



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-A-2009-004-I

<b>Date de l'événement</b>	<b>07 avril 2009</b>
<b>Lieu</b>	<b>Base aérienne 113 - Saint-Dizier</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>Rafale B</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>F- UHHX -N°325</b>
<b>Organisme</b>	<b>Armée de l'air</b>
<b>Unité</b>	<b>Escadron de chasse 01.007 Provence</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.

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

### **UTILISATION DU RAPPORT**

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

---

### **CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS**

Page de garde : Sirpa Air.

Pages 9, 13, 16, 22, 23 : BEAD-air.

Pages 19, 20, 21, 24, 25 : Dassault Aviation.

## TABLE DES MATIERES

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>2</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b>	<b>5</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>6</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>7</b>
<b>1. Renseignements de base</b>	<b>8</b>
1.1. Déroulement du vol	8
1.1.1. Mission	8
1.1.2. Déroulement	8
1.1.3. Localisation	9
1.2. Tués et blessés	9
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur le personnel	10
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.6.1. Maintenance	12
1.6.2. Performances	12
1.6.3. Masse et centrage	12
1.6.4. Carburant	12
1.6.5. Autres fluides	12
1.7. Conditions météorologiques	12
1.7.1. Prévisions :	12
1.7.2. Observations :	12
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	13
1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact	13
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	13
1.14. Incendie	14
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	14
1.15.1. Abandon de bord	14
1.15.2. Engagement d'un système d'arrêt	14
1.15.3. Organisation des secours	14
1.16. Essais et recherches	14
1.17. Renseignements sur les organismes	14
1.18. Renseignements supplémentaires	14
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	14
<b>2. Analyse</b>	<b>15</b>
2.1. La panne au décollage	15
2.1.1. Généralités sur le DISS	15
2.1.2. La panne	16
2.1.3. Historique	16
2.2. Interruption de décollage sur Rafale	16
2.2.1. Principes liés à la phase de décollage sur Rafale	16
2.2.2. La procédure d'interruption au décollage en vigueur	17
2.2.3. La nouvelle procédure d'interruption de décollage	17
2.3. Analyse de la trajectoire	18
2.3.1. La préparation	18
2.3.2. L'alignement	18
2.3.3. La course au décollage	18
2.3.4. Le freinage aérodynamique	20
2.3.5. L'engagement du brin d'arrêt	22
2.3.6. L'intervention des secours	23
2.4. Le patin de crosse	23
2.4.1. Définition	23

2.4.2. Fonctionnement .....	24
2.4.3. Constatations .....	24
2.4.4. La cassure .....	25
2.5. La documentation .....	25
<b>3. Conclusion .....</b>	<b>26</b>
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement .....	26
3.2. Cause de l'événement .....	26
<b>4. Recommandations de sécurité .....</b>	<b>27</b>
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement .....	27
4.1.1. Fiabilisation du système DISS.....	27
4.1.2. Procédure d'interruption de décollage à forte masse .....	27
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement .....	28
4.2.1. Le patin de crosse .....	28
4.2.2. La documentation technique.....	28

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Photographies :

Vue générale de l'appareil.....	9
Partie arrière du talon de crosse du Rafale B325 .....	13
Partie avant du talon de crosse du Rafale B325 .....	13
Positionnement des capteurs du DISS sur Rafale .....	15
Câble d'arrêt après utilisation .....	23

### Schémas :

Tracé des paramètres recueillis en fonction de la distance parcourue .....	19
Tracé des paramètres recueillis en fonction du temps.....	20
Tracé théorique de freinage en fonction des paramètres réels .....	21
Schéma du positionnement du Rafale sur la piste.....	22
Schéma du patin de crosse du Rafale avec dépôt de stellite .....	24
Croquis de la crosse d'arrêt du Rafale .....	24
Schéma de conception mécanique de la crosse .....	25

## GLOSSAIRE

CAM	Circulation aérienne militaire.
CEAM	Centre d'expériences aériennes militaires.
CEAT	Centre d'essais aéronautique de Toulouse.
CPEMPN	Centre principal d'expertise médicale du personnel naviguant.
CFER	Centre de formation des équipages Rafale.
DISS	Dispositif de sécurité et de signalisation.
ft	<i>Feet</i> - Pied (1 ft $\approx$ 0,30 mètre).
hPa	Hectopascal, unité de mesure de pression.
Jx	Paramètre d'accélération longitudinale.
kts	<i>Knots</i> - Nœuds (1 kts $\approx$ 1,852 km/h).
<i>NOGO</i>	Liste de pannes répertoriées qui interdisent de poursuivre le décollage.
QFE	Correspond à l'altitude de l'aérodrome par rapport au niveau de la mer.
QFU	Direction magnétique de la piste.
QNH	Pression atmosphérique ramenée par calcul au niveau de la mer dans les conditions d'atmosphère standard.
<i>Rolling take off</i>	Procédure qui consiste à afficher la puissance au cours du roulage d'alignement sans arrêter l'avion au seuil de piste.
SNA	Système de navigation et d'armement.
Vd	Vitesse de décision.
Vr	Vitesse de rotation.

## SYNOPSIS

Date de l'événement : 07 avril 2009 à 13 h 50.  
Lieu de l'événement : base aérienne 113, Saint-Dizier.  
Organisme : armée de l'air.  
Commandement organique : commandement des forces aériennes.  
Unité : escadron de chasse 01.007 Provence.  
Aéronef : Rafale F2.  
Nature du vol : mission d'entraînement au combat.  
Nombre de personnes à bord : 2.

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

Le 07 avril 2009 à Saint-Dizier, pendant la course au décollage sur une piste mouillée, l'équipage du Rafale B (n° 325), dans une configuration lourde<sup>1</sup>, constate l'affichage de l'alarme « NOGO » alors que l'avion n'a pas encore effectué sa rotation.

Le pilote interrompt immédiatement le décollage, effectue un freinage aérodynamique avant de débiter son action aux freins, sort la crosse puis engage le brin d'arrêt situé en fin de bande. Le système d'arrêt d'urgence fonctionne et stoppe l'appareil.

L'équipage est indemne.

### Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé enquêteur désigné.
- Un officier pilote ayant une expertise sur ce type d'avion.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur ce type d'avion.
- Un médecin du personnel navigant.

### Autres experts consultés

- CEAM (centre d'expériences aériennes militaires).
- CEAT (centre d'essais aéronautique de Toulouse).
- Dassault aviation.

### Déclenchement de l'enquête technique

Le bureau enquêtes accidents défense-air a été alerté le 07 avril 2009 à 14 h 30 par le bureau maîtrise des risques de l'état-major de l'armée de l'air d'un événement concernant un avion de type Rafale de l'armée de l'air sur la base aérienne de Saint-Dizier.

Un directeur d'enquête technique est immédiatement désigné. Celui-ci se rend le jour même sur la base aérienne de Saint-Dizier. Il y rejoint l'expert mécanicien et l'expert médecin, tous deux affectés sur cette même base. L'expert pilote, basé à Mont de Marsan, a contacté par téléphone le directeur d'enquête technique pour prendre ses consignes.

### Enquête judiciaire

L'événement n'a pas conduit au déclenchement d'une enquête judiciaire.

<sup>1</sup> Configuration lourde : les points d'emport extérieurs de l'aéronef sont équipés en armements et en réservoirs supplémentaires, ce qui lui confère une masse élevée.

# 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

## 1.1. Déroulement du vol

### 1.1.1. Mission

Indicatif mission : Rasoir fox leader.

Type de vol : circulation aérienne militaire (CAM).

Type de mission : mission d'entraînement au combat.

Base de départ : Saint-Dizier.

Heure de départ : 13 h 50.

Base d'atterrissage prévue : Saint-Dizier.

### 1.1.2. Déroulement

#### 1.1.2.1. Préparation du vol

La préparation de cette mission qui comporte des phases de tirs missiles air, puis de combat air/air, est réalisée de façon nominale.

L'équipage effectue les calculs de performances au décollage associés à la configuration lourde de l'appareil et recueille toutes les données utiles à sa mission.

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

Après avoir quitté son parking, « Rasoir fox » rejoint le point d'arrêt de la piste 29 de la base aérienne de Saint-Dizier afin de procéder au décollage.

L'équipage vérifie une dernière fois tous les items de la page « Fail<sup>2</sup> » et effectue le test « NOGO<sup>3</sup> ». Le cache de l'interrupteur « crosse » est relevé par le pilote. Il est alors prêt à l'exécution d'un « rolling take-off<sup>4</sup> ».

En pénétrant sur la piste, le pilote rappelle les différents cas de panne au décollage. Il est interrompu par le contrôle d'aérodrome pour une modification de sa clairance<sup>5</sup> de départ. Le pilote immobilise l'avion au seuil de piste, aligné sur l'axe, pour collationner la nouvelle clairance, et terminer l'énoncé des cas de « panne au décollage ». Il effectue ensuite la mise en puissance pour le décollage. La phase d'accélération est nominale :

- à 80 kts<sup>6</sup>, le pilote vérifie que le paramètre d'accélération (Jx) est conforme aux calculs ;
- à 122 kts, il annonce « Vstop »<sup>7</sup>.

À 129 kts, l'alarme « NOGO » sonore et visuelle se déclenche.

Le pilote réduit immédiatement la puissance et interrompt le décollage.

Le navigateur annonce sur la fréquence : « Rasoir fox leader, interruption de décollage, interruption de décollage ».

Le contrôleur de vigie déclenche l'alerte « crash ».

<sup>2</sup>Fail (défaut système) : page informatique qui présente au pilote les éventuelles pannes ou défauts de fonctionnement.

<sup>3</sup>NOGO : liste de pannes répertoriées qui interdisent de poursuivre le décollage.

<sup>4</sup>Rolling take off : procédure qui consiste à afficher la puissance au cours du roulage d'alignement sans arrêter l'avion au seuil de piste.

<sup>5</sup>Clairance : autorisation émise par les services du contrôle aérien définissant la trajectoire que devra suivre l'aéronef après le décollage.

<sup>6</sup>kts: *Knots* - Nœuds (1 kts ≈ 1,852 km/h).

<sup>7</sup>V stop : vitesse maxi d'utilisation des freins sans risques de détérioration.

Malgré la réduction de puissance, la vitesse du Rafale augmente jusqu'à atteindre 140 kts. Le pilote décide d'effectuer un freinage aérodynamique amenant l'assiette à cabrer, roulette de nez déjaugée pendant une dizaine de secondes puis laisse progressivement retomber la roulette de nez à la vitesse de 100 kts et à 900 mètres du seuil de piste.

Le pilote applique alors le freinage mécanique, annonce l'engagement du brin d'arrêt et actionne la commande de sortie de la crosse.

La crosse se déploie et le sabot se casse lors du contact avec le sol.

A 600 mètres du seuil, soit à 180 mètres du brin d'arrêt, le pilote relâche la pression exercée sur les freins et se concentre sur l'engagement du brin d'arrêt. L'accrochage du brin est effectué à la vitesse de 65 kts, la décélération se fait dans l'axe et sans brutalité. L'équipage attend l'arrêt du mouvement élastique (l'avion recule en douceur sur 2 à 3 mètres) pour sécuriser les sièges et évacue l'appareil juste avant l'arrivée des secours.



Vue générale de l'appareil

### 1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France ;
- département : Haute-Marne ;
- commune : Saint-Dizier ;
- hauteur / altitude du lieu de l'événement : au sol.

– Moment : jour.

– Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : base aérienne 113 Saint-Dizier.

### 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage
Mortelles	
Graves	
Légères	
Aucune	X

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Rafale F2				X

Le déploiement de la crosse d'arrêt a entraîné la cassure du patin de la crosse.

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

#### 1.5.1. Membres d'équipage de conduite

##### 1.5.1.1. Commandant de bord

- Age : 31 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : centre de formation des équipages Rafale (CFER).
  - fonction dans l'unité : chef de la cellule instruction et standardisation.
- Formation :
  - qualification : chef de patrouille (2003) ;
  - école de spécialisation : Tours ;
  - année de sortie d'école : 1998.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	sur tous types	dont sur Rafale	sur Rafale	sur Rafale
Total (h)	2400	440	90	15
Dont nuit	170	30	10	0

- Date du dernier vol comme pilote :
  - sur l'aéronef : 6 avril 2009.
- Carte de circulation aérienne :
  - type : carte verte de vol sans visibilité ;
  - date d'expiration : 09 octobre 2009.

### 1.5.1.2. Navigateur officier système d'armes

- Age : 33 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : centre de formation des équipages Rafale (CFER).
  - fonction dans l'unité : cellule instruction standardisation.
- Formation :
  - qualification : chef navigateur ;
  - école de spécialisation : Toulouse ;
  - année de sortie d'école : 1998.
- Heures de vol comme navigateur officier système d'armes :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	sur tous types	dont sur Rafale	sur Rafale	sur Rafale
Total (h)	2493	232	95	17
Dont nuit	321	13	6	2

### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique d'appartenance : commandement des forces aériennes.
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 113 Saint-Dizier.
- Unité d'affectation : escadron de chasse 01.007 Provence.
- Type d'aéronef : Rafale biplace B325.
  - configuration : [REDACTED]
  - armement : [REDACTED]
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	Biplace	B325	528,28	VG <sup>8</sup> 13H00
Moteur droit	M88-2	WM000217	109,38	
Moteur gauche	M88-2	WM000092	573,50	

<sup>8</sup> VG : visite de graissage, d'une périodicité de 6 mois, qui consiste à effectuer le graissage des différents organes et équipements de l'avion (atterrisseurs, articulations de vérins, servocommandes, etc).

### 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur. Quatre visites de graissage ont été réalisées. Toutes les butées calendaires ont été respectées. Au moment des faits, la dernière butée avant un prochain graissage était fixée au 24 juillet 2009.

### 1.6.2. Performances

Les performances ont été calculées par l'équipage suivant le manuel de performance du Rafale version 2.04.00.00.

Éléments calculés au cours de la préparation du vol :

- vitesse limite d'utilisation des freins (Vstop) : 122 kts ;
- vitesse limite d'utilisation des freins en mode détresse (Vfrein détresse) : 132 kts ;
- vitesse de rotation (Vr) : 143 kts.

### 1.6.3. Masse et centrage

Le Rafale n° B325 en configuration lourde, soit █████ kg à la mise en route. Le devis de masse est pris en compte lors du calcul des performances.

### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34.
- Quantité de carburant au décollage : 7423 kg.

### 1.6.5. Autres fluides

- Huile : type 0156.

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions :

- température : 11°C ;
- visibilité : 3 Km ;
- phénomène : bruine ;
- QNH<sup>9</sup> : 1012 hPa<sup>10</sup> ;
- plafond :
  - nuages épars à 500 ft<sup>11</sup> et à 1100 ft ;
  - couvert à 2600 ft.

### 1.7.2. Observations :

- température au sol : 11°C ;
- QFE<sup>12</sup> : 995 hPa ;
- piste mouillée ;
- vent faible.

<sup>9</sup> QNH : pression atmosphérique ramenée par calcul au niveau de la mer dans les conditions d'atmosphère standard.

<sup>10</sup> hPa : Hectopascal, unité de mesure de pression.

<sup>11</sup> ft : Feet - Pied (1 ft ≈ 0,30 mètre).

<sup>12</sup> QFE : correspond à l'altitude de l'aérodrome par rapport au niveau de la mer.

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet

## 1.9. Télécommunications

Rasoir fox était en contact radio avec le contrôleur de vigie du contrôle local d'aérodrome de la base de Saint-Dizier sur la fréquence : Chanel 14.

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Saint-Dizier est réservé à l'usage exclusif des aéronefs appartenant aux administrations d'État.

Les coordonnées géographiques sont les suivantes : 48°38'0073''N 004°54'2948''E.

Son altitude de référence est de 458 ft (16 hPa).

- Orientation de la piste principale (11/29) suivant le cap magnétique : 114°/294.
- Dimensions de la piste :
  - longueur de seuil à seuil : 2414 m ;
  - largeur : 45m ;
  - prolongement d'arrêt au QFU<sup>13</sup> 29 : 296 m ;
  - prolongement d'arrêt au QFU 11 : 289 m ;
  - position du brin d'arrêt : 420 m du seuil.

## 1.11. Enregistreurs de bord

- Un enregistreur statique de paramètres de type ESPAR, n° de série : 00170, avionné sur le Rafale n° B325 (standard F2) depuis le 20 mars 2007.
- Enregistrement vidéo réalisé par un magnétoscope de format HI8, n° de série : 135, mis en place le 16 février 2009.

## 1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact

L'appareil n'est pas endommagé, à l'exception du talon de la crosse d'arrêt.



Partie arrière du talon de crosse du Rafale B325



Partie avant du talon de crosse du Rafale B325

## 1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

Le pilote et le navigateur étaient à jour de leur visite médicale annuelle au centre principal d'expertise médicale du personnel navigant (CPEMPN) et de leur visite annuelle à l'unité.

<sup>13</sup> QFU : direction magnétique de la piste.

## **1.14. Incendie**

Néant.

## **1.15. Questions relatives à la survie des occupants**

### 1.15.1. Abandon de bord

- Évacuation au sol : l'équipage a évacué l'appareil selon la procédure en vigueur après avoir coupé les moteurs et sécurisé les sièges éjectables.
- Conséquences : aucune conséquence sur le matériel ni sur le personnel.

### 1.15.2. Engagement d'un système d'arrêt

- Type de système d'arrêt : AERAZUR 4M6 / câble.
- Éléments lors de l'engagement du système d'arrêt :
  - vitesse : 65 kts ;
  - axe d'engagement : axe de la piste.

### 1.15.3. Organisation des secours

Dès l'annonce sur la fréquence de l'interruption de décollage, le contrôleur de vigie a déclenché l'alerte « crash » et l'intervention immédiate des moyens de secours de la base aérienne de Saint-Dizier. Les pompiers sont arrivés au moment où l'équipage évacuait l'appareil. Ils ont dans un premier temps pris en charge le pilote et le navigateur. Puis, constatant l'émanation d'une fumée au niveau des blocs de freins, ils ont sécurisé l'aéronef en arrosant les freins.

## **1.16. Essais et recherches**

Les études suivantes ont été réalisées :

- étude de l'efficacité du freinage aérodynamique par le constructeur (Dassault aviation) ;
- étude de la structure des matériaux du talon de crosse par le CEAT et par le constructeur.

## **1.17. Renseignements sur les organismes**

Sans objet.

## **1.18. Renseignements supplémentaires**

Néant.

## **1.19. Techniques spécifiques d'enquête**

Néant.

## 2. ANALYSE

Lors de cet événement, un aéronaf de type Rafale-B de l'armée de l'air a effectué une interruption de décollage et engagé le brin d'arrêt situé en fin de piste.

L'analyse portera principalement sur :

- le système de sécurité ayant déclenché l'interruption de décollage ;
- la procédure de pilotage de l'appareil ;
- l'étude du sabot de la crosse d'arrêt.

### 2.1. La panne au décollage

L'interruption de décollage est initiée suite à l'apparition d'une alarme « NOGO » générée par le dispositif de sécurité et de signalisation (DISS).

#### 2.1.1. Généralités sur le DISS

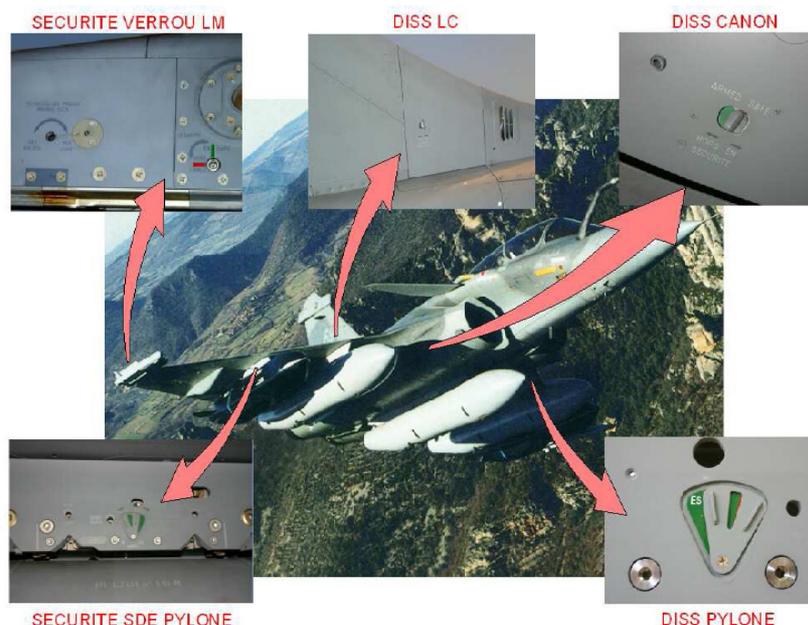
Le DISS est un équipement électronique de sécurité qui permet d'assurer :

- la coupure physique des lignes de tir ou d'alimentation, sous commande électrique ou sous commande manuelle du mécanicien ;
- la transmission au système avion de deux signaux de compte rendu relatifs aux états du dispositif : « EN sécurité » et « HORS sécurité » ;
- la visualisation mécanique au niveau du point armement des 2 états « EN sécurité » et « HORS sécurité » du DISS.

La coupure et le rétablissement des lignes de tir et de largage détresse concernent tous les points d'emports avion, à l'exclusion des lance-missiles.

La coupure et le rétablissement des lignes de tir sont commandés de manière électrique, ou de manière mécanique par l'intermédiaire d'une prise de mouvement solidaire des contacts électriques.

Bien que cet équipement puisse fonctionner de façon autonome, il est lié aux équipements du système de navigation et d'armement (SNA).



Positionnement des capteurs du DISS sur Rafale

**Le DISS est un équipement électronique de sécurité qui permet :**

- lorsque l'avion est en vol, l'utilisation de l'armement et le largage des emports notamment lors des phases critiques (phase de décollage, panne moteur, etc.) ;
- lorsque l'avion est au sol, de sécuriser les emports afin d'éviter une utilisation intempestive de l'armement ou un largage involontaire des emports.

**En conséquence, toute anomalie détectée par le système génère, lorsque l'avion est au sol, une alarme « NOGO ».**

### 2.1.2. La panne

Les paramètres recueillis par les différents enregistreurs qui équipent le Rafale, ont permis de mettre en évidence qu'un défaut de fonctionnement du dispositif de sécurité et de signalisation est à l'origine du déclenchement de l'alarme « NOGO ».

Cette panne intempestive, apparue pendant 81 millisecondes, a généré une remontée d'information vers le système principal d'alarme qui déclenche automatiquement une alarme « NOGO » présentée au pilote lors de la course au décollage.

**L'hypothèse selon laquelle une panne liée au DISS a déclenché l'alarme d'interruption de décollage est certaine.**

### 2.1.3. Historique

Le DISS est un système électronique complexe qui agit sur de nombreux sous-systèmes.

Depuis la livraison du Rafale, il a connu de nombreux problèmes de fiabilité qui ont conduit à l'étude puis à la mise en œuvre de modifications successives.

La version qui équipe les appareils au standard F2-2+, est dotée d'une temporisation de 320 millisecondes avant le déclenchement de l'alarme « NOGO ».

De plus, une évolution de la liste des pannes « NOGO », ne comprenant plus la panne du DISS, sera appliquée dans le futur standard F3-2.

Le Rafale B 325 est en version F2-2 ECHO et ne bénéficie d'aucune de ces évolutions.

**L'hypothèse selon laquelle le DISS connaît des problèmes de fiabilité est certaine.**

## 2.2. Interruption de décollage sur Rafale

### 2.2.1. Principes liés à la phase de décollage sur Rafale

Avant de procéder à un décollage, l'équipage du Rafale calcule les paramètres de performance de l'avion en fonction de différents éléments : température, pression atmosphérique, vent, état de la piste, masse de l'appareil, etc.

Parmi les paramètres de performance calculés, on trouve :

- la vitesse de rotation ( $V_r$ ) : vitesse à partir de laquelle le pilote commence à ramener vers l'arrière la commande de profondeur pour déjauger la roulette de nez puis décoller ;
- la vitesse de décision ( $V_d$ ) : vitesse en dessous de laquelle le pilote a la possibilité d'interrompre le décollage en toute sécurité ;
- le «  $J_x$  » : accélération longitudinale ;

- la « V stop » : vitesse maxi d'utilisation des freins sans risques de détérioration ;
- la « V frein détresse » : vitesse maxi d'utilisation des freins en détresse en acceptant une destruction des blocs de freins.

La procédure en vigueur impose que :

- la Vd soit égale à la Vr ;
- le pilote vérifie la cohérence de l'accélération longitudinale (Jx) et de la vitesse ;
- en cas de panne majeure<sup>14</sup> :
  - avant la Vd, le pilote effectue une interruption de décollage ;
  - après la Vd, le pilote poursuit le décollage et gère la situation en vol une fois sa trajectoire contrôlée.

Une alarme « NOGO » visuelle et sonore, se déclenche en cas de panne nécessitant une interruption de décollage, tant que l'avion est au sol. Cette alarme est testée par le pilote au cours des actions vitales précédant l'alignement sur la piste.

### 2.2.2. La procédure d'interruption au décollage en vigueur

La procédure générale est établie comme telle :

1. couper la PC et réduire à fond ;
2. si nécessaire, sortir la crosse ;
3. maintenir l'axe de piste ;
4. à Vitesse  $\leq$  V frein détresse : freiner ;
5. mettre la profondeur plein arrière dès la décélération établie ;
6. dégager la piste.

En règle générale, l'interruption de décollage est prévue sans engagement des moyens d'arrêt (brin ou barrière). Le respect des vitesses de décision et de freinage (sans système d'arrêt) permet d'arrêter l'avion avant l'extrémité de piste.

Cependant, si la nécessité opérationnelle impose un emport particulièrement lourd, il est possible d'augmenter les vitesses de décision en optant pour l'éventualité de l'engagement du système d'arrêt en cas d'interruption de décollage.

### 2.2.3. La nouvelle procédure d'interruption de décollage

La procédure en vigueur pour un décollage à forte masse n'étant pas satisfaisante pour l'exploitant, elle fait l'objet d'études et de discussions entre l'industriel et l'exploitant.

Une nouvelle procédure est en cours de validation. Elle entraîne la création d'une nouvelle vitesse à calculer au cours de la préparation de mission : la vitesse de relâche des freins.

Le principe de cette nouvelle procédure consiste à débiter le freinage à forte vitesse (à « Vfrein détresse » avec système d'arrêt) puis à relâcher le freinage quand l'énergie de freinage détresse a été dissipée (à « V relâche frein »).

L'intérêt de cette nouvelle procédure étant l'utilisation complète du potentiel des freins sans parvenir à la destruction tout en acceptant l'engagement du moyen d'arrêt.

**L'engagement du brin d'arrêt en cas d'interruption au décollage était pris en compte lors des calculs de performances et faisait partie de la procédure normale pour cette mission.**

<sup>14</sup> Panne majeure : panne pouvant mettre en cause la sécurité de l'aéronef et de ses occupants. Ces pannes sont définies et répertoriées. Elles sont utilisées pour le déclenchement de l'alarme « NOGO ».

## 2.3. Analyse de la trajectoire

Les paramètres recueillis sur les enregistreurs ont permis de reconstituer la séquence de l'événement.

### 2.3.1. La préparation

Le calcul des paramètres de performance au décollage tenait compte de la configuration de l'avion (le nombre et le type des emports prévus conféraient à l'aéronef une masse élevée), et des conditions météorologiques qui imposaient un décollage sur piste mouillée.

Les résultats obtenus ont amené l'équipage à se préparer à l'utilisation éventuelle du brin d'arrêt. Ainsi, avant de pénétrer sur la piste, le pilote a armé l'interrupteur de déploiement de la crosse.

**La préparation de mission a préparé l'équipage à l'éventualité d'un engagement du brin d'arrêt.**

### 2.3.2. L'alignement

« Rasoir fox leader » avait prévu d'effectuer un « rolling take off ».

Cependant, alors que l'appareil pénètre sur la piste, le pilote reçoit un message de modification de clairance de la part du contrôleur. Il termine son alignement sur l'axe de la piste, puis collationne la nouvelle information qui concerne sa trajectoire de montée.

Avion arrêté au seuil de piste, il effectue alors toutes les actions vitales avant décollage et rappelle, pour l'équipage, les paramètres importants qui sont :

- l'accélération ;
- la « Vstop » prévue à 123 kts ;
- la « V frein détresse » prévue à 133 kts ;
- la vitesse de rotation prévue à 143 kts.

Autorisé au décollage, le pilote affiche la puissance nécessaire à la vérification des systèmes, lâche les freins et affiche la pleine puissance ce qui conduit à l'allumage de la post combustion.

**Il s'agit d'un décollage avec mise en puissance à partir du seuil de piste après avoir effectué les procédures d'actions vitales prévues.**

### 2.3.3. La course au décollage

Après le lâcher des freins, la vitesse augmente rapidement, le pilote vérifie l'accélération, à 80 kts : qui est conforme aux paramètres requis.

A 128 kts, l'alarme « NOGO » se déclenche ; le pilote la perçoit de façon visuelle et auditive.

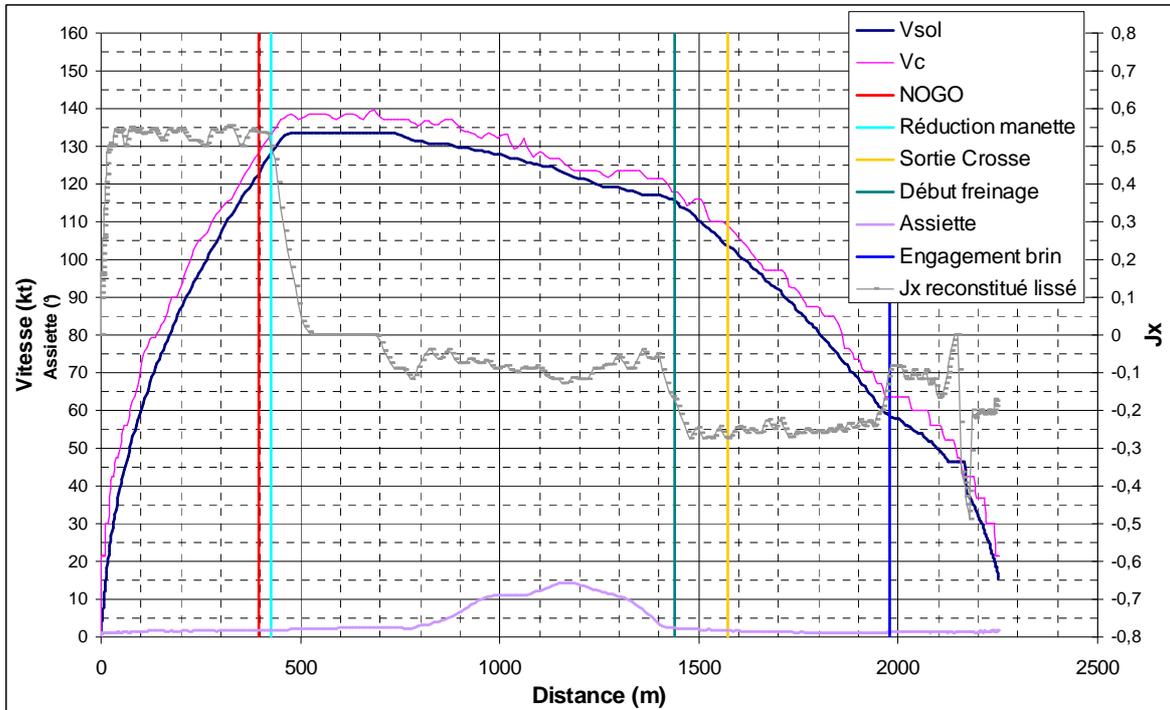
Il agit immédiatement sur la manette des gaz afin de supprimer la poussée des réacteurs.

Cependant, en raison de l'inertie de poussée de la post combustion, le Rafale continue d'accélérer jusqu'à atteindre la vitesse de 140 kts.

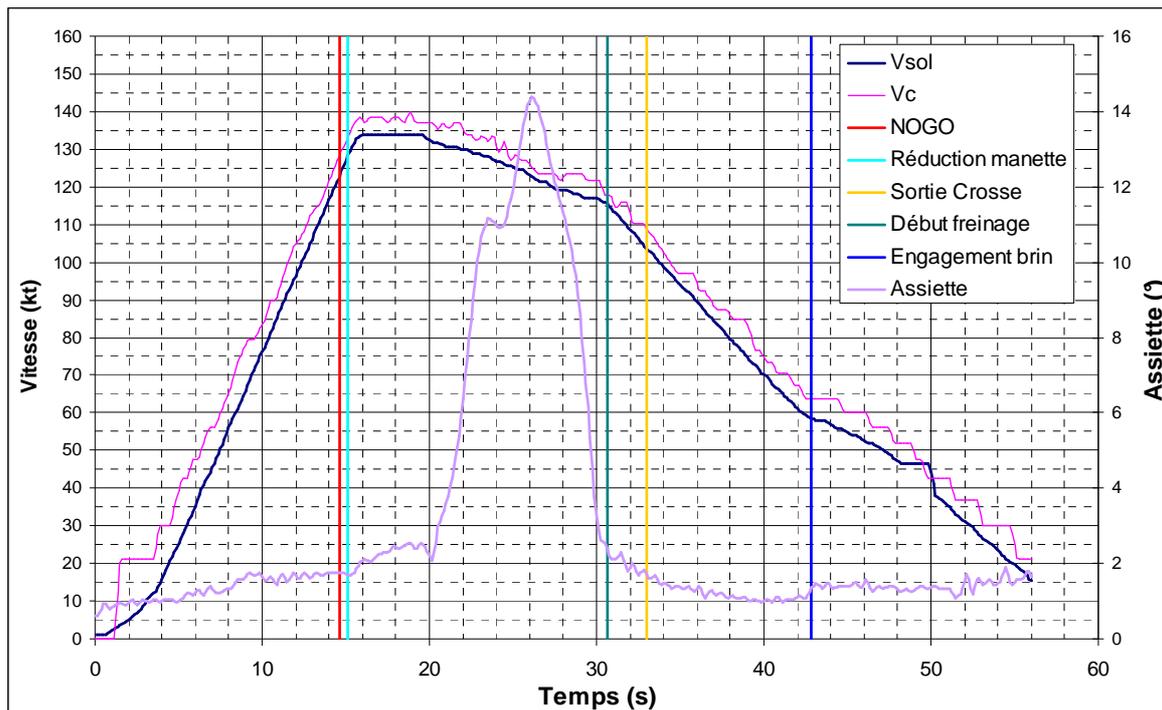
L'appareil a alors atteint une vitesse supérieure à la vitesse d'utilisation des freins tout en étant à une vitesse inférieure à celle du décollage.

La procédure d'interruption de décollage en vigueur prévoit d'attendre la décroissance de la vitesse jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse de freinage de détresse et permette l'utilisation des freins par le pilote sans risquer d'endommager l'appareil.

- Jusqu'à l'apparition de l'alarme « NOGO », la course au décollage est nominale.
- Malgré la réduction immédiate de la poussée des moteurs, l'aéronef atteint une vitesse supérieure à celle de l'utilisation des freins par le pilote.



Tracé des paramètres recueillis en fonction de la distance parcourue



Tracé des paramètres recueillis en fonction du temps

## 2.3.4. Le freinage aérodynamique

### 2.3.4.1. La séquence

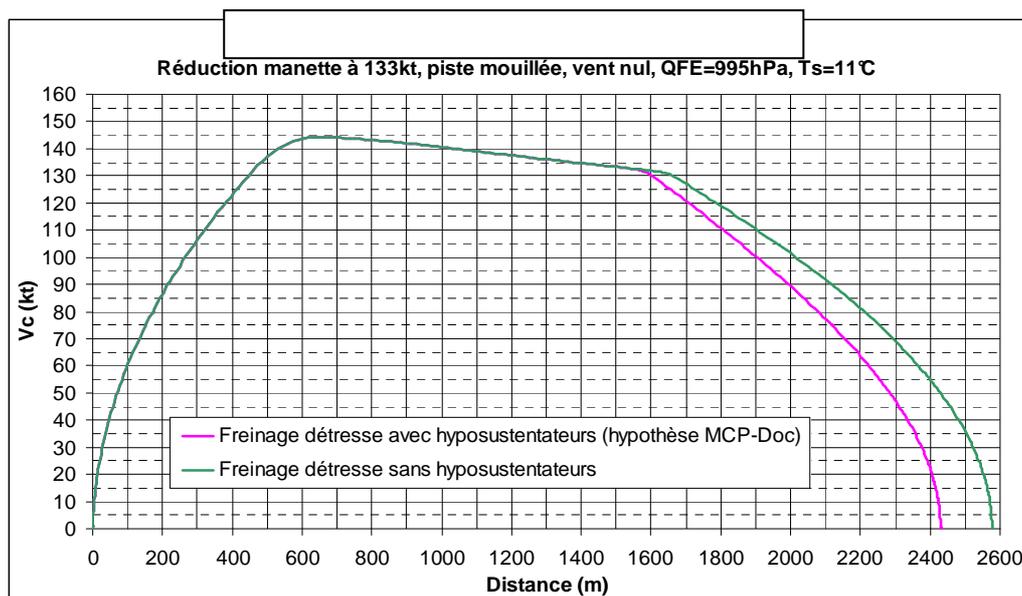
Le pilote analyse rapidement la situation. Ne voyant pas de diminution significative de la vitesse, il décide d'effectuer un freinage aérodynamique. Dans un souci d'efficacité, le pilote amène franchement son avion à « cabré » et ce malgré la proximité de la vitesse de rotation ( $V_r$  : 143 Kts). Il constate alors une diminution de la vitesse. Il maintient la position cabré pendant quelque secondes puis repose la roulette de nez avec précaution en raison de la masse de l'appareil. Le freinage aérodynamique a duré 10 secondes sur une distance de 600 mètres et lorsque la roulette touche le sol, l'aéronef est à la vitesse de 121 kts. Le pilote applique alors le freinage mécanique en omettant de positionner la commande de profondeur plein arrière. L'efficacité du freinage ne se faisant pas sentir immédiatement en raison de l'inertie liée à la masse de l'avion et de la piste mouillée, le pilote prend rapidement la décision d'engager le brin d'arrêt.

### 2.3.4.2. L'étude

Dans la procédure, l'éventualité d'effectuer un freinage aérodynamique n'est pas prévue. Le pilote s'est servi de son expérience et de son expertise pour décider de réaliser cette manœuvre qui lui semblait, sur l'instant, la plus adéquate pour faire chuter la vitesse (20 kts en 10 secondes).

Grâce aux panneaux de distance restante disposés sur le côté de la piste, au moment de reposer la roulette de nez, le pilote avait une bonne notion de sa position par rapport au brin d'arrêt. Cependant, il n'a pas pu utiliser tout le potentiel de ses freins pour ralentir la course de l'avion en raison de la distance déjà parcourue sur la piste et de la nécessité de se concentrer sur une prise de brin dans l'axe de la piste.

De plus, au cours du freinage mécanique, il n'a pas profité des hyposustentateurs : la gouverne de profondeur braquée plein arrière, participe à l'efficacité du freinage et réduit sensiblement la distance d'arrêt, même si l'engagement du brin d'arrêt était inévitable.



Tracé théorique de freinage en fonction des paramètres réels

Sans freinage aérodynamique, le pilote aurait utilisé au maximum la capacité de ses blocs de frein, dès que l'appareil aurait atteint la « Vfrein détresse » (133 kts). Le tracé théorique nous montre que l'engagement du brin d'arrêt ce serait fait à une vitesse comprise entre 85 kts et 100 kts, compatible avec les capacités du système d'arrêt.

Les essais de freinage aérodynamique réalisés par le constructeur ont démontré l'efficacité de la manœuvre, surtout sur piste mouillée, même si la complexité de sa réalisation en fonction de la vitesse acquise, du temps de cabré ou de l'angle de cabré, ne permet pas de définir précisément de gain réel par rapport à la procédure en vigueur.

- **Le freinage aérodynamique ne fait pas partie de la procédure en vigueur.**
- **Même s'il est établi que le freinage aérodynamique est très efficace, elle représente une manœuvre particulièrement délicate à réaliser à forte masse.**
- **Grâce à sa grande expertise aux commandes, le pilote est parvenu à arrêter son appareil au moyen du brin d'arrêt à une vitesse peu élevée.**
- **La stricte application de la procédure en vigueur aurait permis d'arrêter l'aéronef en engageant le brin d'arrêt dans des conditions optimales.**

### 2.3.5. L'engagement du brin d'arrêt

Environ 80 mètres avant le brin d'arrêt, le pilote relâche les freins et se concentre sur la position de son avion sur la piste : au cap de la piste et au milieu de celle-ci. La prise de brin se fait à la vitesse de 64 kts, et l'avion est ralenti sans brutalité.

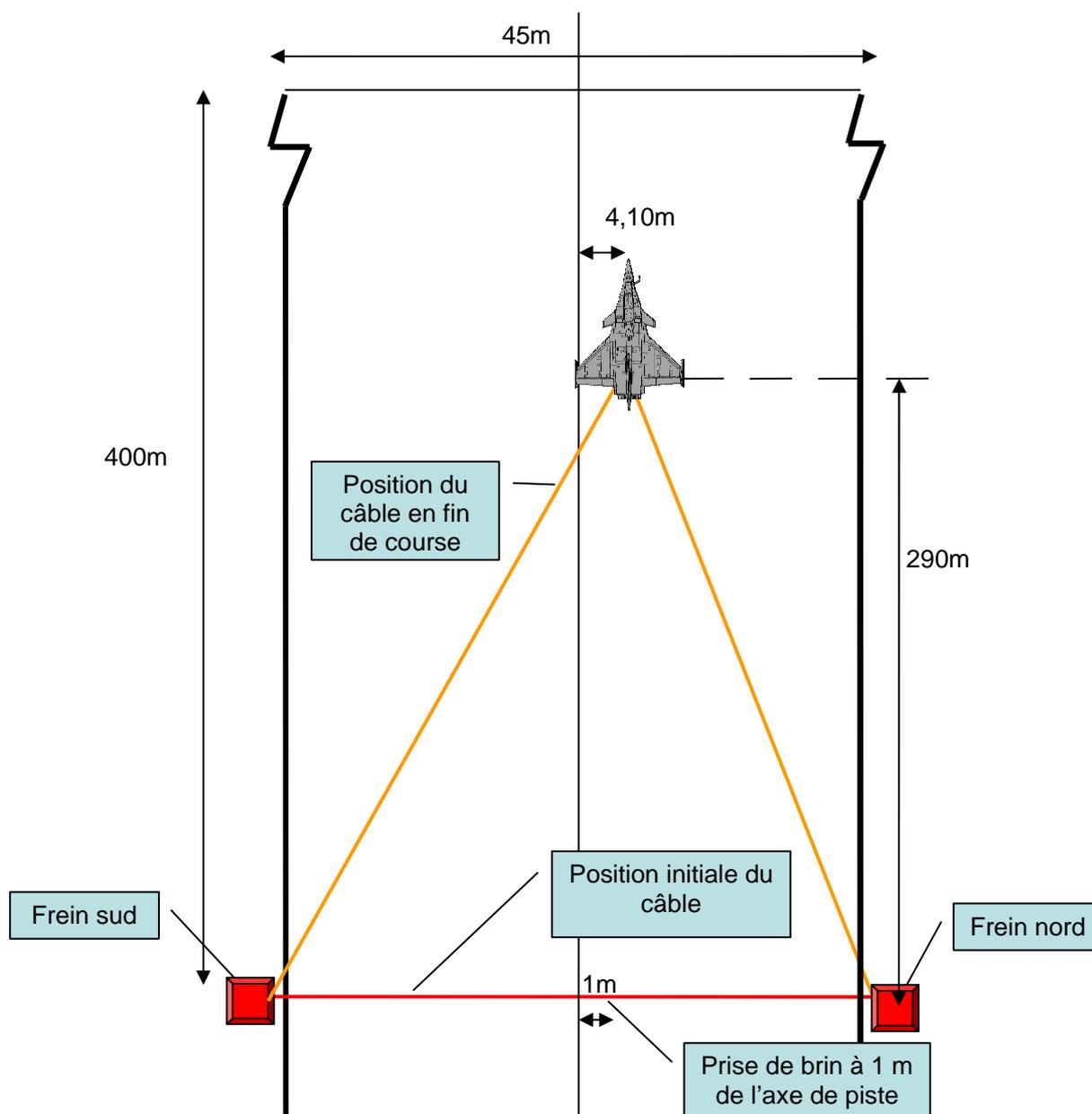
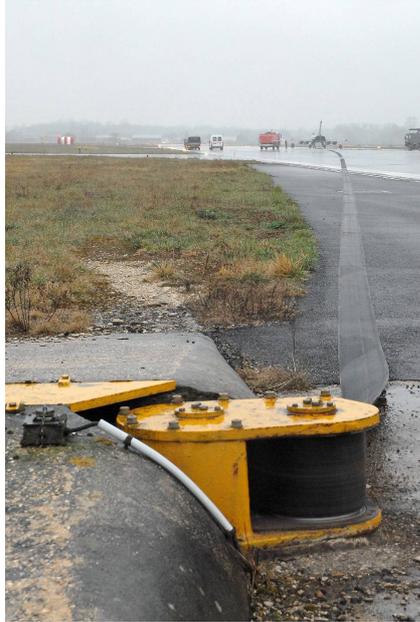


Schéma du positionnement du Rafale sur la piste

La vitesse d'engagement du brin d'arrêt étant inférieure à 80 kts, l'énergie dissipée par le système d'arrêt n'a pas généré de dommages ni au système ni à l'aéronef. L'équipage a attendu que le léger recul généré par la tension du câble soit terminé pour désarmer les sièges et procéder à l'évacuation.



Frein sud



Frein nord

#### Câble d'arrêt après utilisation

**La prise du brin d'arrêt s'est déroulée dans des conditions optimales.**

#### 2.3.6. L'intervention des secours

Le déclenchement de l'alerte s'est fait au moyen du klaxon crash de la vigie.  
Les secours se sont mis en œuvre dès le déclenchement de l'alerte.

**Le déclenchement de l'alerte a été immédiat et l'intervention des moyens de secours de la base aérienne de Saint-Dizier a été conforme aux consignes permanentes de sécurité de l'armée de l'air.**

#### 2.4. Le patin de crosse

L'étude qui suit concerne la crosse d'arrêt qui équipe les Rafale « B » et « C » de l'armée de l'air.

##### 2.4.1. Définition

Il s'agit d'une pièce de fonderie en acier « 35CD4 » usinée.  
Cette pièce est ensuite traitée par trempage successif afin d'augmenter sa résistance au frottement.  
Enfin, un dépôt de « stellite » est effectué à chaud sur toute la surface de frottement et sur la pointe avant du sabot, afin de le protéger d'une usure trop rapide lors de sa course sur la piste.

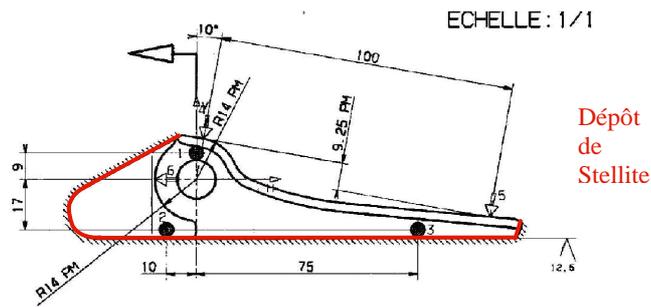
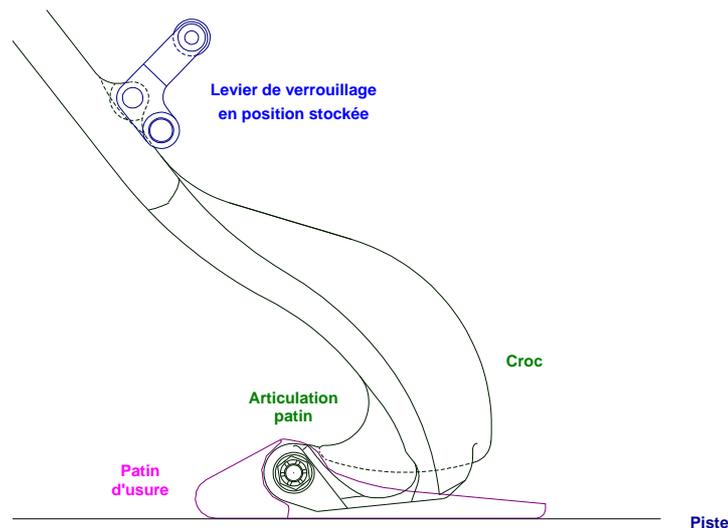


Schéma du patin de crosse du Rafale avec dépôt de stellite

### 2.4.2. Fonctionnement

La crosse est utilisée afin de s'accrocher à un brin d'arrêt tendu en travers de la piste.  
 Une fois déployée, un vérin plaque la crosse au sol pour que le croc soit à la bonne hauteur au moment d'accrocher le brin d'arrêt.  
 Le patin en glissant sur le sol protège la crosse et la guide jusqu'au câble tendu.  
 De par sa conception, en cas de cassure, une butée mécanique interdit à la pointe avant de se positionner de telle sorte qu'elle gênerait la prise de brin.



Croquis de la crosse d'arrêt du Rafale

### 2.4.3. Constatations

Lors du déploiement de la crosse d'arrêt, le patin d'usure qui permet à la crosse de frotter sur le sol et qui lui sert de protection, s'est brisé en deux. La partie avant de ce patin est restée solidaire de la crosse alors que la partie arrière est retrouvée sur la piste sensiblement à l'endroit du déploiement de la crosse.

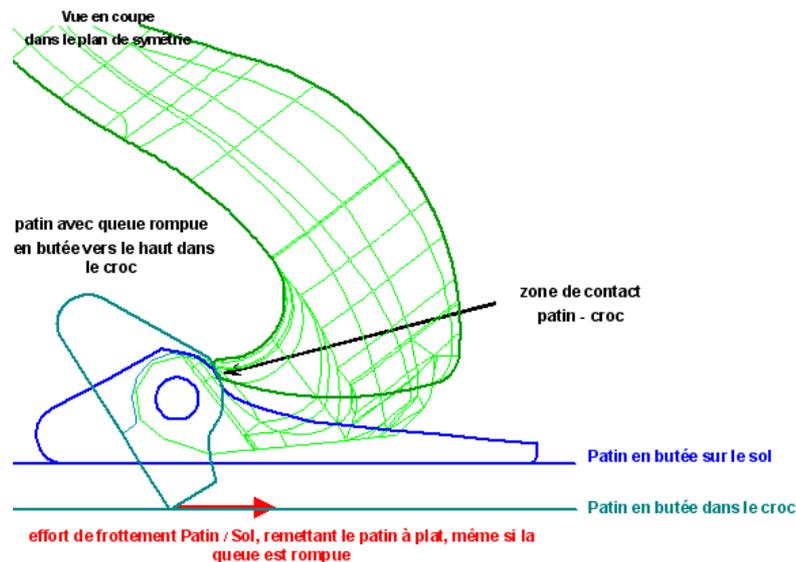


Schéma de conception mécanique de la crosse

#### 2.4.4. La cassure

L'expertise a démontré qu'il s'agit d'une cassure franche, conséquence du choc avec le sol au moment du déploiement de la crosse.

Une étude de l'historique de l'utilisation des sabots de crosse du Rafale a démontré une certaine fragilité lors du déploiement de celle-ci. Des cassures de même type ont été obtenues lors de tests de déploiement.

Après une étude comparative avec la crosse du Mirage 2000, dont le patin a servi de modèle pour la conception de celui du Rafale, il est apparu que l'application, à chaud, de stellite sur toute la surface du patin, modifiait les caractéristiques du matériau le rendant plus résistant au frottement mais plus fragile à l'impact.

**L'hypothèse selon laquelle la fragilité du patin de crosse est liée au processus de fabrication est certaine.**

#### 2.5. La documentation

Une fois le Rafale B325 de retour au hangar, les mécaniciens n'ont pas trouvé de procédures relatives aux vérifications à mener dans la documentation technique.

Ils ont du prendre contact avec le service technique du constructeur pour connaître la conduite à tenir.

Sur le plan opérationnel, cela a retardé la remise en ligne de vol de cet appareil.

**La procédure de remise en œuvre du Rafale suite à un engagement du brin d'arrêt n'apparaissait pas dans la documentation technique.**

### **3. CONCLUSION**

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

- Un appareil de type Rafale effectue une mission d'entraînement au combat en configuration lourde au décollage de la base de Saint-Dizier.
- La piste est mouillée.
- Les paramètres calculés lors de la préparation de mission tiennent compte de l'utilisation du brin d'arrêt en cas d'interruption au décollage.
- Au cours de la course au décollage, le système de sécurité DISS détecte une panne et déclenche une alarme « NOGO » avant la Vr.
- La panne détectée est intempestive et fugace, elle a duré 0,081secondes.
- Dès la détection de la panne, le pilote interrompt le décollage.
- La vitesse acquise ne permettant pas l'utilisation immédiate des freins, le pilote décide d'effectuer un freinage aérodynamique.
- Cette procédure ne fait pas partie de la procédure en vigueur.
- À l'issue du freinage aérodynamique, le pilote applique le freinage mécanique.
- La diminution de vitesse n'étant pas suffisante, le pilote décide d'engager le câble d'arrêt et déploie la crosse.
- Lors de ce déploiement, le patin d'usure de la crosse se casse au contact du sol, sans pour autant gêner l'engagement du système d'arrêt.
- Le câble est accroché par l'avion à une vitesse peu élevée.
- Le système d'arrêt fonctionne normalement et immobilise l'aéronef en toute sécurité, sans dommage.
- L'équipage évacue l'appareil de façon autonome.
- Le déclenchement des moyens de secours de la base de Saint-Dizier a été nominal. Leur intervention a permis d'assurer la sauvegarde des personnels et des matériels.

#### **3.2. Cause de l'événement**

Il s'agit d'un défaut de fiabilité du système de sécurité électronique chargé de la surveillance des emports ayant entraîné une interruption de décollage d'un Rafale « B ».

Cette interruption de décollage survenue à une vitesse proche de la vitesse de rotation, a nécessité l'engagement du moyen d'arrêt, comme prévu par la procédure.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

#### 4.1.1. Fiabilisation du système DISS

Ce système de sécurité présente un manque de fiabilité.

Les pannes intempestives de ce système de sécurité, trop souvent enregistrées au cours des vols, nécessitent une intervention de la maintenance afin de procéder, une fois au sol, à la vérification ou à la réinitialisation du système.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à

**Dassault aviation de poursuivre les investigations concernant les pannes furtives du système DISS afin d'améliorer sa fiabilité.**

#### 4.1.2. Procédure d'interruption de décollage à forte masse

La procédure d'interruption de décollage en configuration lourde sur Rafale, fait l'objet de discussions entre les utilisateurs (armée de l'air et aéronavale) et le constructeur ayant pour but d'améliorer la sécurité dans cette phase très particulière du vol.

Les essais menés par le constructeur sur les effets du freinage aérodynamique confirment l'efficacité de cette manœuvre. Cependant, la complexité du pilotage liée à la masse de l'avion, la vitesse de roulage, l'état de la piste, le vent traversier, etc, rend difficile la standardisation de ce type de procédure.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

- à l'armée de l'air, à Dassault aviation et à la direction générale pour l'armement de déterminer une procédure mieux adaptée au décollage à forte masse ;
- à l'armée de l'air d'effectuer un rappel sur l'application stricte des procédures en vigueur lors des phases de vol délicates.

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

### 4.2.1. Le patin de crosse

La fragilité du patin de crosse représente un défaut de conception. Même si le fonctionnement de la crosse n'est pas remis en cause, il est nécessaire que cette pièce possède une meilleure résistance au choc.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**à Dassault aviation et à la direction générale pour l'armement d'amender la conception du patin de crosse.**

### 4.2.2. La documentation technique

L'engagement du brin d'arrêt en cas d'interruption de décollage en configuration lourde est une procédure conforme au manuel de vol.

Cependant, la procédure de vérification de l'aéronef à l'issue de la mise en œuvre de la crosse ne figure pas dans la documentation.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à

**Dassault aviation d'intégrer à la documentation technique les mesures de vérification nécessaires à la remise en œuvre d'un Rafale après un engagement du système d'arrêt.**