écrous n'étant pas des éléments spécifiques à la fixation de la prise de remplissage et, de plus, étant des éléments de boulonnerie standard, peuvent être remplacés par d'autres écrous qu'elle avait définis équivalents (liste « d'acceptation en interchangeabilité »).

### 3.1.3. Logistique

- Les écrous, spécifiés par le constructeur, ne font pas l'objet d'un suivi particulier au niveau de l'armée de l'air et ne sont pas identifiés par rapport aux six autres types d'écrous appartenant à la même liste « d'acceptation en interchangeabilité ».
- La liste « d'acceptation en interchangeabilité » n'est pas valide, un des sept types d'écrous est d'une classe de résistance inférieure aux six autres.
- Les éléments disponibles ne permettent pas :
  - ⇒ de dater avec certitude le remplacement éventuel, en partie ou totalement, du dispositif de fixation de la prise de remplissage (vis et écrous),
  - ⇒ de s'assurer que la commande et la fourniture des écrous, pour la fixation de la prise de remplissage, correspondent à ceux qui sont spécifiés par le constructeur.

### 3.1.4. Technique

- Les écrous de la fixation de la prise de remplissage du Mirage 2000 N accidenté ne sont pas tous conformes aux spécifications techniques du constructeur.
- Pour cette fixation, deux types d'écrous ont été utilisés.
- Dans la majorité des cas, le montage vis - écrou ne rompt pas comme attendu : arrachage des vis au lieu de leur rupture.

### **3.2. CAUSES DE L'EVENEMENT**

Un raté d'exécution du pilote a conduit à l'échec du contact entre la prise de remplissage du Mirage 2000 et le panier du C 135 FR.

Le panier échappe alors avec un important mouvement dans le plan vertical (« coup de fouet »).

Ce raté a pu être favorisé, d'une part, par une « combinaison » ou une « confusion » des méthodologies propres au ravitaillement sur panier en point central et sur panier nacelle et, d'autre part, par la recherche du contact avec une trajectoire ascendante, comme le préconise le MET, et non en palier comme cela est enseigné.

Le « coup de fouet » du panier, associé à une résistance probablement inférieure à la norme requise des ensembles vis - écrous du dispositif de fixation de la prise de remplissage, sont à l'origine de sa rupture. Cette faiblesse a pu être favorisée par l'emploi, par l'armée de l'air, d'écrous différents de ceux spécifiés par le constructeur et jugés, probablement à tort, comme équivalents.

La prise de remplissage a ensuite été ingérée par le réacteur, lui causant des dommages irréversibles, et contraignant alors l'équipage à l'arrêter puis à s'éjecter.

## **4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE**

La désolidarisation de la prise de remplissage lors d'une phase de ravitaillement en vol peut conduire à la perte de l'avion comme cela s'est déjà produit en 1993.

Cette perte de la prise de remplissage représente un « risque aléatoire », caractérisé par son ingestion toujours possible par le moteur. Ce risque ne peut être contrôlé qu'au travers de mesures visant à limiter le nombre de ruptures et à maîtriser leur moment de survenue éventuel, afin que la prise de remplissage reste retenue dans le panier, le cas échéant.

### **4.1. MESURES DE PREVENTION AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT**

#### **4.1.1. Formation – entraînement des pilotes**

Afin de standardiser et de mieux sensibiliser les pilotes aux deux techniques de ravitaillement en vol, selon que le panier est monté en point central ou en nacelle, le bureau enquêtes accidents défense recommande que :

- **la méthodologie pour le ravitaillement sur panier point central soit clarifiée et que le MET et le film pédagogique la présente sans ambiguïté et de façon identique,**
- **que les deux méthodologies propres au ravitaillement sur point central et au ravitaillement sur nacelle soient présentées et réalisées en doubles commandes lors de la transformation initiale au ravitaillement en vol.**

Le ravitaillement en vol, quel que soit l'entraînement des pilotes reste une activité délicate qui ne doit pas être « banalisée ».

**En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense rappelle la pertinence d'un chapitre spécifique aux techniques du ravitaillement en vol dans le briefing de mission.**

#### 4.1.2. Domaine technico-logistique

Le BEA défense appuie les travaux visant à la maîtrise des *process* d'agrément et plus spécifiquement pour les listes « d'acceptation en interchangeabilité ».

Le BEA défense appuie également la campagne entreprise par la SIMMAD et l'armée de l'air pour la vérification de la conformité des écrous des fixations des prises de remplissage conformément à l'acte technique du SPAé<sup>38</sup>.

En conséquence :

**d'une manière générale, s'agissant de l'élaboration des listes d'interchangeabilité dont le principe n'est pas à remettre en cause, il est recommandé que le contenu de ces listes soit soigneusement validé par la SIMMAD, en liaison avec les sociétés industrielles concernées.**

**En particulier, si le caractère interchangeable de constituants de ces listes n'est pas applicable à la spécificité de certains sous-systèmes de l'avion, cette particularité doit apparaître de manière formalisée.**

S'agissant de ce cas précis, la SIMMAD a identifié un type d'écrou, utilisé sur les perches Mirage 2000 et provenant de la liste d'acceptation en interchangeabilité, qui présentait une classe de résistance inférieure aux autres. Elle a alors, à juste titre, entrepris les actions excluant cette référence de la liste précitée. Il convient néanmoins maintenant de prolonger cette action par un processus de contrôle de l'emploi antérieur de ces écrous, aujourd'hui réputés non conformes mais dont la présence sur avion peut encore subsister.

Ainsi il est recommandé :

**d'établir un plan d'action afin d'identifier les écrous pouvant subsister aujourd'hui sur avion et qui ont été décrétés non conformes suite aux examens conduits à l'occasion de cet accident.**

---

<sup>38</sup> Acte technique n° 203-05/SPAé/CEA du 25 mai 2005.

#### **4.1.3. Conception de la fixation de la prise de remplissage**

La fixation de la prise de remplissage sert de fusible afin d'éviter tout endommagement au niveau de la fixation de la perche de ravitaillement en vol sur la cellule.

Toutefois, des ruptures prématurées du dispositif de fixation de la prise de remplissage majorent le risque de son ingestion par le moteur, d'autant plus si ces ruptures interviennent alors que la prise de remplissage n'est pas retenue dans le réceptacle du panier. Ce constat, déjà dressé en 1997 par l'armée de l'air, avait fait l'objet d'une demande d'étude de modification de la conception du dispositif de fixation de la prise de remplissage auprès du constructeur. Sa proposition, notamment de recourir à une boulonnerie de précision par l'emploi de vis fusibles à gorge, n'a pas été retenue par les services officiels.

Le risque d'ingestion par le moteur de la prise de remplissage peut être évalué à la vue des statistiques : sur les sept dernières années, il y a eu, en moyenne annuelle, cinq ruptures de fixation de prises de remplissage, dont près de la moitié ne sont pas retenues dans le panier. En 1993 déjà, l'absorption par le moteur de la prise de remplissage, suite à sa désolidarisation pendant une phase de ravitaillement en vol, avait conduit à la perte d'un Mirage 2000.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

**qu'une étude soit menée conjointement par les services officiels et le constructeur afin de définir les solutions techniques permettant de mieux maîtriser le moment de rupture des dispositifs de fixation des prises de remplissage.**

## **4.2. MESURES DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT**

### **4.2.1. Domaine logistique**

D'une manière plus générale, il paraît nécessaire de garantir la conformité et la qualité des approvisionnements, surtout si ces éléments concourent à la sécurité des vols.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

**qu'une réflexion soit menée par les services officiels afin :**

- **d'assurer la traçabilité des éléments concourant à la sécurité,**
- **de renforcer les « contrôles qualités » des approvisionnements.**

### **4.2.2. Equipements de vol et de survie**

Plusieurs accidents<sup>39</sup> ont mis en évidence :

- une tenue défectueuse des chaussures de vol lors de l'éjection, pouvant conduire, dans les cas les plus graves, à une désolidarisation de leurs talons,
- la projection de fines particules du cordeau pyrotechnique sur les personnels à bord pouvant non seulement porter atteinte à leur intégrité (projections sur le visage, etc.) mais, également, réduire l'efficacité d'équipements de survie (gilet de sauvetage, etc.).

---

<sup>39</sup> En particulier enquêtes BEAD-A-2004-001-A et BEAD-A-2004-020-A.

La désolidarisation de l'antenne de la balise de détresse a été sans conséquence lors de cet accident, mais pourrait compromettre la survie d'un équipage lors d'une éjection de nuit ou dans des régions moins hospitalières (montagne, etc.).

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande que :

**les services techniques étudient :**

- **l'agressivité potentielle du dispositif de fragilisation verrière vis-à-vis du pilote et des équipements de survie,**
- **la fiabilisation des équipements de vol et de survie.**

# *Bureau enquêtes accidents Défense*

## **RAPPORT FINAL D'ENQUETE TECHNIQUE**

**BEAD-A-2004-014-A**



**ANNEXES**

## **ANNEXES**

Annexe 1 : Formation des pilotes au ravitaillement en vol \_\_\_\_\_ page 54

Annexe 2 : Comparaison des enregistrements vidéo \_\_\_\_\_ page 57

Annexe 3 : Conception de la fixation de la prise de remplissage \_\_\_\_\_ page 61

Annexe 4 : Analyse des actions du pilote \_\_\_\_\_ page 64

# 1. FORMATION DES PILOTES AU RAVITAILLEMENT EN VOL

La formation des pilotes au ravitaillement en vol comprend quatorze vols. Elle envisage, dans un premier temps, la formation sur panier monté sur point central puis, dans un second temps, la formation sur panier monté en nacelle. Les deux techniques pour le ravitaillement en vol sont sensiblement différentes.

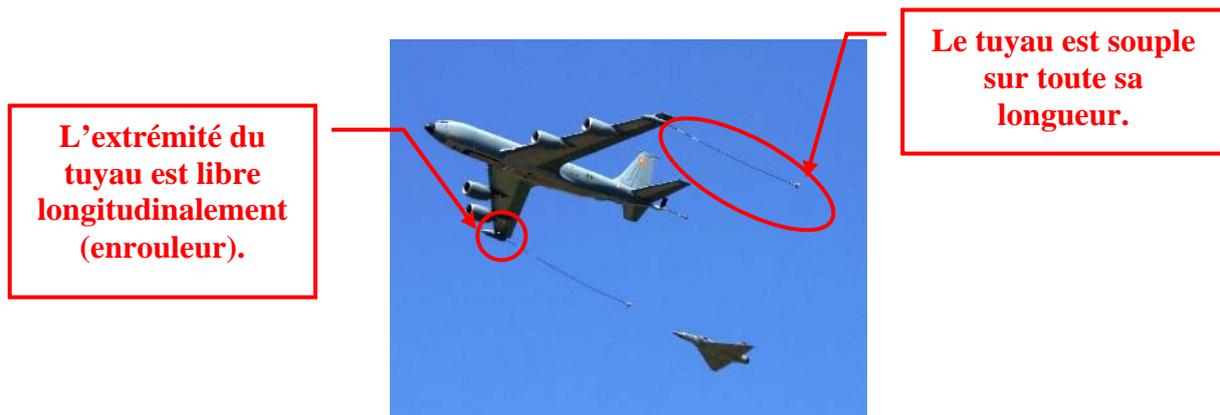
## 1.1. COMPARAISON RAVITAILLEMENTS « PANIER NACELLE » ET « PANIER POINT CENTRAL »

Les éléments qui différencient plus spécifiquement les deux types de ravitaillement en vol, « panier nacelle » et « panier point central », sont présentés ci-après.

### 1.1.1. Phase de contact

Sur nacelle, à l'inverse du ravitaillement en point central, le tuyau souple est libre dans le sens longitudinal, il est fixé sur un dispositif de type « enrouleur » (*Photo 11 : ravitaillement en nacelle et Photo 12 : ravitaillement en point central, page 55*).

Le pilote doit donc maintenir une vitesse de rapprochement plus élevée pour ravitailler sur nacelle, que sur point central, afin que la connexion entre l'embout de remplissage et le réceptacle central du panier puisse se réaliser. Si la vitesse de rapprochement est trop faible, le panier monté en nacelle sera simplement repoussé, compte tenu de la liberté longitudinale du tuyau, sans que la connexion s'établisse.



*Photo 11 : ravitaillement en nacelle*



*Photo 12 : ravitaillement en point central*

### **1.1.2. Phase de ravitaillement en vol**

Pendant la phase de ravitaillement en vol proprement dite, le tuyau souple sur panier point central étant plus court que sur panier nacelle et les degrés de liberté étant moindres, la tenue de place dans le premier cas nécessite une plus grande précision.

## **1.2. ORGANISATION DE LA TRANSFORMATION « RAVITAILLEMENT EN VOL »**

Les quatre premiers vols de transformation au ravitaillement en vol sont réalisés, en doubles commandes, dans une unité particulière de l'armée de l'air, responsable de la formation en vol des pilotes (EC 02.005 à Orange). Les ravitaillements sont alors effectués sur KC 135 FR, le panier étant monté en point central.

Cette formation se poursuit ensuite dans l'unité d'appartenance du pilote à transformer. Sur les neuf vols restants, seuls les onzième et douzième sont programmés pour être réalisés sur panier monté en nacelle.

Bien qu'il existe un support documentaire et vidéo pour les ravitaillements sur nacelle, il semble que cette formation particulière puisse sensiblement diverger, non seulement d'une unité à l'autre, mais également, au cours du temps, au sein d'une même unité. Plus spécifiquement, que ce soit pendant la période de formation au ravitaillement en vol ou par la suite, les pilotes sont sensibilisés de façon variable aux particularités des deux types de ravitaillement en vol.

## 2. COMPARAISON DES ENREGISTREMENTS VIDEO

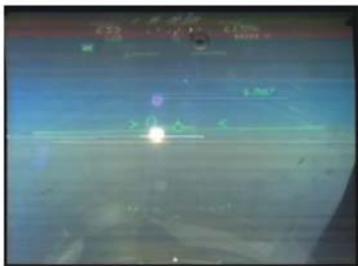
- Les images présentées ci-après ont été extraites de la bande Hi-8 de l'enregistrement de la VTH.
- Les photos de la ligne supérieure correspondent au ravitaillement effectué le 9 juin 2004.
- Les photos de la ligne inférieure correspondent à un ravitaillement en vol antérieur effectué par le même pilote.
- $T_0$  correspond au moment où la prise de remplissage de la perche de ravitaillement en vol entre en contact avec le panier du C 135 FR.

**La similarité de la taille apparente du panier, à des instants précis, entre les deux vidéos, montre que la vitesse de rapprochement est sensiblement identique entre les deux ravitaillements en vol.**

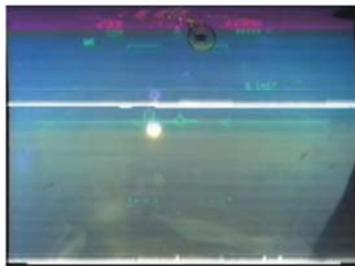
## Comparaison des enregistrements vidéo

(de  $T_0 - 20s$  à  $T_0 - 10s$ )

### Accident



$T_0 - 20 s$



$T_0 - 15 s$



$T_0 - 10 s$



### Autre ravitaillement en vol

## Comparaison des enregistrements vidéo

(de  $T_0 - 5s$  à  $T_0 + 0,5s$ )

### Accident



$T_0 - 5 s$



$T_0$



$T_0 + 0,5 s$



### Autre ravitaillement en vol

## Comparaison des enregistrements vidéo (de $T_0 + 1s$ à $T_0 + 2s$ )

Accident



$T_0 + 1 s$



$T_0 + 1,5 s$

$T_0 + 2 s$



Autre ravitaillement en vol

### **3. CONCEPTION DE LA FIXATION DE LA PRISE DE REEMPLISSAGE**

#### **3.1. EVOLUTION DE LA CONCEPTION DE LA FIXATION DE LA PRISE DE REEMPLISSAGE**

Par conception, la prise de remplissage doit se désolidariser de la perche de ravitaillement en vol s'il y a application d'un effort hors tolérances sur son extrémité. La fixation de la prise de remplissage sert donc de « fusible », afin d'éviter toute déformation au niveau du point d'attache de la perche sur la cellule.

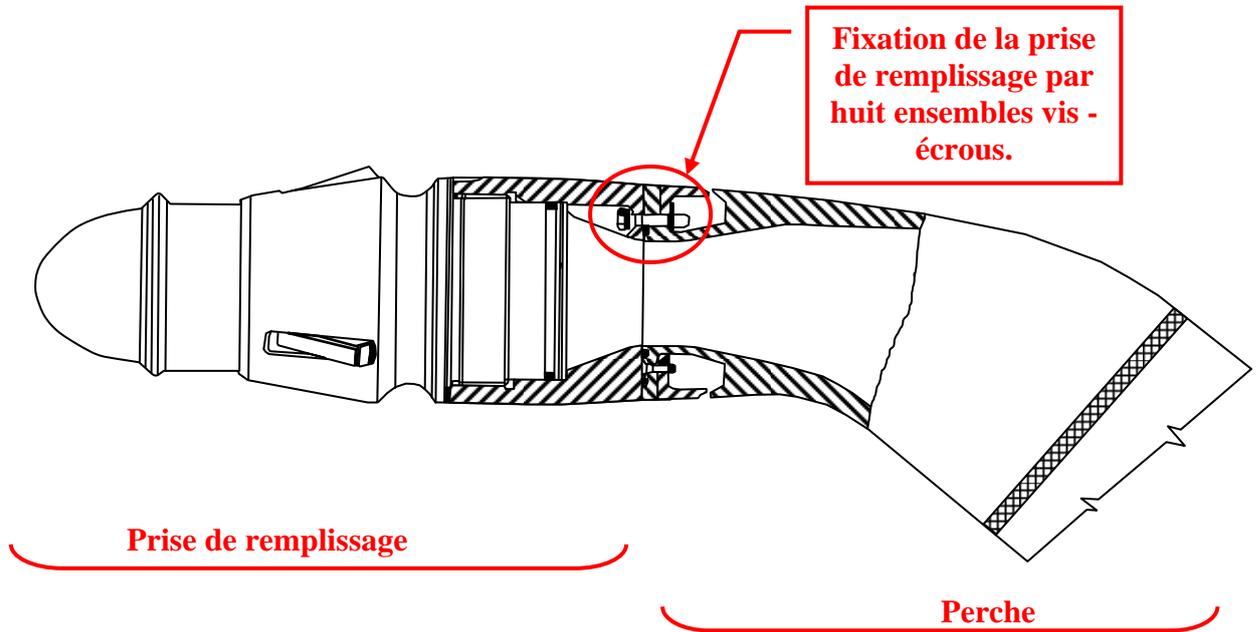
A la mise en service opérationnelle du Mirage 2000, cette fonction fusible était assurée par un manchon présentant une section à casser.

A partir de 1982, le constructeur a renforcé le point d'attache de la perche de ravitaillement sur la cellule<sup>40</sup>. Liée à cette évolution, la conception de la fixation de la prise de remplissage a été modifiée de façon différente pour les avions déjà en service et les avions livrés par la suite. Ainsi :

- pour les avions livrés à l'armée de l'air avant 1982 (attache de la perche sur la cellule non renforcée), la fonction « fusible » au niveau de la fixation de la prise de remplissage est assurée par l'emploi de vis présentant une gorge calibrée (vis « fusibles »),
- pour les avions postérieurs à 1982 (attache de la perche sur la cellule renforcée), dont le Mirage 2000 N n° 318, la fonction « fusible » est garantie par le calibrage de la résistance des éléments constituant la fixation de la prise de remplissage. Cette fixation est constituée de huit ensembles vis et écrous prisonniers de boulonnerie standard (*Figure 3 : montage de la prise de remplissage sur la perche de ravitaillement en vol*, page 62).

---

<sup>40</sup> Cette modification a été réalisée sans *rétrofit* des avions déjà en service. Il subsiste, aujourd'hui, une quinzaine d'avions dont l'attache de la perche n'a pas été renforcée.



*Figure 3 : montage de la prise de remplissage sur la perche de ravitaillement en vol*

### **3.2. DEMANDE D'EVOLUTION DE LA FIXATION DE LA PRISE DE REMPLISSAGE**

En 1997, devant le nombre croissant de ruptures des fixations des prises de remplissage, et suite à l'émission d'une fiche de veille technique par l'armée de l'air, le constructeur étudie une évolution de ce dispositif afin :

- de limiter les opérations de maintenance liées à leur remplacement. Le but recherché est de pouvoir remonter une nouvelle prise de remplissage, avec des vis neuves, sans qu'il soit nécessaire ni de contrôler ni de changer les écrous précédemment montés,
- de mieux maîtriser le moment de rupture afin que celle-ci survienne, le cas échéant, lorsque la prise de remplissage est retenue dans le panier de l'avion ravitailleur.

Le constructeur propose alors une modification qui permettrait, par l'emploi de vis de précision, de mieux maîtriser les phénomènes de rupture des ensembles de fixation, et donc d'en limiter le nombre. Ceci sans toutefois pouvoir alléger les opérations de maintenance.

En 2002, les services officiels ne donnent pas suite à cette proposition. D'une part, elle ne permet pas d'alléger les opérations pour le remplacement des prises de remplissage, le changement des écrous étant toujours indispensable et, d'autre part, il a été jugé que cette modification n'apportait aucun gain pour la sécurité des vols.

## 4. ANALYSE DES ACTIONS DU PILOTE

La décision du pilote de couper définitivement le moteur est faite en raison d'un risque externe<sup>41</sup> jugé comme trop important.

Après élimination des rares alternatives possibles, la stratégie raisonnée le conduit à l'élaboration d'un projet d'action qui sera définitif : procédure d'abandon de bord dans les meilleures conditions possibles en ayant le souci de limiter les conséquences sur les populations au sol.

La synergie interne au *cockpit* s'élargit à une synergie au sein du dispositif (équipage de l'avion équipier et équipage de l'avion ravitailleur) et plus particulièrement, de la part du pilote équipier, pour l'aide procédurale à la préparation de l'éjection.

Au cours de la phase de descente en vue de l'éjection, l'engagement cognitif du pilote est maximal pour appliquer la solution retenue. Toutes ses ressources sont alors mobilisées, sans économie, pour piloter l'avion en raison de l'enjeu (la survie de l'équipage), de la pression temporelle (le moteur est coupé) et du risque de dommages éventuels sur les populations.

Pendant cette phase, la maîtrise du plan d'action est assurée par le pilote qui réévalue régulièrement la situation par les paramètres accessibles en cabine et par le dialogue avec le pilote équipier. Ce dernier lui rappelle la procédure et les paramètres optimaux pour l'éjection.

Pendant toute la descente et jusqu'à l'éjection, il y a redondance des contrôles procéduraux et la communication entre le pilote et le navigateur officier système d'armes et le pilote équipier est riche pour réussir l'éjection de l'équipage sans mettre en danger les populations au sol.

---

<sup>41</sup> Risque dit « objectif » qui mesure le risque d'accident dans la situation courante si rien n'est modifié (trajectoire, fonctionnement des systèmes, etc.). Un risque interne, ou subjectif, mesure le risque d'échec dans la mise en œuvre d'une solution par manque de savoir-faire de l'opérateur ou par manque de temps ou de disponibilité (surcharge de travail) pour appliquer un savoir-faire.

- Page intentionnellement blanche -