

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT

## D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



## BEAD-air A-2016-007-I

<b>Date de l'évènement</b>	<b>12 mai 2016</b>
<b>Lieu</b>	<b>Base aérienne 133 Nancy-Ochey</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>Mirage 2000D</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>F-UGIJ - n° 638</b>
<b>Organisme</b>	<b>Armée de l'air</b>
<b>Unité</b>	<b>Escadron de chasse 03.003 « Ardennes »</b>

## AVERTISSEMENT

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures légales.

### UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

---

## CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

**Page de garde :** Patrice Olivier

### **Photos :**

- Page 14 : brigade de la gendarmerie de l'air Nancy-Ochey
- Pages 15 à 17 : BEAD-air
- Page 18 : base aérienne 133 Nancy-Ochey
- Pages 24 et 25 : direction générale de l'armement – techniques aéronautiques
- Pages 26, 28, 37 à 40 : BEAD-air

### **Illustrations :**

- Page 8 : BEAD-air
- Pages 11, 12 : escadron des services du contrôle aérien Nancy-Ochey
- Page 13 : BEAD-air
- Page 13 : établissement du service d'infrastructure de Metz
- Page 20 : structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense
- Page 27 : BEAD-air
- Pages 30, 32 : direction générale de l'armement – essais propulseurs
- Pages 31 et 34 : Dassault Aviation
- Pages 33 et 34 : armée de l'air

## TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages aux personnes	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	12
1.9. Télécommunications	12
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Renseignements sur la zone d'impact et sur l'aéronef	14
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	17
1.14. Incendie	17
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	18
1.16. Essais et recherches	19
1.17. Renseignements sur les organismes	19
1.18. Renseignements supplémentaires	19
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	21
2. Analyse	23
2.1. Expertises	23
2.2. Séquence d'évènement	38
2.3. Recherche des causes de l'évènement	41
2.4. Intervention des secours	42
3. Conclusion	43
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	43
3.2. Causes de l'évènement	43
4. Recommandations de sécurité	45
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	45
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	47
ANNEXES	48
ANNEXE 1 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE FREINAGE	49
ANNEXE 2 FICHE OPERATIONNELLE DE PERFORMANCE AU DECOLLAGE	51
ANNEXE 3 PROGRAMME DES MISSIONS SIMULATEUR CAPS, SPAN	52
ANNEXE 4 ACTIVITE SIMULATEUR DU PILOTE DEPUIS SON RETOUR	58
ANNEXE 5 EXTRAIT DU REPERTOIRE D'EMPLOI DE L'AVIATION DE CHASSE	59

**GLOSSAIRE**

BA	base aérienne
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CFA	commandement des forces aériennes
DGA	direction générale de l'armement
EC	escadron de chasse
ESIS	escadron de sécurité incendie et de sauvetage
Jx	accélération longitudinale (suivant l'axe de roulis)
Jz	accélération normale (suivant l'axe de lacet)
<i>kt</i>	<i>knots</i> = nœuds (1 kt $\approx$ 1,852 km/h)
NOSA	navigateur officier systèmes d'armes
OACI	organisation de l'aviation civile internationale
SPAD	système perfectionné d'anti-dérapiage
UCB	manuel d'utilisation de l'avion Mirage 2000D
VTH	visualisation tête haute
VUPN	visite à l'unité du personnel navigant

## SYNOPSIS

Date de l'évènement : 12 mai 2016  
 Lieu de l'évènement : base aérienne (BA) 133 « Henri Jeandet » de Nancy-Ochey  
 Organisme : armée de l'air  
 Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)  
 Unité : escadron de chasse (EC) 3/3 « Ardennes »  
 Aéronef : Mirage 2000D  
 Nature du vol : vol d'entraînement  
 Nombre de personnes à bord : 2

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

Le 12 mai 2016, un Mirage 2000D se présente pour atterrir en piste 20 de la piste de Nancy-Ochey. La piste est annoncée mouillée par le contrôle aérien.

L'appareil touche la piste à 19h06, le pilote effectue un freinage aérodynamique puis pose l'atterrisseur auxiliaire<sup>1</sup>. Il constate alors l'inefficacité du freinage et éprouve des difficultés à maintenir l'aéronef dans l'axe de piste.

Il décide d'utiliser le système de freinage secours (freins 2), l'équipage ressent alors des vibrations, le freinage reste inefficace. Le pilote se concentre sur la tenue de l'axe et demande le relevage de la barrière d'arrêt. L'aéronef engage celle-ci à une vitesse inférieure à 30 kt<sup>2</sup>.

L'équipage évacue l'aéronef après l'intervention des secours.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité :

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un directeur d'enquête adjoint du BEAD-air.
- Un spécialiste des facteurs organisationnel et humain du BEAD-air.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage 2000D.
- Un mécanicien ayant une expertise sur Mirage 2000.
- Un médecin breveté de médecine aéronautique.

### Autres experts consultés

- DGA - essais propulseurs / département analyses et investigations / RESEDA.
- DGA - techniques aéronautiques (DGA TA).
- Safran Landing Systems.
- Dassault Aviation.

### Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air s'est saisi de l'évènement le vendredi 13 mai.

Le groupe d'enquête s'est réuni sur la base de Nancy-Ochey le 17 mai au matin.

<sup>1</sup> Train avant qui assure la direction de l'aéronef au roulage.

<sup>2</sup> *knots* = nœuds (1 kt ≈ 1,852 km/h).

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Indicatif mission : COMMIS 64

Type de vol : CAM I<sup>3</sup> et CAM T<sup>4</sup>

Type de mission : transformation à l'emploi du missile de croisière

Dernier point de départ : Nancy-Ochey (LFSO)

Heure de départ : 18h12

Point d'atterrissage prévu : Nancy-Ochey (LFSO)

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.1.1. Préparation du vol

La mission est planifiée à deux avions. Les deux équipages se retrouvent le 12 mai à 14h00 afin de débiter la préparation du vol. Celle-ci est principalement axée sur les éléments nécessaires au tir d'un missile de croisière. Il s'agit d'une mission d'instruction au profit du navigateur officier systèmes d'armes (NOSA) de l'aéronef équipier.

La préparation est menée par le NOSA de l'avion leader pour la partie concernant le missile de croisière et s'achève juste avant le briefing du vol.

Le briefing est effectué conformément aux procédures en vigueur.

##### 1.1.1.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

A l'issue du briefing, les deux équipages prennent en compte leur aéronef. Ils ne disposent pas d'avion de réserve en cas de panne à la mise en route.

Lors de la mise en route, l'équipage de l'avion équipier ne parvient pas à démarrer le moteur et doit donc changer d'aéronef. La mission d'instruction pouvant être validée à un seul avion, l'équipage de l'avion équipier prend l'aéronef du leader et décolle seul afin d'effectuer le vol. L'instruction au tir de missile de croisière est effectuée dans une zone réservée en moyenne altitude. A la fin du créneau de réservation, la météorologie ne permettant pas un retour en basse altitude, l'équipage décide de rentrer en moyenne altitude.

De retour dans la zone d'approche de Nancy-Ochey, le pilote commandant de bord décide d'effectuer des évolutions en moyenne altitude en attendant d'atteindre une masse avion adaptée pour réaliser l'atterrissage.

L'équipage effectue une approche guidée dite de type *precision approach radar* (PAR) en piste 20. Le contrôleur annonce que la piste est mouillée.

Le pilote voit la piste lorsque l'aéronef arrive à une hauteur de 400 ft<sup>5</sup>. Il effectue alors une correction de pente afin de pouvoir se poser dès le début de la piste.

<sup>3</sup> Circulation aérienne militaire aux instruments.

<sup>4</sup> Circulation aérienne militaire tactique.

<sup>5</sup> *feet* = pied (1 ft ≈ 0,30 mètre).

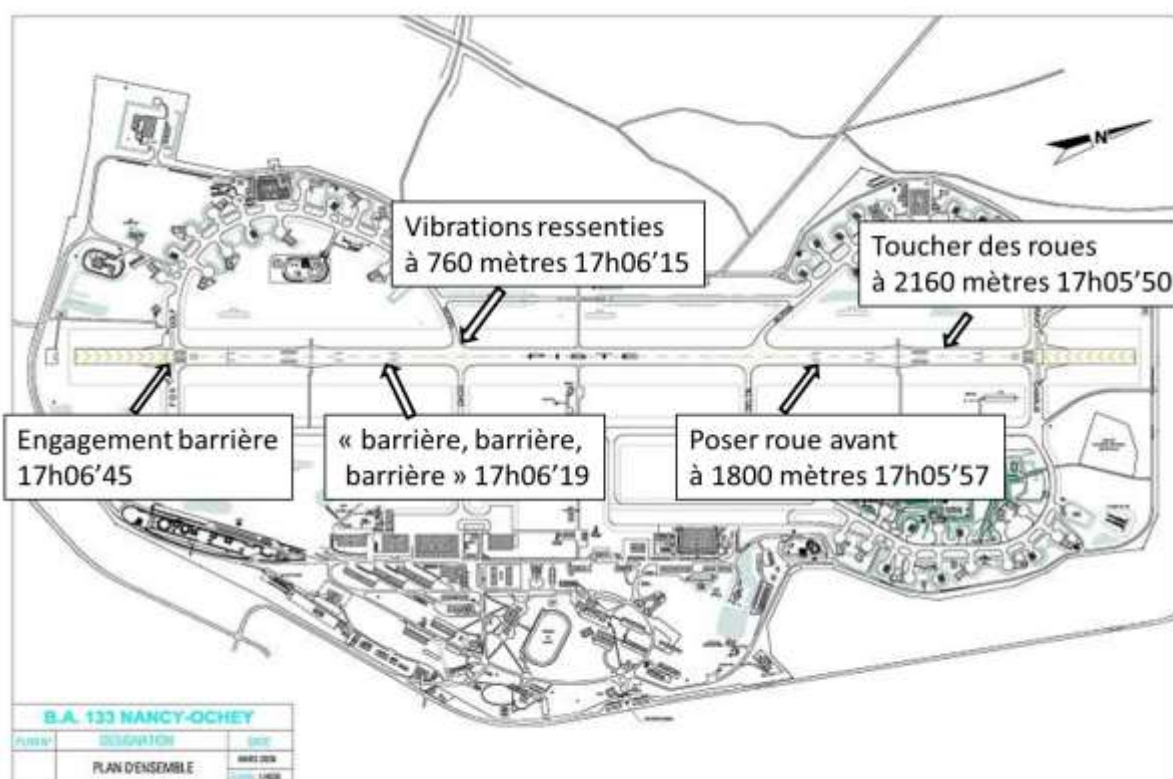
### 1.1.1.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

A 19h06, l'appareil touche la piste à 135 kt, le pilote effectue un freinage aérodynamique jusqu'à 113 kt puis pose l'atterrisseur auxiliaire et débute le freinage. Après deux tentatives, il constate l'inefficacité du freinage et éprouve des difficultés à maintenir l'aéronef dans l'axe de la piste.

Le pilote sélectionne le freinage secours appelé freins 2 (freinage sans anti-patinage) et reprend le freinage. Des vibrations sont constatées et le freinage demeure inefficace. Le pilote doit contrer un début d'embarquée à droite. Il se concentre sur la tenue de l'axe et demande le relevage de la barrière d'arrêt. Le pilote coupe la dirigéabilité<sup>6</sup> et le moteur juste avant d'engager la barrière à une vitesse inférieure à 30 kt.

Au moment de l'engagement de la barrière d'arrêt, l'appareil part légèrement sur la droite. Il s'immobilise avec un angle d'environ 70° sur la droite par rapport à l'axe de piste. Le pilote et le NOSA sécurisent leur siège et maintiennent l'écoute de la fréquence radio.

Les secours sectionnent les sangles de la barrière d'arrêt puis l'équipage évacue l'aéronef.



Positionnement des événements sur la piste par rapport à la barrière d'arrêt

### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Meurthe-et-Moselle (54)
  - commune : Ochey
  - coordonnées géographiques : N 48°34'23'' / E 005°56'57''
  - hauteur : au sol (altitude de la piste : 1 106 ft)
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Nancy-Ochey

<sup>6</sup> Système permettant de diriger le train auxiliaire à l'aide des palonniers (DIRAV).



## 1.2. Dommages aux personnes

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

## 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
M 2000D			X	

## 1.4. Autres dommages

Un certain nombre d'éléments de la barrière d'arrêt ont été endommagés :

- équipements à usage unique, le filet, la suspension et les deux libérateurs ont été remplacés ;
- deux harnais de poteau pneumatique ont été changés ;
- un poteau pneumatique a dû être remplacé ;
- le bâti de relevage gauche a été endommagé (butée et équerres tordues, rouleau de vérin bloqué).

## 1.5. Renseignements sur le personnel

### 1.5.1. Commandant de bord

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : EC 3/3 « Ardennes »
- Fonction dans l'unité : membre de la cellule instruction
- Formation :
  - qualification : sous-chef de patrouille
  - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC) de Tours
  - année de sortie d'école : 2004
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont M 2000D	sur tout type	dont M 2000D	sur tout type	dont M 2000D
Total (h)	2 000	900	170	170	6	6

- Date du dernier vol sur M 2000D : 11 mai 2016
- Carte de circulation aérienne :
  - type : carte verte
  - date d'expiration : 15 novembre 2016

## 1.5.2. Navigateur officier systèmes d'armes

- Age : 24 ans
- Unité d'affectation : EC 3/3 « Ardennes »
- Fonction dans l'unité : membre de la cellule instruction
- Formation :
  - qualification : navigateur de combat
  - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC) de Tours
  - année de sortie d'école : 2014
- Heures de vol comme NOSA :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont M 2000D	sur tout type	dont M 2000D	sur tout type	dont M 2000D
Total (h)	600	300	67	67	26	26

- Date du dernier vol sur M 2000D : 11 mai 2016

## 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement d'appartenance : commandement des forces aériennes (CFA)
- Base aérienne de stationnement : BA 133 « Henri Jeandet » de Nancy-Ochey
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 2E-003 « Malzeville »
- Type d'aéronef : Mirage 2000D
  - configuration : Fox (un réservoir pendulaire largable de 1 500 litres) et un lance missile LM2255 à droite
  - armement : une maquette inerte de missile MAGIC 2
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	M 2000D	638	4 272	GV1 <sup>7</sup> : 1 441	VP <sup>8</sup> : 449
Moteur	M53-P2	60389	4 867	RG <sup>9</sup> : 124	

## 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur dans l'armée de l'air.

<sup>7</sup> GV1 = première grande visite.

<sup>8</sup> VP = visite périodique.

<sup>9</sup> RG = révision générale.

### 1.6.2. Performances

Les distances de freinage calculées dans les conditions météorologiques et de masse avion de l'évènement sont :

- 800 mètres pour une piste sèche ;
- 1 200 mètres pour une piste mouillée ;
- 1 900 mètres pour une piste inondée.

Ces performances sont calculées avec un freinage maximal (énergie normale), sans utilisation du parachute frein et avec application du manche à cabrer.

### 1.6.3. Masse et centrage

Au moment de l'évènement, la masse avion est de 9 830 kg. Le centrage est dans les normes.

### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 4 100 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 1 100kg

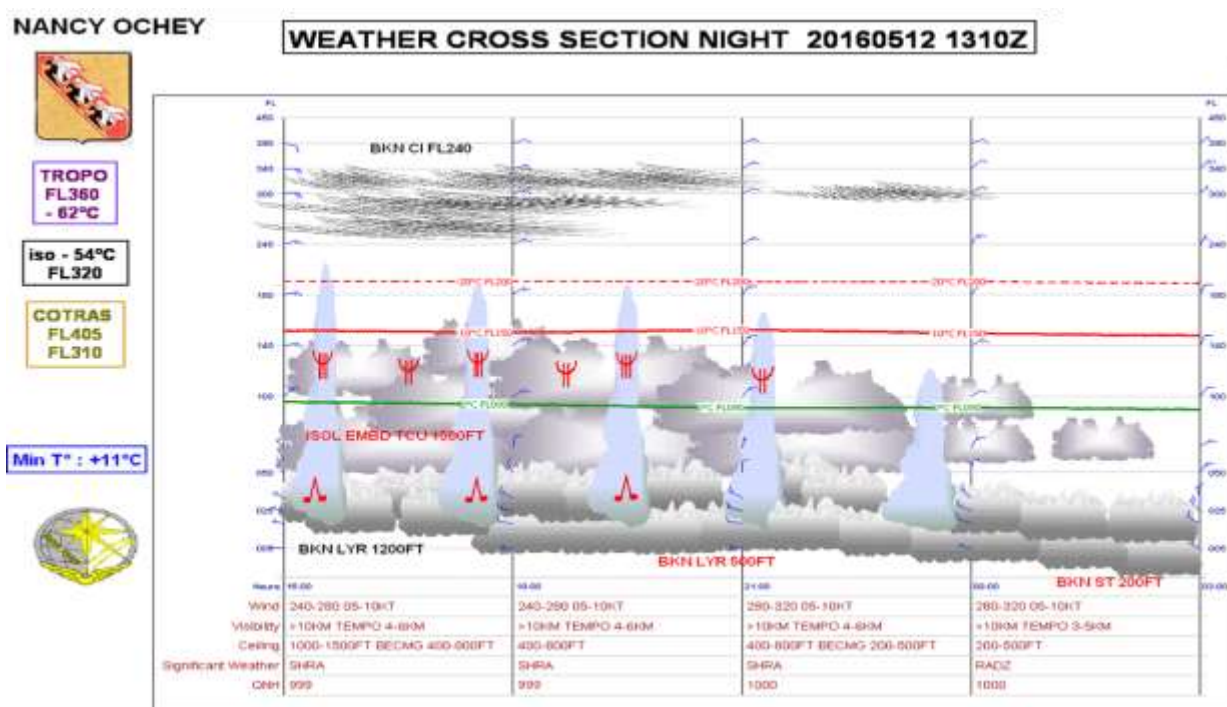
### 1.6.5. Autres fluides

Freinage : liquide hydraulique de type H-515.

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions

Le service météorologique de la BA 133 prévoyait la coupe terrain suivante :



Coupe météorologique vol de nuit du terrain de Nancy-Ochey (12 mai 2016)

1.7.2. Observations

Le METAR<sup>10</sup> de 19h indique un vent du 310° pour 4 kt, une visibilité à 3 300 mètres, de la pluie faible avec de la brume, quelques nuages à 1 700 ft, des nuages fragmentés à 2 600 ft et une couche nuageuse uniforme à 3 700 ft avec des cumulus bourgeonnants.

Le centre météorologique air dispose de relevés de précipitations mesurées près de la tour de contrôle. Un relevé est fait automatiquement toutes les six minutes et est présenté sous la forme d'un tableau. En parallèle, les paramètres mesurés, issus du calculateur d'observation COBALT<sup>11</sup> sont retranscrits sur un carnet d'observation par l'observateur du service météorologique. Cette retranscription indique un début des précipitations à 18h10 et une fin à 20h55. Les précipitations les plus marquées se situent entre 18h12 et 19h48. Dans ce créneau, 5 mm de précipitations se sont cumulé.

DATE : *Jeu. 12 mai 2016*

Heure du relevé	Vent			Visibilité (POM)		Phénomènes		Précipitations		Temps			Nuages					
	Direction rose de 36	Vitesse (kt)	Vitesse max. instantanée (kt)	Indication d'instrument (m)	Visibilité estimée (m)	Troubles de la visibilité	Autre	Précipitations	Hauteur RR (1/10 mm)	Cumul tri-heure	ww	w1	w2	N	Nh	Cl	Cx	Cy
00	02	03	04	0608		40			Nt	006								
01						40				002								
02						27	fa			Nt								
03	10	01	01	4261		40				Nt								
04						30				Nt								
05						12				Nt								
06	20	03	03	14746		05				014	014							
07									fa	004								
08										016								
09	21	04	05	43126						004	024							
10										Nt								
11										Nt								
12	20	02	03	>60000						Nt	Nt							
13						30				004								
14						25				004								
15	33	02	03	>60000						Nt	008							
16										Nt								
17										010								
18	23	03	04	13431						014	044							
19										006								
20						55												
21	33	02	02	3760							026							
22																		
23																		
00																		

Retranscription manuelle des paramètres mesurés par le calculateur COBALT

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

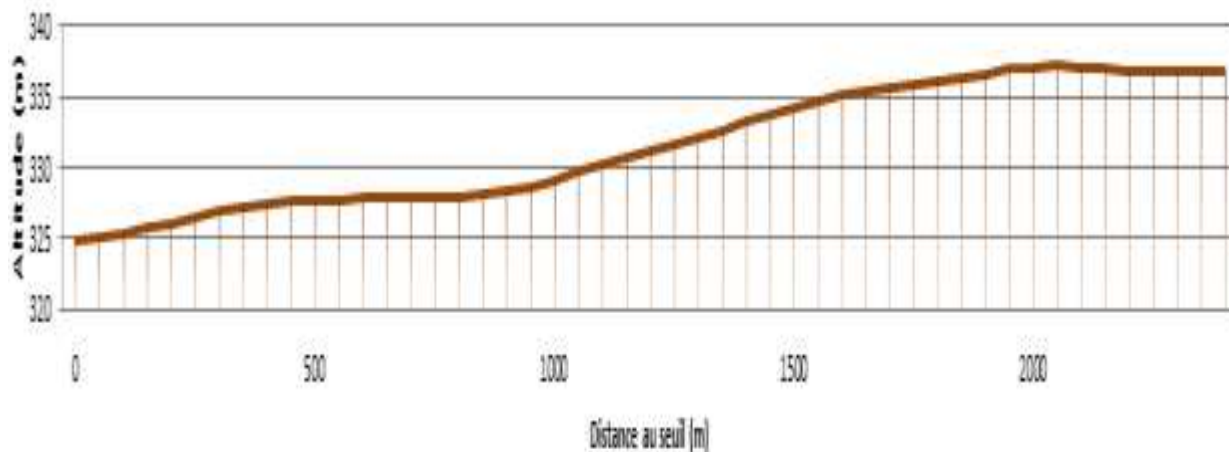
Au moment de l'évènement, l'équipage est en contact radio avec la tour de contrôle de la base aérienne de Nancy.

<sup>10</sup> Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation.

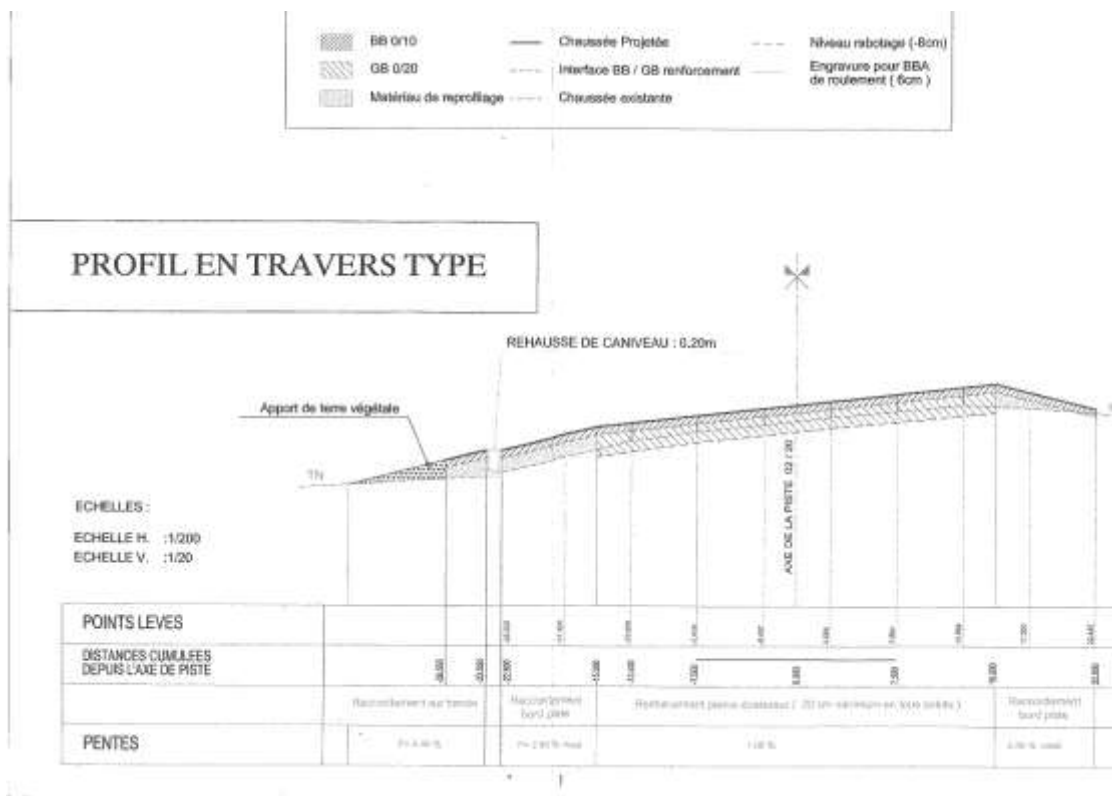
<sup>11</sup> Calculateur d'observation automatique local terrestre.

### 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Nancy-Ochey dispose d'une piste de 2 400 mètres de longueur et de 45 mètres de largeur (orientation 019° / 199° géographique). Chaque extrémité dispose d'un prolongement d'arrêt (PA) d'une longueur de 275 mètres. La piste de Nancy-Ochey présente la particularité d'avoir un profil avec une pente moyenne positive dans le sens longitudinal (axe de la piste 20 utilisée lors de l'évènement). Le seuil de la piste 20 se situe à une altitude de 324 mètres alors que la fin de la piste est à une altitude de 336 mètres. Dans le plan transverse, une pente d'environ 1% descendant vers l'ouest amène les eaux de précipitation vers un caniveau.



Profil longitudinal de la piste 20 de Nancy-Ochey



Profil transverse type de la piste de Nancy-Ochey

Chaque extrémité est équipée d'une barrière d'arrêt de type 5 (filets F40, frein BLISS, relevage T5). La distance entre les deux barrières d'arrêt est de 2 436 mètres. Ce système est conçu pour stopper un aéronef de 40 tonnes à une vitesse de 190 kt.

### 1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil est équipé d'un enregistreur d'accident à mémoires statiques de type « ESPAR ». La visualisation tête haute (VTH) ainsi que les conversations et signaux sonores sont enregistrés sur bande magnétique au format HI-8.

### 1.12. Renseignements sur la zone d'impact et sur l'aéronef

#### 1.12.1. Examen de la zone

L'aéronef s'immobilise sur la partie droite de la piste, à 70° de l'axe de la piste.



Aéronef immobilisé dans la barrière d'arrêt

#### 1.12.2. Examen de l'aéronef

Les dommages constatés sur l'appareil sont consécutifs à l'éclatement des pneumatiques ainsi qu'à l'engagement de la barrière.

L'entrée d'air gauche est déformée. Le phare d'atterrissage gauche est cassé, son support est tordu. La trappe bouclier du train auxiliaire est déformée.



Entrée d'air gauche

Des traces de frottement sont constatées sur le bec interne gauche. Il est désaligné par rapport au bord d'attaque. La sonde de pression totale gauche est arrachée, la sonde d'incidence gauche est cassée.



Bec interne gauche désaligné du bord d'attaque de la voilure



Sonde pression totale gauche arrachée et sonde incidence gauche cassée

La sonde d'incidence droite est cassée. Des morceaux du filet d'arrêt sont encastrés dans l'embase de la perche de ravitaillement en vol.



Embase perche de ravitaillement en vol et sonde incidence droite

D'importantes traces de frottement du filet d'arrêt sont constatées sur le pare-brise et les verrières arrière et avant.



Verrière avant



Deux méplats rapprochés sont constatés sur la roue gauche, dont un ayant percé le pneumatique. Sur la roue droite, on constate deux méplats espacés de 20 cm dont un ayant percé le pneumatique.



Roue gauche



Roue droite

La commande de sortie du parachute est en position rentré (le parachute est dans son logement). Le sélecteur de frein est en position freins 2 (cache relevé et sélecteur basculé).

### **1.13. Renseignements médicaux et pathologiques**

#### 1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
  - type : visite à l'unité du personnel navigant (VUPN)
  - date : 20 avril 2016
  - résultat : apte
  - validité : 31 octobre 2016
  - CEMPN : 31 octobre 2016
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

#### 1.13.2. Navigateur officier systèmes d'armes

- Dernier examen médical :
  - type : VUPN
  - date : 07 mars 2016
  - résultat : apte
  - validité : 30 septembre 2016
  - CEMPN : 30 septembre 2016
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

### **1.14. Incendie**

Néant.

## 1.15. Questions relatives à la survie des occupants

### 1.15.1. Abandon de bord

Sans objet.

### 1.15.2. Engagement du système d'arrêt

Le relevage de la barrière a été commandé par le contrôleur de vigie manuellement sur demande du pilote. La vitesse d'engagement ne peut être définie précisément mais est inférieure à 30 kt (la disparition de l'information de vitesse en VTH indique que la vitesse indiquée est inférieure à 30 kt). Les informations de la VTH indiquent qu'au moment de l'engagement l'aéronef est légèrement à droite de l'axe (moins de 3 mètres) avec une route divergente d'environ 4°.

Suite à l'engagement de la barrière, le libérateur droit n'a pas fonctionné, maintenant sous tension la partie droite du filet d'arrêt. Le fonctionnement nominal du libérateur est prévu entre 3 700 et 5 000 daN.



Vue de l'aéronef depuis le bâti de relevage gauche

### 1.15.3. Organisation des secours

A 19h06, le « klaxon crash » retentit à l'escadron de sécurité incendie et de sauvetage (ESIS). Les moyens de cette unité sont engagés et arrivent sur les lieux de l'évènement à 19h09.

Pendant la mise en place des pompiers, l'équipage sollicite la tour de contrôle afin d'obtenir la fréquence des secours. L'équipage, après autorisation du contrôle, passe sur la fréquence des secours.

Le chef des secours effectue une reconnaissance et constate la présence de carburant sous l'aéronef et l'éclatement des pneumatiques des trains principaux.

Il sécurise partiellement l'aéronef. Compte tenu de la tension résiduelle de la barrière d'arrêt, le parachute frein et le réservoir pendulaire n'ont pas été sécurisés (risque jugé trop important).

Après la mise en place des échelles, des sangles du filet de la barrière d'arrêt sont coupées afin de libérer les verrières.

A 19h20, le pilote et le navigateur ont évacué l'aéronef.

A 19h30, l'équipe « crash<sup>12</sup> » arrive sur place et attend la mise hors tension de la barrière d'arrêt afin d'intervenir sur l'aéronef et sécuriser complètement l'aéronef.

L'équipage est reçu par le médecin d'astreinte à 19h45 dans les locaux de l'EC 3/3 « Ardennes ».

## 1.16. Essais et recherches

Afin de mettre en évidence une éventuelle défaillance d'un des éléments du circuit de freinage, ceux-ci ont été testés localement.

Les génératrices tachymétriques ainsi que les servo distributeurs de freinage ont fait l'objet d'examen complémentaires chez l'industriel (Safran Landing Systems).

Les roues des trains d'atterrissage principaux et auxiliaire ont été expertisées chez DGA TA.

## 1.17. Renseignements sur les organismes

L'EC 3/3 « Ardennes » est une unité du CFA positionnée sur la BA 133 « commandant Henry Jeandet ». Elle est placée sous l'autorité du commandant de la 3<sup>ème</sup> escadre de chasse qui est chargée de conduire l'activité nécessaire à leur préparation et à leur engagement.

## 1.18. Renseignements supplémentaires

### 1.18.1. Le système de freinage

Les freins du Mirage 2000 peuvent être actionnés par deux circuits distincts commandés tous deux par l'enfoncement des pédales du palonnier.

Le circuit normal, avec contrôleur de freinage SPAD<sup>13</sup> agit par l'intermédiaire du distributeur normal et des servo-valves SPAD sur un premier jeu de pistons actionnant les freins. Le SPAD est un dispositif qui limite les pressions de freinage normal afin d'obtenir, si la demande du pilote est suffisante, un glissement allant de 11% à grande vitesse à 100% à basse vitesse, correspondant à la meilleure adhérence du pneu.

Le circuit de secours agit par l'intermédiaire du distributeur secours sur un deuxième jeu de pistons. Le passage sur circuit secours peut s'effectuer automatiquement en cas de chute de pression dans le circuit normal ou manuellement par l'utilisation d'un inverseur freins qui permet d'imposer le circuit secours. Dans le cas d'un passage manuel, les freins doivent être relâchés pendant deux secondes afin d'éviter un blocage des roues.

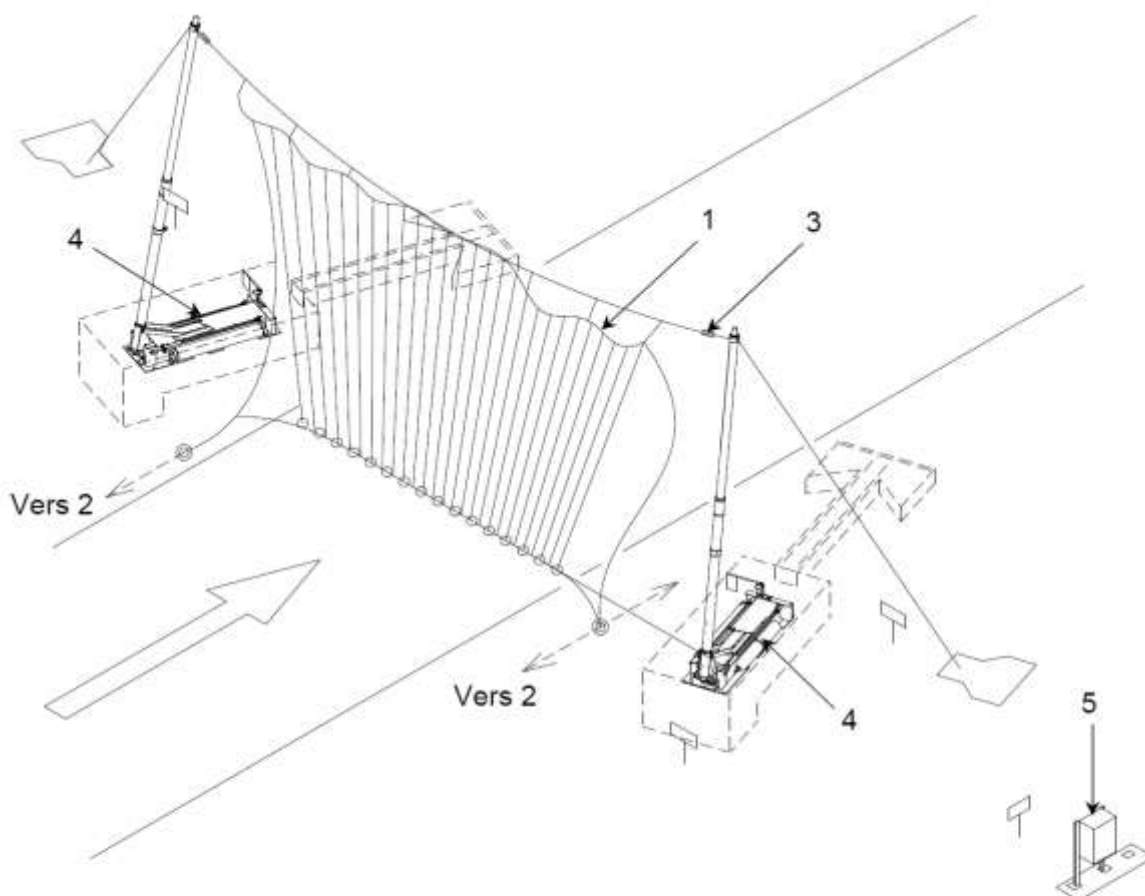
<sup>12</sup> Equipe de mécaniciens disposant de matériels et de moyens permettant de sécuriser et d'évacuer un aéronef.

<sup>13</sup> Système perfectionné d'anti-dérapiage.

### 1.18.2 Le système d'arrêt

Le système d'arrêt est implanté en extrémité de piste et en amont du prolongement d'arrêt (PA). Il est constitué d'un système de relevage type 5 et d'un filet équipé F40-5-M12.

Il permet d'arrêter un aéronef d'une masse maximale de 40 tonnes engageant le système jusqu'à 190 kt. Le relevage du système peut être commandé automatiquement (détection d'une vitesse supérieure à 30 kt par des cellules placées en amont) ou manuellement par le contrôleur aérien.



- |    |   |                           |
|----|---|---------------------------|
| 1- | Filet à éléments multiples (F30 ou F40) ; Qté : 1 | } Système d'arrêt complet |
| 2- | Dispositif de freinage (voir nota) ; Qté : 2      |                           |
| 3- | Libérateur textile ; Qté : 2                      |                           |
| 4- | Dispositif de relevage type 5 ; Qté : 2           |                           |
| 5- | Télécommande ; Qté : 1                            |                           |

Schéma de principe du système d'arrêt

Une fois le système relevé, l'aéronef engage le filet. L'énergie de l'aéronef permet la rupture des deux libérateurs textiles, la majorité de l'énergie étant absorbée par le dispositif de freinage.

### 1.18.3 Aquaplaning

La littérature générale définit trois types d'aquaplaning :

- **l'aquaplaning visqueux** peut se produire au freinage, lors d'un décollage interrompu ou lors du roulage après atterrissage. Il est typique des pistes humides ou mouillées ou de pistes recouvertes de glace mouillée. Une fois amorcé, il peut persister jusqu'à de très faibles vitesses. Il faut toutefois que la surface de la piste soit particulièrement lisse, ce qui peut être le cas des zones recouvertes d'une épaisse couche de caoutchouc déposée par les pneus lors du toucher des roues ou rendues lisses sous l'effet de la circulation ;
- **l'aquaplaning dynamique** se produit au-delà d'une vitesse critique qui est fonction de la pression de gonflage des pneus. Ce type d'aquaplaning est dû à l'inertie de l'eau : la pression dirigée vers le bas (pression de gonflage du pneu) est insuffisante pour chasser l'eau qui s'interpose entre la piste et le pneu pendant la brève période où elle s'exerce. Plus grande sera cette pression, plus élevée sera la vitesse à laquelle se produira l'aquaplaning dynamique. Enfin, l'aquaplaning dynamique se manifeste aux vitesses les plus élevées atteintes lors du roulage à l'atterrissage ou au décollage. On a par ailleurs constaté qu'il suffit d'une nappe d'eau stagnante de 0,5 mm pour qu'il se produise ;
- **l'aquaplaning par dévulcanisation du caoutchouc**. A la suite d'incidents au cours desquels ce phénomène a été constaté, des traces blanches caractéristiques du « nettoyage à la vapeur » ont été observées sur la surface de la piste. Ce type d'aquaplaning peut se produire dans tous les cas et à toutes les vitesses où une roue (freinée ou non) reste bloquée pendant une période de temps prolongée. Ce type d'aquaplaning était plus usuel avant la généralisation des systèmes « anti-skid ». Généralement, ce phénomène ne se produit sur les appareils équipés « d'anti-skid » que lorsque le freinage secours est utilisé.

### 1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

PAS DE TEXTE

## 2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en quatre parties. La première résume les résultats des différentes expertises. La deuxième détaille la séquence de l'évènement. La troisième recherche les causes de l'incident. La quatrième précise les conditions d'intervention des secours.

### 2.1. Expertises

#### 2.1.1. Expertise du circuit de freinage

L'ensemble des éléments du circuit de freinage a été vérifié et testé localement sur la base aérienne de Nancy-Ochey. Les tests des génératrices tachymétriques ont révélé des valeurs légèrement en-dehors des tolérances.

Afin de compléter les recherches effectuées localement, des expertises complémentaires ont été réalisées chez Safran Landing System. Il en ressort que :

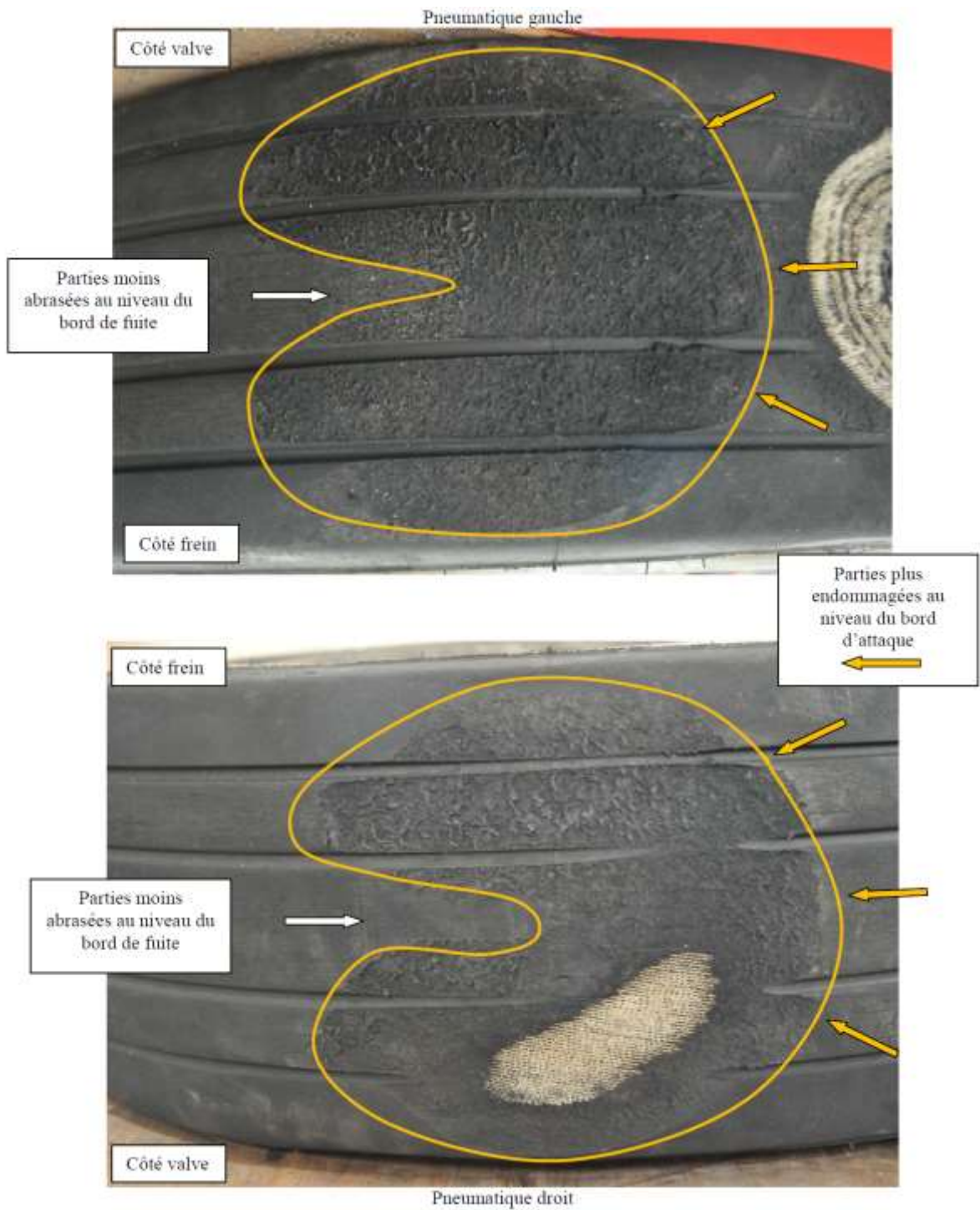
- les servo-distributeurs gauche et droit fonctionnent normalement ;
- bien que certains paramètres mesurés soient légèrement hors tolérance ou que la lecture de ces paramètres soit sujette à des erreurs d'interprétation, le fonctionnement des génératrices tachymétriques n'a pas eu d'incidence sur les performances de freinage.

**Le circuit de freinage fonctionne correctement.**

#### 2.1.2. Expertise des roues du train principal et du train auxiliaire

L'expertise a pour objectif de déterminer l'origine des endommagements subis par les pneumatiques et les roues.

Le premier examen visuel montre des endommagements similaires sur les deux pneumatiques. Les bandes de roulement présentent chacune deux plats, dont un ayant perforé le pneumatique.



Ces deux marques en forme de fer à cheval présentent une usure plus importante au niveau des bords d'attaque et traduisent un phénomène d'aquaplaning sur une roue bloquée. On note une empreinte plus importante sur le pneumatique droit.



Pneumatique gauchePneumatique droit

Ces dommages de forme ovale avec une usure plus importante au centre sont liés à un freinage à haute énergie (énergie suffisante pour bloquer les roues sur le revêtement de la piste).

Les deux roues auxiliaires n'ont pas de dommage apparent.

**Les pneumatiques du train principal ont d'abord subi un phénomène d'aquaplaning (sur roues bloquées), puis un perçage typique des freinages à haute énergie.**

### 2.1.3. Caractéristiques et état de la piste

L'adhérence de la piste a fait l'objet d'une campagne de mesure en 2015. Les résultats sont dans la norme, mais la zone située entre 200 et 300 mètres montre des résultats plutôt faibles, proches des limites. Cette faiblesse ressortait déjà dans le rapport de la campagne effectuée en 2013.

Bien que les résultats de la campagne de mesure effectuée en 2015 n'imposaient pas une maintenance corrective, des travaux de dégommage ont été planifiés et effectués de manière préventive en 2016 après l'évènement.

Des suintements de surface ont fait l'objet d'études en 2002 et 2010. Ces suintements se traduisaient par la présence de flaques d'eau sur la couche de roulement de la piste principale même en cas de temps sec.

En août 2015 des travaux curatifs sur le drainage ont été réalisés. Il s'agissait de déboucher le drainage et de le restaurer partiellement. La piste devant être rénovée en 2019-2020, seule des interventions curatives sont réalisées sur le drainage.

Dans son document 9157 « *aerodrome standards* » tiré de l'annexe 14, l'OACI définit les caractéristiques des pistes aéronautiques. Ce document sert de référence pour la conception des aérodromes (instruction 1250 de la DIRCAM<sup>14</sup>) et s'applique aux constructions nouvelles ainsi qu'aux modifications des infrastructures existantes.

<sup>14</sup> Direction de la Circulation Aérienne Militaire.

Ce document décrit le profil transverse de la piste qui doit être bombé ou avec une pente descendant dans le sens du vent le plus fréquemment associé aux pluies afin d'assurer un drainage rapide. Cette pente doit être idéalement de 1.5% et ne doit pas être inférieure à 1%. La piste de Nancy-Ochey est caractérisée par une pente transverse de 1% pour la majorité de la piste. Pour les seuils de piste (02 et 20) celle-ci est même inférieure à 1% (0.93% et 0.97%). Les vents dominants sur la plateforme sont du sud-ouest (220°), et accompagnent généralement les pluies. Le vent dominant est opposé à la pente de la piste, et s'oppose donc à l'écoulement des eaux. Au moment de l'évènement le vent est du 310° pour 4 à 6 kt.

La photo suivante, issue de la vidéo d'un décollage en piste 20, illustre comment l'eau s'écoule sur la piste (pente transversale et longitudinale).

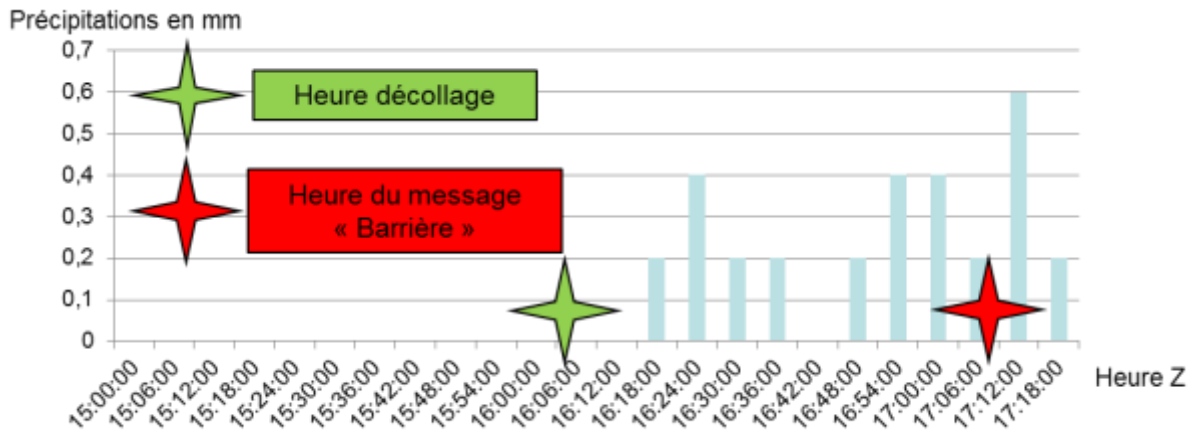


Écoulement en diagonale de l'eau sur la piste 20

**Les caractéristiques de la piste ne répondent pas à la réglementation de l'OACI. Elles ne permettent pas un drainage efficace des eaux.**

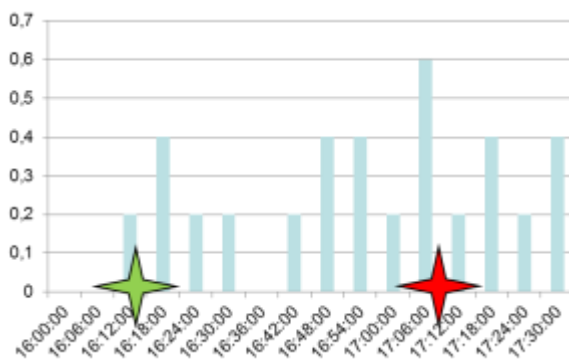
2.1.4. Estimation de la contamination de la piste au moment de l'évènement

La pluviométrie enregistrée toutes les six minutes permet d'établir le graphe suivant :

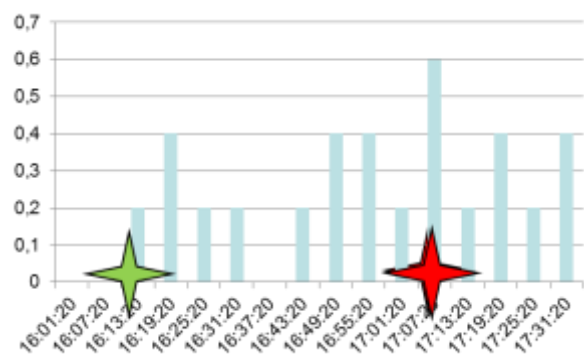


Pluviométrie mesurée près de la tour de contrôle

La piste et la tour de contrôle étant espacées de 650 mètres, il est nécessaire de prendre en compte le vent (direction et vitesse) pour placer précisément le décollage et l'évènement sur le graphe. Le vent sur la période considérée est du 310° pour 4 à 6 kt.



Prise en compte de 4 kt de vent



Prise en compte de 6 kt de vent

Les images de la VTH enregistrées lors du décollage montrent qu'il pleut et que la piste est déjà mouillée, ce qui valide la prise en compte du vent dans la pluviométrie estimée supra (vent de 4 ou 5 kt).

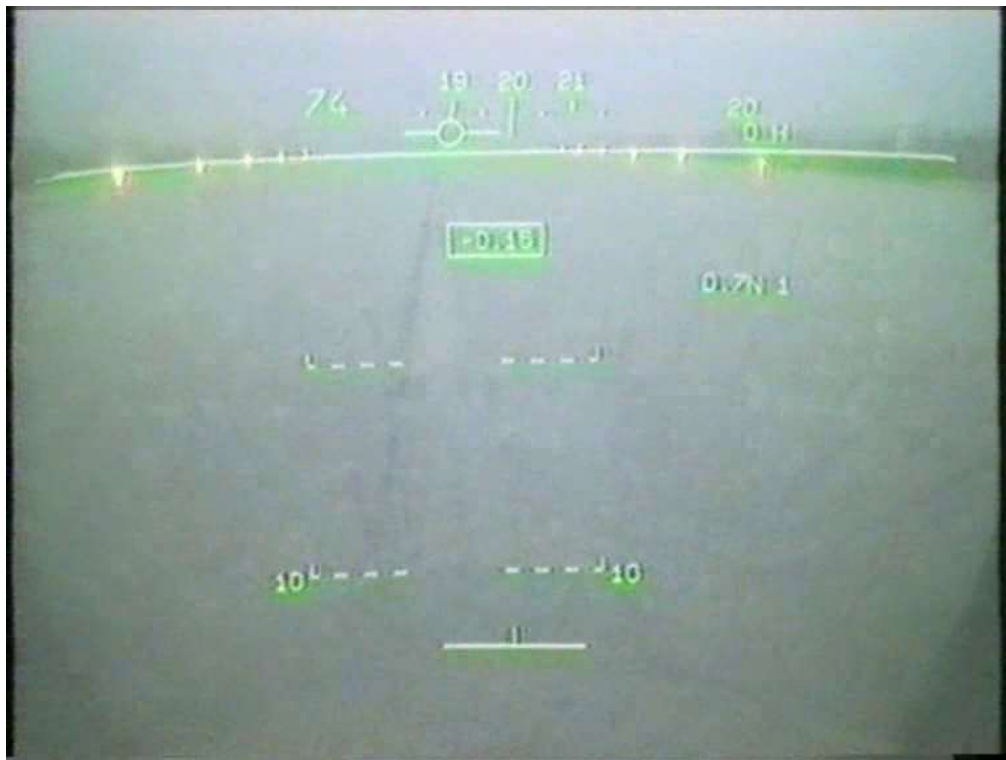


Image de la VTH à l'atterrissage

La vidéo de la VTH à l'atterrissage indique qu'il pleut abondamment et que le marquage au sol est très peu visible. La piste a l'apparence d'un miroir, ce qui indique un niveau de contamination de la piste très élevé.

**Au moment de l'évènement, la piste subit un pic de pluviométrie qui s'additionne avec les pluies tombées dans l'heure qui précède. La piste a alors un aspect miroir qui témoigne d'un niveau élevé de contamination.**

#### 2.1.5. Procédure d'évaluation de la contamination de la piste par les contrôleurs aériens

Conformément aux procédures de la circulation aérienne militaire et au REEC<sup>15</sup>, l'état de la surface de la piste doit être transmis à l'équipage à l'arrivée.

Un contrôle de l'état de la piste est effectué à l'ouverture de la plateforme, à la mi-journée et avant le vol de nuit. Le chef de quart peut décider d'effectuer des contrôles supplémentaires en fonction des circonstances. Le jour de l'évènement le dernier contrôle a été effectué à 16h30.

L'estimation de la contamination est réalisée à vue, par un essai de freinage avec un véhicule ou par la prise en compte des informations transmises par les équipages.

<sup>15</sup> Répertoire d'emploi des ESCA (escadron des services de la circulation aérienne) et CMC (centre militaire de contrôle).

Le jour de l'évènement, en l'absence d'aéronef se posant immédiatement avant, l'estimation des conditions de freinage n'a pu être réactualisée. La tour de contrôle étant située à l'est et les averses de pluie arrivant par l'ouest, il est alors difficile d'anticiper une dégradation de l'état de la piste et de qualifier de manière objective l'état de la piste (humide, mouillée ou inondée). Lorsque l'équipage se présente à l'atterrissage, le contrôleur annonce que la piste est mouillée. L'UCB précise qu'en cas de piste inondée ou glissante, la procédure de freinage normal doit être appliquée et accompagnée de la sortie du parachute frein. L'absence de vision objective de l'état de la piste n'a pas permis d'anticiper la sortie du parachute.

**La faiblesse des moyens d'évaluation de l'état de la piste est à l'origine de l'application d'une procédure inadaptée.**

#### 2.1.6. Exploitation de l'enregistreur « ESPAR » et des performances de l'appareil

##### 2.1.6.1. Phase de freinage avec anti-skid (freinage dit « normal »)

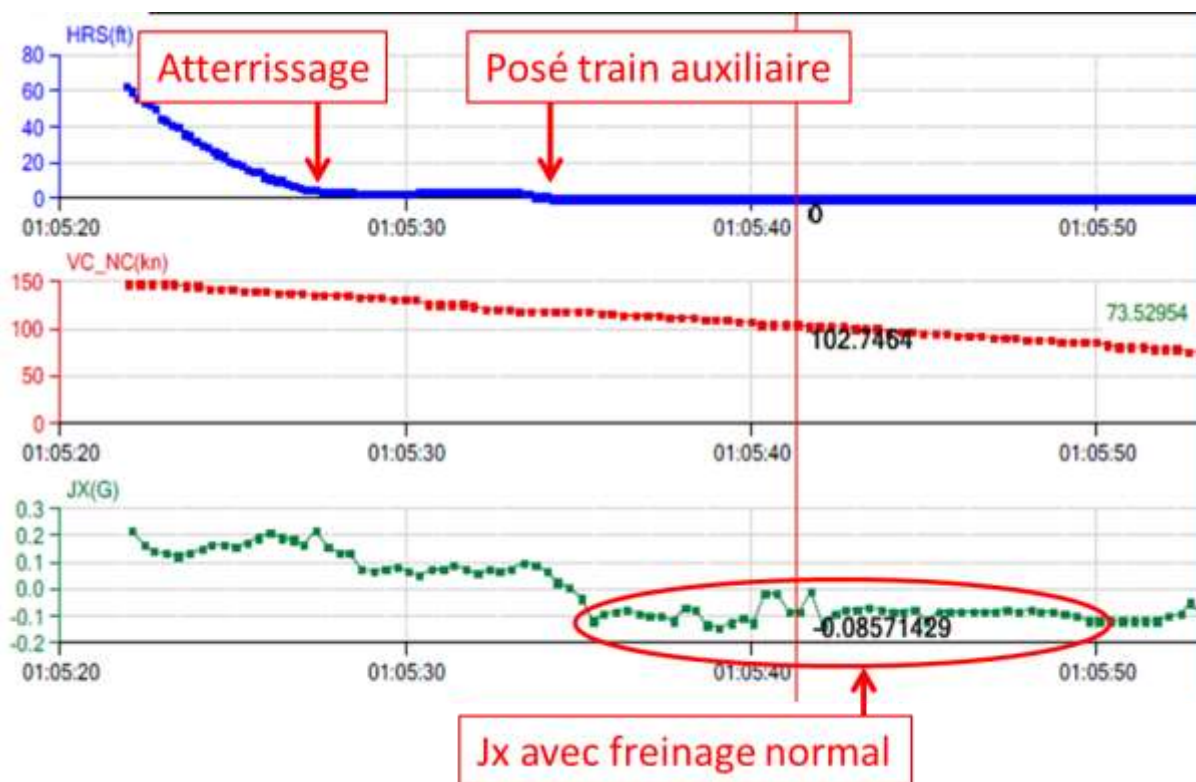
Les performances, calculées par Dassault Aviation dans les conditions de l'évènement (sans l'utilisation du parachute frein) montrent que la longueur de roulement jusqu'à l'arrêt est de 1 700 mètres avec manche à cabrer afin de générer un phénomène d'hyposustentation<sup>16</sup> et de 2 500 mètres sans manche à cabrer. Lors de l'évènement, le pilote effectue un freinage sans manche à cabrer. Or, la longueur de piste utilisable jusqu'à la barrière d'arrêt est de 2 400 mètres.

**Compte tenu des conditions du moment, la méthode de freinage utilisée lors de l'évènement ne permettait pas l'arrêt de l'aéronef avant la barrière d'arrêt.**

Le  $J_x$ <sup>17</sup> obtenu durant cette phase est de -0.12 à 100kt. Bien que très faible, il est cohérent avec un freinage sur piste mouillée sans manche à cabrer (absence d'hyposustentation).

<sup>16</sup> L'hyposustentation consiste à appliquer une commande de la profondeur en position arrière après avoir posé le train auxiliaire et débuté l'action sur les freins. Cette manœuvre permet de relever les élévons (gouverne en fin d'aile combinant les commandes de profondeur et de gauchissement), donc d'obtenir un freinage aérodynamique et de « plaquer » l'aéronef au sol.

<sup>17</sup> Accélération longitudinale (suivant l'axe de roulis).



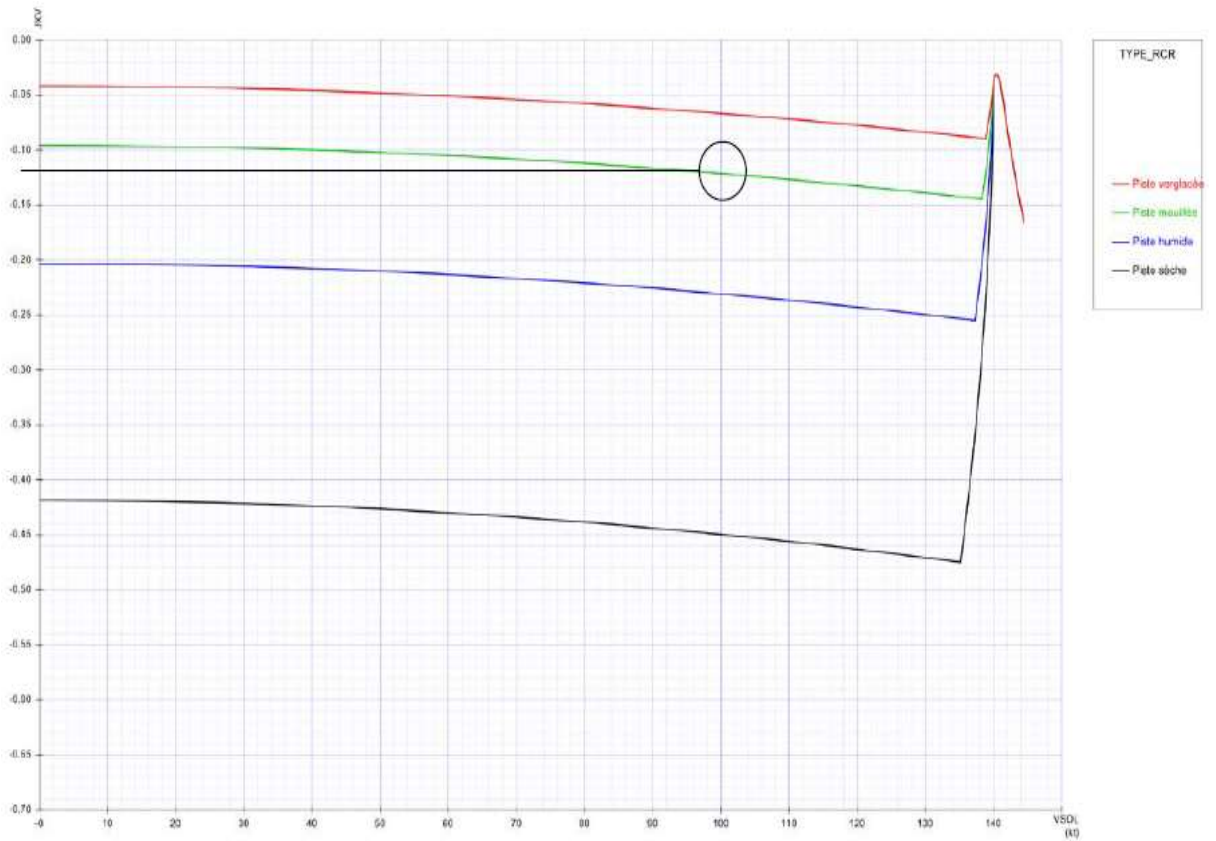
Paramètres aéronef lors du freinage normal

A noter que dans les mêmes conditions le Jx aurait été de -0.22 à 100 kt si le pilote avait appliqué l'hyposustentation.

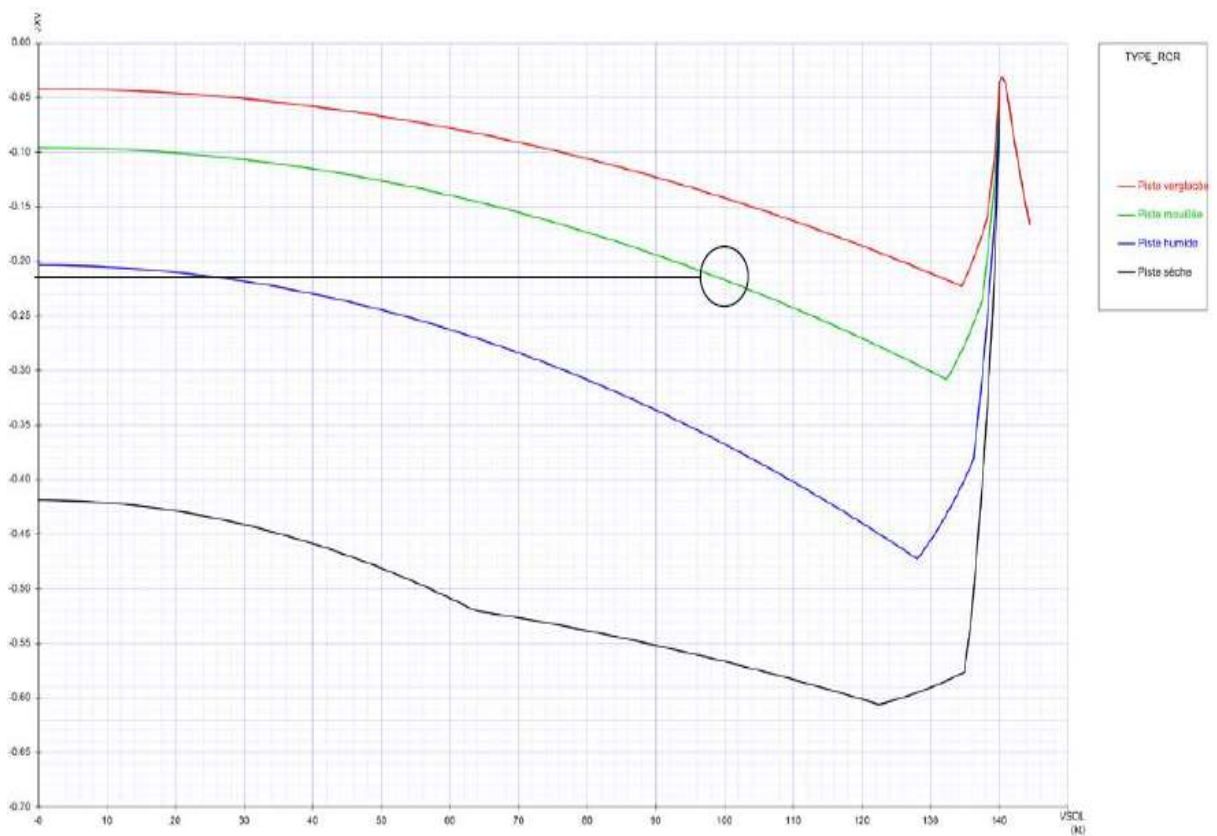
Le pilote, pendant cette phase, est surpris par la faiblesse du freinage.

**L'équipage assimile les faibles performances du freinage à une panne de freinage normal de l'appareil alors que les performances sont cohérentes avec les conditions du moment.**

Les équipages s'appuient sur l'information de Jx pour évaluer et doser le freinage de l'aéronef. En procédure de freinage normal, la consigne est de doser le freinage en maintenant le Jx entre -0.2 et -0.3. Toutefois les performances de freinage varient fortement en fonction de l'état de la piste. Comme l'indiquent les deux graphiques suivants, les valeurs de Jx au freinage sont divisées par deux à chaque changement d'état de la piste (sèche, humide, mouillée, verglacée).



Evolution du  $J_x$  en fonction de la vitesse dans les conditions de l'évènement

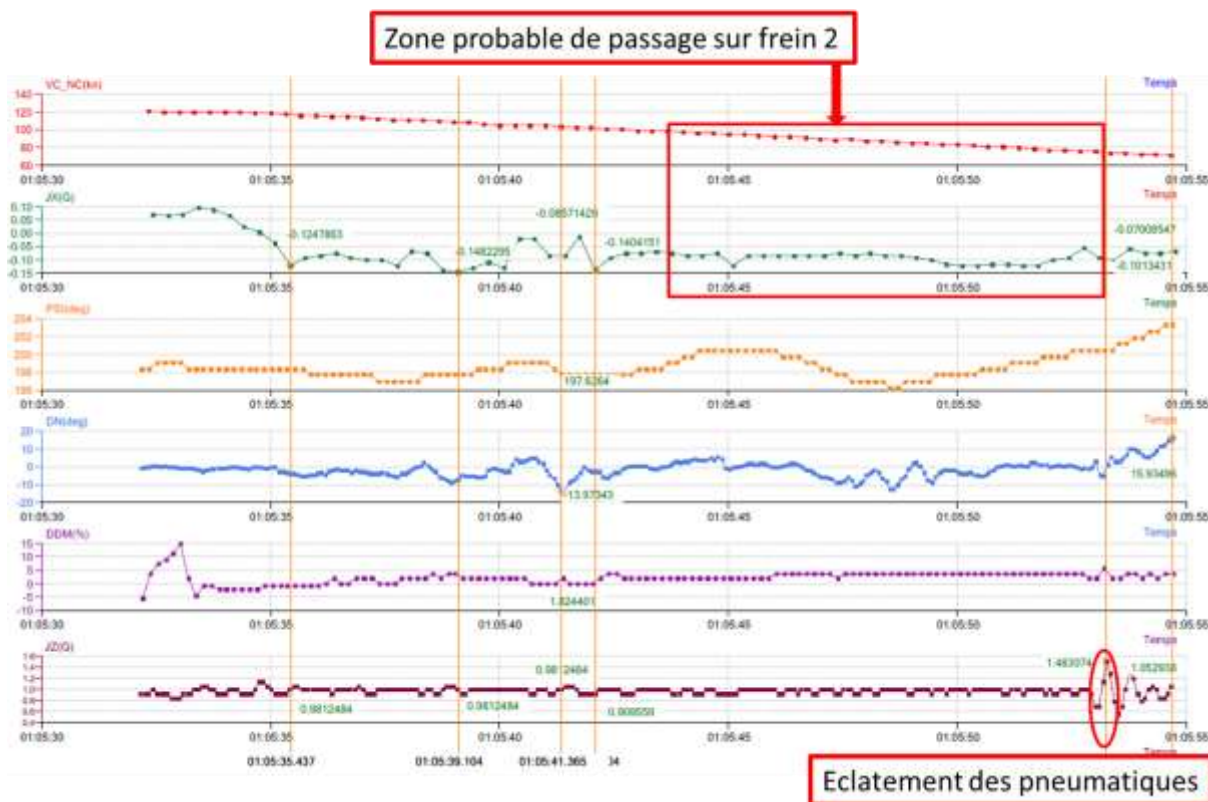


Evolution du  $J_x$  en fonction de la vitesse dans les conditions de l'évènement avec hyposustentation

**Les performances au freinage (Jx) sont divisées par deux à chaque changement de niveau de dégradation de l'état de la piste (sèche, humide, mouillée, verglacée).**

### 2.1.6.2. Phase de freinage sur freins 2

L'enregistreur de paramètres ne permet pas d'identifier le moment du passage sur freins 2 par le pilote. Toutefois, l'analyse des échanges entre le pilote et le NOSA permet de situer celui-ci à une vitesse inférieure à 100 kt et avant l'éclatement des pneumatiques matérialisé par la forte variation enregistrée en Jz<sup>18</sup>.



Zone de passage sur freins 2

Face à la faiblesse du freinage, l'équipage décide de passer sur freins 2. La visualisation de la VTH et l'analyse de l'enregistreur montrent que l'action sur les freins n'a pas été arrêtée (ou de manière très brève) au moment du passage sur freins 2. L'absence ou quasi-absence de relâchement du freinage (les procédures prévoient un relâchement de 2 secondes) a probablement provoqué le blocage des roues, entraînant, dans un premier temps, un phénomène d'aquaplaning par dévulcanisation du caoutchouc, puis le percement des pneumatiques.

**Le passage sur freins 2, sans relâchement suffisant des pédales de frein, a provoqué le blocage des roues, initiant le phénomène d'aquaplaning puis l'éclatement des pneumatiques.**

<sup>18</sup> Accélération normale (suivant l'axe de lacet).



## 2.1.7. Facteurs organisationnels et humains

### 2.1.7.1. Préparation et briefing de la mission

La préparation du vol aborde principalement les éléments nécessaires au tir d'un missile de croisière. Il s'agit d'une mission d'instruction au profit du navigateur.

La mission est planifiée à deux avions. Le briefing avant vol développe chaque partie de la mission et se termine par la sécurité et le rôle de chacun des deux aéronefs en cas de panne.

A aucun moment, lors de la préparation du vol ou du briefing, l'atterrissage en configuration FOX (avion équipé d'un bidon de carburant sous le fuselage) sur piste mouillée n'est évoqué. En escadron de chasse opérationnel, l'atterrissage est considéré comme acquis par l'équipage et de ce fait n'est pas briefé pour cette mission.

De même, en vol, l'équipage n'effectue aucun briefing particulier concernant l'atterrissage (performance attendue et anticipation du plan d'action face aux aléas potentiels).

**Le briefing ne prévoit pas de rappel sur les risques liés à l'atterrissage.**

### 2.1.7.2. Conscience de la situation

L'avion est en configuration FOX, cette configuration est inhabituelle pour le pilote. En effet, le pilote est revenu en mars 2016 d'opération extérieure (CHAMMAL). Lors de cette opération, il n'a jamais volé dans cette configuration et n'a également pas pratiqué d'atterrissage sur une piste mouillée. Depuis son retour, il a réalisé quatre vols sur la base aérienne de Nancy-Ochey et aucun dans cette configuration.

La configuration FOX est plus légère que la configuration BRAVO (deux bidons largables). Cependant, si au décollage les performances sont différentes (différence de masse importante due à la présence de carburant dans les bidons), à l'atterrissage les performances des deux configurations sont proches. Ainsi, la distance de freinage attendue est perçue à tort comme plus courte par l'équipage. Le pilote a donc une représentation erronée de ces performances à l'atterrissage. Se pensant plus léger, la faible vitesse au poser et la longueur de la piste lui assurent un relatif sentiment de confiance.

Par ailleurs, le freinage réalisé par le pilote avant le passage sur freins 2, correspond à la procédure freinage normal. Cette procédure ne spécifie pas l'utilisation du manche à cabrer (hyposustentation).

**FREINAGE NORMAL**

- 1 - MANETTE DES GAZ sur RALENTI
- 2 - Conserver le réticule de décollage sur l'horizon pour assurer un freinage aérodynamique jusqu'à la vitesse de début de freinage

**ATTENTION** : NE PAS TENIR LE NEZ HAUT A  $V_i < 100$  kt, risque d'auto cabrage rapide dès 90 kt

- 3 - Poser le train avant sans brutalité
- 4 - Enclencher la DIRAV
- 5 - Freiner. Doser au Jx. Valeur moyenne - 0,2 à - 0,3

*Lorsque la vitesse de freinage est atteinte, l'utilisation des freins est plus efficace que le freinage aérodynamique*

#### Freinage normal

Lors de l'évènement, le contrôleur aérien annonce une piste mouillée. Or, dans ces conditions, un Jx de -0.12 est cohérent avec un freinage sur piste mouillée sans utilisation du manche à cabrer. L'équipage n'ayant pas connaissance de cette information pose un diagnostic erroné, associant un Jx supérieur<sup>19</sup> à -0.2 comme un problème de freinage.

Concernant les performances, les équipages utilisent des fiches opérationnelles (exemple en annexe 2) qu'ils peuvent emporter en vol. Ces fiches sont une synthèse des performances correspondantes aux conditions les plus couramment rencontrées. Elles sont extraites de l'UCB<sup>20</sup> 110-02 et ne concernent que la partie décollage pour un terrain disposant d'une barrière d'arrêt. Dans les autres cas de figure ainsi que pour les phases d'atterrissage, les équipages doivent utiliser les informations de l'UCB. Ces UCB sont classifiés et sont donc moins accessibles.

Les équipages ont au final une connaissance réduite des performances à l'atterrissage. Ils n'ont pas conscience des fortes variations de distance d'atterrissage nécessaires en fonction de l'état de la piste. L'utilisation du manche à cabrer (hyposustentation) est notamment méconnue (utilisation ponctuelle par certains pilotes). Pourtant, les performances fournies par l'UCB sont calculées pour un **freinage maximal avec manche à cabrer (hyposustentation)**. Ceci s'applique pour la distance d'atterrissage ainsi que pour les performances à l'accélération-arrêt.

**La conscience erronée de la situation par l'équipage l'empêche d'appliquer la procédure de freinage la mieux adaptée.**

### 2.1.7.3. Procédures

Lorsque le pilote diagnostique à tort un problème de freinage il l'associe à la procédure de freinage insuffisant sur piste sèche.

**FREINAGE INSUFFISANT A L'ATTERRISSAGE**

Jx compris entre 0 et -0.2 sur piste sèche

- Si longueur de piste suffisante et en fonction des conditions (pannes, MTO, pétrole, etc.) :

- 1 - Remettre les gaz
- 2 - SELECTEUR FREINS : 2
- 3 - Consommer le pétrole jusqu'aux minima carburant
- 4 - ATR avec parachute

- Sinon :

- 1 - Sortir le parachute (si installé)
- 2 - SELECTEUR FREINS : 2
- 3 - Attendre 2 secondes
- 4 - Freiner modérément (SPAD inopérant)
- 5 - Contrôler le freinage à la VTH : Jx = - 0.2 à - 0.3
- 6 - Se préparer à engager la barrière

**NOTA** : Le passage de FREINS 1 à FREINS 2 doit être effectué pédales relâchées

Check-list

### Jx INFERIEUR A - 0,2 A L'ATTERRISSAGE

1. Sélecteur FREINS : 2.
2. Attendre 2 secondes.
3. Freiner modérément (SPAD inopérant).
4. Contrôler le freinage à la VTH : Jx = - 0.2 à - 0.3 sur piste sèche.
5. Sortir le parachute (si installé) si nécessaire.

**NOTA** : Le passage de FREINS 1 à FREINS 2 doit être effectué pédales relâchées.

UCB

Selon la check-list de vol la première option est le redécollage. Cette option n'a jamais été envisagée par les pilotes qui évaluent le risque de redécoller avec un problème de frein plus important que de rester au sol au risque d'engager la barrière. Cependant, la procédure appliquée n'a été réalisée que partiellement. Le parachute n'a pas été sorti avant le passage freins 2.

<sup>19</sup> Inférieur en valeur absolue à 0.2.

<sup>20</sup> Manuel d'utilisation de l'avion Mirage 2000D.

En outre, dans la procédure définie dans l'UCB, la sortie du parachute n'apparaît qu'en dernier item alors qu'elle est la plus efficace si elle est effectuée le plus tôt possible.

**Le manque de cohérence entre les procédures ne permet pas d'assurer une réponse adaptée de l'équipage à la situation rencontrée.**

Les deux membres d'équipage ont envisagé la sortie du parachute, mais selon eux la vitesse faible de l'aéronef rendait inefficace son utilisation. Lors de l'évènement à 1 200 m, l'aéronef est à 80 kt ce qui est en dessous de la vitesse perçue comme minimale pour l'usage du parachute (100 kt). L'UCB rappelle que son utilisation est d'autant plus efficace qu'elle est anticipée. Il souligne également qu'à moins de 100 kt, son efficacité devient faible.

L'enquête démontre clairement qu'à 80 kt, l'équipage considère inutile son utilisation.

Or les calculs effectués par Dassault Aviation montrent qu'une sortie du parachute à 80 kt aurait permis de réduire la distance d'arrêt d'environ 250 mètres et aurait donc probablement évité l'engagement de la barrière d'arrêt.

**L'imprécision des informations fournies par l'UCB, amène les équipages à sous-estimer l'efficacité du parachute frein en dessous des 100 kt.**

Dans la check-list, l'utilisation du parachute n'est soumise qu'à une limitation supérieure. La sortie du parachute doit avoir lieu pour une  $V_i < 210$  kt. Selon le REAC<sup>21</sup>, l'utilisation du parachute est obligatoire pour une vitesse supérieure à 110 kt à 1 200 m de piste restante. Cependant, son efficacité demeure en dessous de ces vitesses.

Il semble donc qu'il y ait une migration des pratiques concernant cette procédure. Bien que la vitesse soit un élément clef pour l'efficacité du parachute, aucune procédure ne fixe de vitesse minimale d'efficacité. Les équipages considèrent à tort que l'utilisation du parachute en dessous d'une certaine vitesse (100 - 110 kt) est inefficace donc inutile.

**Une migration des pratiques relative à l'utilisation du parachute conduit l'équipage à sous-estimer ses capacités en dessous de 100 kt.**

L'utilisation du manche à cabrer (hyposustentation) n'est pas présente dans la procédure de freinage normal. Elle apparaît dans la procédure d'atterrissage court ainsi que dans la procédure de freinage maximal. Cette action sur le manche est connue des pilotes mais son absence dans la procédure de freinage normal conduit à créer un doute quant à son utilité et aux éventuelles conséquences néfastes de son utilisation sur Mirage 2000.

Lors de l'évènement, le pilote n'a pas envisagé cette action au manche.

**L'absence du manche à cabrer (hyposustentation) dans la procédure de freinage normal sur Mirage 2000 (présente pour le Rafale) génère une absence d'entraînement et empêche son utilisation en cas d'urgence.**

<sup>21</sup> Répertoire d'emploi de l'aviation de chasse.

#### 2.1.7.4. Expérience et automatisation

Le pilote commandant de bord est qualifié sous-chef de patrouille et a effectué 900 heures de vol sur Mirage 2000D. Récemment arrivé au sein de l'EC 3/3 en septembre 2015, il est rapidement déployé en opération extérieure (début d'année 2016) et est revenu seulement depuis mars 2016. Depuis son retour, le pilote a réalisé quatre vols.

Le navigateur est qualifié navigateur de combat et a effectué 300 heures de vol sur Mirage 2000D. Il est arrivé au sein de l'EC 3/3 en mars 2015.

C'est la première fois que le pilote et son navigateur sont confrontés à l'utilisation du sélecteur freins 2 en dehors des séances de simulateur. Les pannes de frein ne figurent pas dans le programme des missions effectuées au simulateur de type CAPS, SPAN1 et SPAN2 (cf. annexe 3). Les pannes du système de freinage effectuées au simulateur restent rares. Le simulateur ne peut que proposer un problème du SPAD (généralement identifié avant l'atterrissage). Les moniteurs peuvent éventuellement simuler des conditions de piste verglacée ou déclencher une panne hydraulique « servitudes » pour approcher des conditions proches d'un problème du système de freinage principal. Le programme de l'activité simulateur du pilote depuis son retour sur Mirage 2000D est limité et ne lui a pas permis de se mécaniser (cf. annexe 4).

De plus, le pilote a plus de 6 ans d'expérience sur Alphajet (affectation précédente). Cet aéronef ne possédant pas de parachute, la procédure de sortie du parachute n'a pas été pratiquée au cours de ces six années sur Alphajet. Le manque de pratique de cette procédure ne semble pas avoir été suffisamment compensé au simulateur.

Or, dans une situation telle qu'un incident au freinage, l'urgence est telle que l'automatisation des actions est un critère important dans l'efficacité de la procédure.

**L'expérience passée et le manque d'entraînement en simulateur ont conduit à une absence d'automatisation pour la sortie du parachute.**

#### 2.1.7.5. Vigilance

La veille de l'évènement, le pilote a eu un coucher tardif lié à un vol de nuit, mais a bénéficié d'un repos compensateur. Son réveil, non physiologique, a été imposé par les horaires familiaux. Il a dormi 6h30 et n'a fait aucune sieste. Son état de vigilance ne peut donc être considéré comme optimal.

De plus, le pilote a de l'expérience. C'est un vol de routine, avec une exigence cognitive en deçà de ses capacités. Son niveau d'attention n'est donc pas particulièrement stimulé.

Par ailleurs après la phase d'exercice, l'équipage a effectué des évolutions libres. Durant cette phase, des manœuvres de voltige sont réalisées (un facteur de charge maximal de 6 g<sup>22</sup>). Pour certaines, le navigateur avait les commandes. Les phases de voltige peuvent conduire à une fatigue physique et attentionnelle surtout lorsqu'elles sont subies (absence d'anticipation des contraintes physiologiques).

En outre, lors de la percée aux instruments le pilote perd ses repères visuels avec le sol. La perte ponctuelle de la vision crée une forte contrainte pour le pilote entraînant une augmentation de sa charge cognitive. A la vue du sol, il est possible qu'une baisse d'attention ait eu lieu.

<sup>22</sup> Unité d'accélération - 1 g = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

En effet, lors de l'évènement, le pilote semble surpris. Il parle peu, il se répète et utilise un langage familier, ne collationne pas toujours et le ton de sa voix est incertain. A l'inverse le navigateur pose des questions, donne les informations utiles et prend des initiatives. Le ton de sa voix reste clair et compréhensible.

**La vigilance relativement faible du pilote à l'atterrissage accroît la sensation de surprise et ne favorise pas une gestion optimale de la situation.**

#### 2.1.7.6. Communication

Le pilote et le NOSA ont déjà volé ensemble sur Alphajet à Cazaux mais il s'agit de leur premier vol ensemble au sein de l'EC 3/3. Les deux membres d'équipage ont souligné leur bonne entente. Même si l'effet de surprise a rendu la communication initiale du pilote incertaine, l'écoute de l'enregistrement démontre une bonne communication lors de l'évènement, notamment du navigateur vers le pilote.

**La synergie au sein de l'équipage n'est pas à l'origine de l'évènement.**

#### 2.1.7.7. Ergonomie des commandes d'urgence

Lors de la mise en œuvre de la procédure de freinage insuffisant, deux actions nécessitent l'accès à des commandes spécifiques :

- action sur la poignée parachute de freinage ;
- action sur le sélecteur freins 2.



Commandes susceptibles d'être utilisées lors d'un problème de freinage

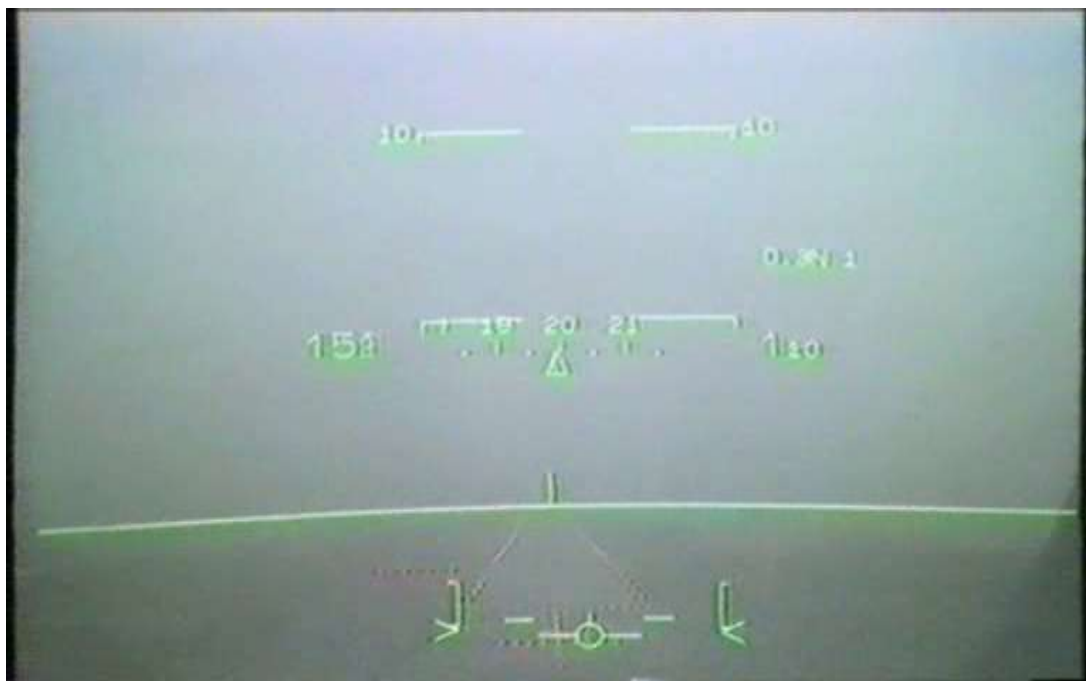
Le sélecteur freins 2 permet de mettre en fonction le système de freinage secours. Il inhibe alors le freinage normal. Le sélecteur est placé sur la banquette gauche du cockpit et n'est pas facilement accessible. Il est placé sous un cache de couleur jaune et noir facilitant son identification. Son utilisation impose au pilote une recherche visuelle en cabine et donc une perte des repères visuels extérieurs. Or, lors d'un freinage sur une piste contaminée, comme lors de l'évènement, une surveillance permanente de la trajectoire sur l'axe de piste est primordiale. Le succès du passage sur freins 2 est de plus lié au relâchement des pédales de frein (deux secondes préconisées par le constructeur) afin d'éviter un blocage des roues. Concernant la poignée parachute de freinage, elle est de couleur blanche et ne présente pas de signe distinctif permettant un rappel visuel d'urgence semblable au sélecteur freins 2.

**L'application de la procédure liée au freinage de secours (commande parachute, sélecteur freins 2, respect des deux secondes de relâchement des pédales de frein) nécessite un entraînement régulier au simulateur de vol afin de garantir une utilisation adaptée dans les situations d'urgence.**

## 2.2. Séquence d'évènement

### 2.2.1. Présentation en courte finale

L'appareil effectue une finale guidée au radar et acquiert le visuel de la piste à 400 ft. Le contrôleur l'autorise à l'atterrissage et lui rappelle que la piste est mouillée. Les finales de type IFR amènent l'appareil à un point de poser des roues situé à 400 mètres du début de la piste. Afin d'optimiser la longueur de piste utilisable pour l'atterrissage, les équipages des avions de chasse ont pour habitude de corriger la trajectoire et de viser le début de la piste. Lors de cet évènement, le pilote corrige sa trajectoire en augmentant la pente et récupère un plan de descente lui permettant de toucher la piste au début de celle-ci.



Visualisation de la VTH à 100 ft

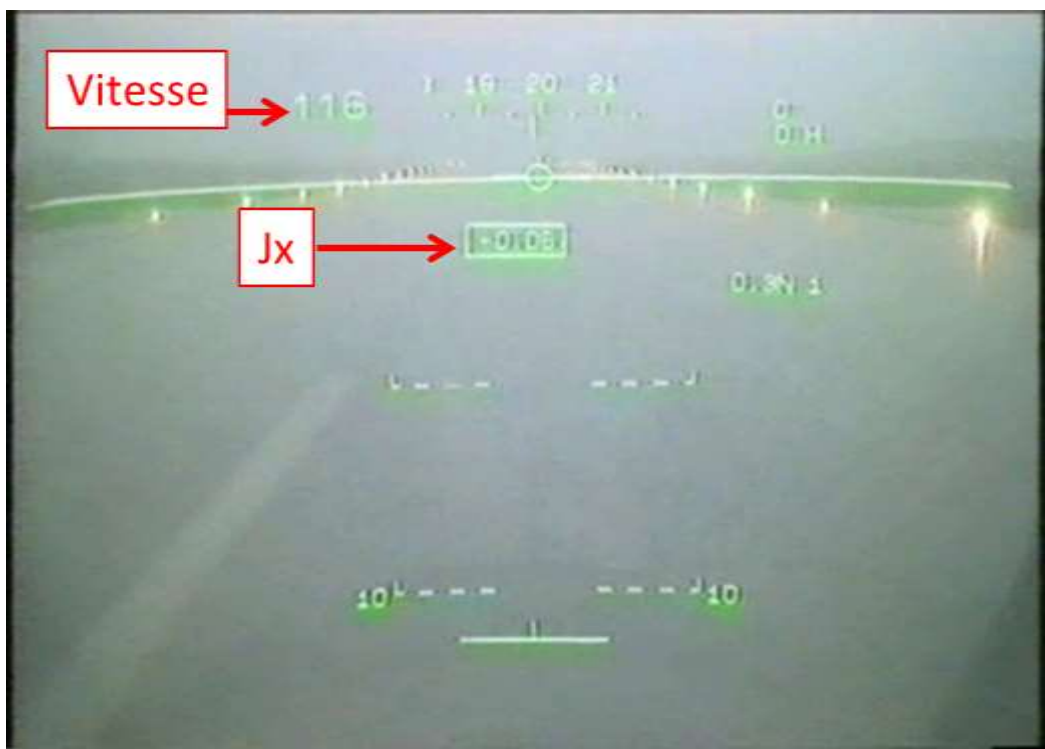
L'appareil se présente avec des paramètres lui permettant d'optimiser la distance de freinage (point visé et vitesse optimale).

### 2.2.2. Toucher des roues et freinage aérodynamique

Le poser est réalisé à 132 kt, le pilote effectue un freinage aérodynamique jusqu'à 120 kt. Durant le freinage aérodynamique, la décélération atteint  $-0.16$  de  $J_x$ .

### 2.2.3. Phase de freinage normal

Le pilote pose le train auxiliaire, la vitesse est alors de 117 kt, le  $J_x$  lu est de  $-0.06$ .



Poser du train auxiliaire

A l'issue, le freinage normal est débuté, le  $J_x$  indiqué atteint  $-0.16$ . A 100 kt il est de  $-0.12$ . Le pilote s'étonne du faible freinage et annonce « pas de SPAD, Oh ...ça freine pas ». Ces valeurs, bien qu'inhabituellement basses, sont cohérentes avec les éléments du jour et notamment l'état de la piste (mouillée).

### 2.2.4. Freinage sur freins 2

A l'annonce du pilote, le NOSA lui fait confirmer « ça freine pas ? », ce que confirme le pilote. Atteignant 80 kt et analysant le faible freinage comme une panne du système de freinage normal, le NOSA demande au pilote s'il est bien passé sur freins 2. L'utilisation du parachute frein n'est pas évoquée car l'équipage considère que sous 100 kt il est inefficace. Le pilote confirme qu'il est bien passé sur freins 2. Le  $J_x$  indiqué à 80 kt est de  $-0.13$ .



Jx à 80 kt

A 70 kt, des vibrations sont visualisées sur la VTH ainsi que sur l'enregistreur de paramètres (Jz). Le nez de l'avion part légèrement à droite, les pneumatiques sont perforés.



Visualisation à l'issue de la perforation des pneumatiques et départ du nez à droite

A 58 kt, le pilote, conscient de ne plus pouvoir arrêter l'appareil, demande le relevage de la barrière au contrôleur.



Le NOSA rappelle les actions vitales nécessaires avant et pendant l'engagement de la barrière :

- coupure de la dirigeabilité.

A l'engagement de la barrière :

- manette des gaz sur arrêt ;
- commandes lâchées ;
- pas de freinage.

Au moment de l'engagement le pilote annonce la coupure du moteur et l'absence d'action sur les freins.

La barrière est engagée à une vitesse estimée de 20 kt (analyse enregistreur de paramètres). Du fait de la faible énergie de l'appareil, le libérateur droit de la barrière d'arrêt ne fonctionne pas. L'appareil s'immobilise après avoir dévié de 70° par rapport à l'axe de piste.

## 2.3. Recherche des causes de l'évènement

### 2.3.1. Causes techniques

Les expertises réalisées sur l'aéronef montrent que celui-ci fonctionne correctement.

**L'évènement n'est pas dû à un dysfonctionnement technique.**

### 2.3.2. Causes environnementales

La configuration de la piste, qui ne répond pas aux normes de l'OACI, ne permet pas d'assurer un écoulement efficace des précipitations. Elle facilite le maintien d'un haut niveau de contamination de la piste.

**La faible capacité de la piste à évacuer l'eau de pluie réduit les performances de freinage des aéronefs.**

### 2.3.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

L'évaluation de la contamination de la piste est effectuée ponctuellement à l'aide d'un véhicule. Elle est actualisée en fonction des comptes rendus effectués par les équipages en vol.

**L'absence d'un moyen objectif d'évaluation de l'état de la piste ne permet pas aux équipages d'adapter la procédure d'atterrissage la plus pertinente.**

L'atterrissage est une phase de vol enseignée lors de la phase de transformation sur Mirage 2000. Elle est alors considérée comme acquise et n'est plus évoquée en unité opérationnelle lors de la préparation des vols.

Que ce soit au sol (préparation et briefing) ou en vol, l'équipage ne s'est pas préparé aux risques liés à l'atterrissage.

**L'absence de préparation aux risques liés à l'atterrissage n'a pas permis à l'équipage de mettre en œuvre un plan d'action adapté à la situation.**

L'équipage réagit à la faiblesse du freinage en appliquant une procédure de panne du freinage normal. Cette réaction est liée à une connaissance limitée des performances du freinage en conditions dégradées.

**Une conscience erronée de la situation liée à une connaissance incomplète des performances à l'atterrissage a entraîné un plan d'action inadapté.**

Une migration des pratiques dans l'utilisation du parachute a amené l'équipage à ne pas considérer son utilisation aux vitesses inférieures à 100 kt. Cette migration est liée à une interprétation des informations fournies dans l'UCB qui peut faire sous-estimer l'efficacité du parachute. De plus, le manque de mécanisation (manque de séance au simulateur et les six années passées sur Alphajet) n'a pas permis le déclenchement de la sortie du parachute par un acte réflexe.

**La non utilisation du parachute frein rendait inévitable l'engagement de la barrière d'arrêt.**

La méthode d'atterrissage utilisée (absence du manche à cabrer) par le pilote ne permettait pas l'arrêt de l'aéronef avant la barrière d'arrêt. L'utilisation du manche à cabrer (hyposustentation), bien que non enseignée lors de la transformation sur Mirage 2000, est connue des pilotes mais est appliquée de manière aléatoire en fonction des pilotes.

**L'absence de mécanisation à l'utilisation du manche à cabrer (hyposustentation) entraîne une utilisation aléatoire de celle-ci en fonction des pilotes et des conditions du moment.**

## 2.4. Intervention des secours

Lorsque l'alerte est donnée à l'ESIS, les moyens nécessaires sont engagés et arrivent sur le lieu de l'évènement à 19h08. Dans un premier temps, le chef des secours réalise une reconnaissance. Constatant une potentielle fuite importante de carburant, il décide d'évacuer rapidement l'équipage. En effet, les conditions météorologiques ne lui permettent pas d'identifier si les forts écoulements sous l'avion sont uniquement de l'eau de pluie ou du carburant. Il sécurise partiellement l'aéronef.

Dans l'urgence, il décide de tenter d'ouvrir la verrière. Celle-ci est alors retenue par le pilote inquiet du risque que les sangles tendues de la barrière le blessent en glissant vers lui. Une communication est alors établie entre le pilote et le pompier dans le but de couper les sangles avant de procéder à l'ouverture de la verrière.

L'équipe crash arrive sur le lieu de l'évènement environ 20 minutes après le début de l'intervention des pompiers. Bien que l'équipe crash ne doive pas gêner l'intervention initiale des pompiers, sa présence dès les premiers instants permet de conseiller utilement les secours sur les dangers potentiels liés à l'aéronef.

**L'absence de formation des pompiers aux engagements barrière ne leur permet pas une gestion optimale des incidents pourtant spécifiques aux bases aériennes.**

### 3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle au sol lors du freinage après l'atterrissage avec engagement de barrière.

#### 3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement

L'aéronef se présente à l'atterrissage alors que la base aérienne subit de fortes précipitations. Les performances de freinage sont faibles mais cohérentes avec l'état de la piste et la méthode d'atterrissage utilisée par le pilote (pas de manche à cabrer pour générer l'hyposustentation, pas d'utilisation du parachute).

L'équipage associe la faiblesse du freinage avec une panne du système de freinage normal. Il applique en partie la procédure de panne de freinage (pas d'utilisation du parachute frein). Le passage sur le système de freinage secours (freins 2) est effectué et entraîne un blocage des roues.

Ce blocage entraîne un phénomène d'aquaplaning puis une perforation des pneumatiques du train principal.

En l'absence de freinage, le pilote demande le relevage de la barrière d'arrêt.

L'aéronef engage le système d'arrêt à une vitesse résiduelle de 20 kt.

#### 3.2. Causes de l'évènement

Les causes de cet évènement relèvent du domaine environnemental et du domaine des facteurs organisationnels et humains.

Les caractéristiques de la piste de Nancy-Ochey ne permettent pas une évacuation efficace des précipitations. Lors de l'évènement, l'accumulation d'eau sur la piste a fortement dégradé les performances de freinage.

L'évaluation de l'état de la piste est effectuée de manière ponctuelle et ne donne pas une vision objective de celle-ci. Elle ne permet donc pas aux équipages d'utiliser la méthode d'atterrissage la plus adaptée.

Aucune préparation (briefing au sol ou en vol) aux risques liés à la phase d'atterrissage n'est prévue, cette phase de vol étant considérée comme acquise et maîtrisée.

Une connaissance incomplète des performances à l'atterrissage (performance de freinage sur piste contaminée) a engendré une conscience erronée de la situation.

Une migration des pratiques ainsi qu'un manque d'entraînement à l'utilisation du parachute frein ont empêché une reprise de contrôle de l'aéronef.

L'utilisation connue mais non mécanisée du manche à cabrer (hyposustentation) n'a pas permis d'être appliquée lors de l'évènement. Celle-ci aurait permis d'obtenir des performances de freinage suffisantes pour contrôler l'aéronef.

PAS DE TEXTE

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

#### 4.1.1. Aménagement de la piste de Nancy-Ochey

L'étude du profil de la piste de Nancy-Ochey montre qu'elle ne répond pas aux recommandations de l'OACI et qu'elle ne permet pas une évacuation optimale des précipitations.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air de s'inspirer étroitement des recommandations de l'OACI lors de la rénovation de la piste ou de réaliser des travaux (exemple : rainurage) permettant d'atténuer la contamination de la piste.**

**R1 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.2. Accès aux performances de freinage à l'atterrissage

L'accès aux performances à l'atterrissage du Mirage 2000 par les équipages est rendu difficile au regard de la confidentialité des données. La connaissance de ces performances demeure donc limitée et se réduit principalement aux performances au décollage (utilisation d'une fiche de synthèse dite « fiche ops »). Les équipages n'ont pas conscience des performances très dégradées à l'atterrissage lorsque la piste devient contaminée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air de mettre en place une fiche opérationnelle des performances à l'atterrissage prenant en compte la contamination de la piste, et de rappeler aux équipages de Mirage 2000 que les performances à l'atterrissage (ainsi qu'à l'accélération-arrêt) sont calculées pour un freinage maximum avec du manche à cabrer (hyposustentation).**

**R2 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.3. Hyposustentation

L'hyposustentation n'est pas intégrée à la procédure de freinage normal. Elle apparaît dans la procédure d'atterrissage court. Les performances de freinage sur piste sèche permettent, aux masses habituellement utilisées, de se passer de l'hyposustentation. Dans cet évènement, son utilisation aurait réduit d'un tiers la distance d'atterrissage et permis d'éviter l'engagement de la barrière (sans utilisation du parachute frein). La documentation constructeur n'impose aucune contrainte sur son utilisation et l'ensemble des performances à l'atterrissage (distance d'atterrissage) sont données avec un freinage maximal **et le manche à cabrer**.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air, de mécaniser les équipages Mirage 2000 à la pratique de l'hyposustentation lors de chaque atterrissage (procédure déjà appliquée sur Rafale).**

**R3 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.4. Entraînement au simulateur

L'équipage a été surpris par les performances de freinage et a interprété la faiblesse de celui-ci comme une panne de freinage normal. Les circonstances rencontrées lors de ce vol restent rares et montrent que les équipages n'y sont pas suffisamment préparés.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air d'entraîner au simulateur les équipages aux performances dégradées à l'atterrissage en s'assurant de l'application de la procédure adaptée (utilisation de l'hyposustentation et du parachute frein).**

**R4 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.5. Utilisation du sélecteur freins 2

Les paramètres de vol ont montré l'absence (ou quasi absence) de relâchement des freins pour le passage sur freins 2. Les consignes prévoient un relâchement de deux secondes afin d'éviter une phase transitoire où l'on aurait à la fois une pression résiduelle dans le frein normal et de la pression dans le circuit freins 2, ce qui pourrait conduire au blocage de la roue du fait de l'absence d'anti-patinage. Cette absence de relâchement peut expliquer le blocage des roues du train principal.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air de sensibiliser les équipages au passage freins 2 en insistant sur la nécessité de relâcher le freinage pendant deux secondes et de s'assurer de leur mécanisation lors des séances de simulateur.**

**R5 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.6. Efficacité du parachute frein

Concernant l'utilisation du parachute frein, Dassault Aviation indique dans l'UCB que son efficacité devient faible sous 100 kt. Ces explications sont interprétées comme une inefficacité sous 100 kt par les équipages.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à Dassault Aviation de modifier l'UCB en supprimant la valeur de 100 kt et en indiquant que le parachute frein est efficace quelle que soit la vitesse mais que son efficacité diminue avec celle-ci.**

**R6 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.7. Préparation à l'atterrissage

L'analyse de l'enregistrement vidéo ainsi que le témoignage du pilote indiquent que celui-ci a été surpris par l'événement. Une préparation mentale à cette phase critique du vol aurait probablement permis une adaptation du plan d'action du pilote. A l'instar de la préparation au décollage, elle pourrait aborder les performances attendues ainsi qu'une préactivation des actions d'urgence à exécuter en cas de problème.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air d'inclure dans la préparation avant atterrissage, à l'instar du briefing avant décollage, les performances d'atterrissage du jour (calcul de la distance d'arrêt), préparant mentalement l'équipage à agir en cas de difficulté de contrôle sur la piste.**

**R7 - [A-2016-007-I]**

#### 4.1.8. Cohérence des procédures

Contrairement à la check-list, l'UCB place la sortie du parachute frein en dernier item de la procédure alors que le parachute doit être sorti au plus tôt pour optimiser son efficacité.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à Dassault Aviation de modifier la procédure secours « freinage insuffisant » à l'atterrissage en mettant la sortie du parachute en premier item.**

**R8 - [A-2016-007-I]**

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

### 4.2.1. Entraînement des secours à l'intervention sur barrière d'arrêt

Au cours de l'intervention des secours, les pompiers ont tenté d'ouvrir la verrière alors que les sangles étaient sous tension. Ils ne bénéficient d'aucune formation spécifique aux interventions sur système d'arrêt.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air de mettre en place une formation spécifique à l'intervention sur barrière d'arrêt pour les équipes impliquées dans les secours des bases aériennes équipées de ces systèmes.**

**R9 - [A-2016-007-I]**

### 4.2.2. Restitution de l'intervention des secours

Lors de l'intervention des secours, les véhicules d'intervention sont dirigés vers l'aéronef. L'utilisation d'un moyen d'enregistrement vidéo fixé dans la cabine des véhicules d'intervention et mis en œuvre au départ de l'intervention permettrait de restituer de manière précise l'intervention des secours et serait une source d'information particulièrement pertinente pour l'enquête de sécurité.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air d'étudier la mise en place d'enregistreurs vidéo en cabine des véhicules d'intervention afin de pouvoir restituer l'intervention des secours.**

**R10 - [A-2016-007-I]**

## ANNEXES

ANNEXE 1 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE FREINAGE.....	49
ANNEXE 2 FICHE OPERATIONNELLE DE PERFORMANCE AU DECOLLAGE .....	51
ANNEXE 3 PROGRAMME DES MISSIONS SIMULATEUR CAPS, SPAN.....	52
ANNEXE 4 ACTIVITE SIMULATEUR DU PILOTE DEPUIS SON RETOUR .....	58
ANNEXE 5 EXTRAIT DU REPERTOIRE D'EMPLOI DE L'AVIATION DE CHASSE .....	59



## ANNEXE 1

## FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE FREINAGE

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

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

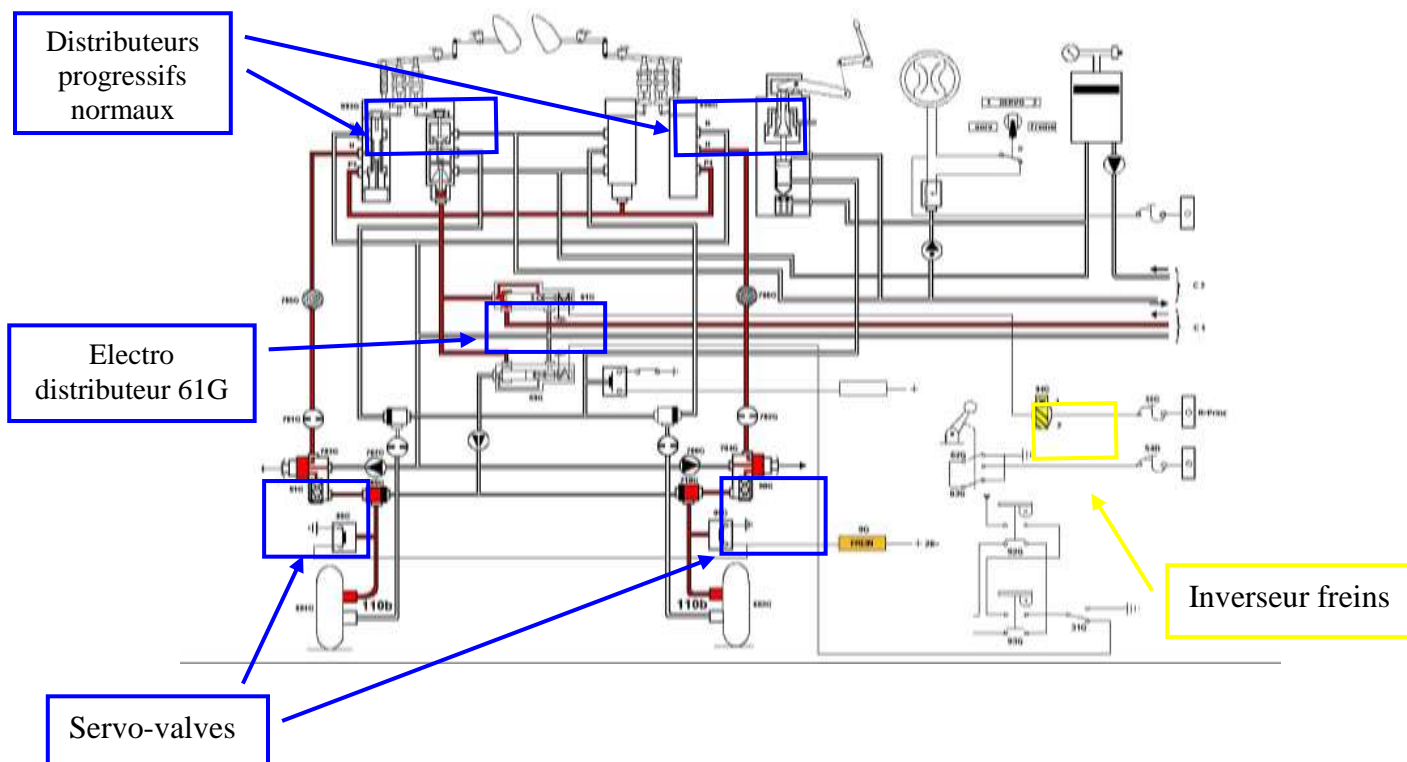


Schéma de principe du freinage normal

Le freinage normal est obtenu lorsque :

- l'inverseur « FREIN » est positionné sur la position « 1 » ;
- un des membres de l'équipage enfonce les pédales de l'un des deux postes ;
- la pression hydraulique de la génération circuit 1 est envoyée vers les distributeurs progressifs normaux au travers de l'électro-distributeur 61G ;
- l'enfoncement des pédales agit sur les leviers des distributeurs ;
- les leviers poussent les tiroirs des distributeurs, les retours sont isolés ;
- la pression détendue par ces distributeurs est admise aux servo-valves SPAD 90G et 91G.

ANNEXE 2

FICHE OPERATIONNELLE DE PERFORMANCE AU DECOLLAGE

141		PERFOS - DECOLLAGE																C-130@20000 12.07.12				
QFE	-20	Vfd	-15	Vfd	-10	Vfd	-5	Vfd	0	Vfd	5	Vfd	10	Vfd	15	Vfd	20	Vfd	30	Vfd	40	Vfd
USSE																						
Masse 11 t											Pétrole(3t1)					Vr 120 Kts						
950	77	188	75	186	74	184	72	182	70	180	68	178	67	176	65	174	64	172	61	168	58	166
970	78	190	76	188	75	186	73	184	72	182	70	180	68	178	67	176	65	173	63	170	60	167
990	78	192	77	190	76	188	74	186	73	184	71	182	70	180	68	178	67	175	63	173	61	170
1010	79	194	78	192	77	190	75	188	74	186	73	184	71	182	70	180	68	177	65	174	62	171
1030	80	196	79	194	77	192	76	190	75	188	74	186	73	184	71	182	70	179	67	176	63	173
FOX 1																						
RPL 522											Masse 12t2					Pétrole(4t1)						
950	68	175	66	173	65	171	64	169	62	168	60	166	59	164	58	163	56	161	54	158	52	155
970	69	179	67	177	66	175	65	173	63	171	62	169	60	167	59	166	57	164	55	161	53	157
990	70	180	68	178	67	176	66	175	65	173	64	171	62	169	60	167	59	165	56	162	54	160
1010	71	182	69	180	68	178	67	177	66	175	65	173	63	171	62	169	60	167	57	164	55	161
1030	73	184	71	182	70	180	69	178	67	176	66	174	65	172	64	170	62	169	59	165	57	162
B CP																						
2 RPL 541 / 542											Masse 12t7					Pétrole(4t1)						
950	66	172	64	170	62	168	60	166	59	165	57	163	56	161	55	160	54	158	52	155	50	152
970	67	174	65	172	63	172	61	168	60	166	58	165	57	163	56	161	55	160	53	157	51	153
990	68	173	66	173	65	172	63	170	62	168	60	166	59	164	58	163	57	161	55	158	52	155
1010	69	179	67	177	66	174	64	173	63	171	61	169	60	167	59	166	58	164	56	160	53	157
1030	70	180	68	178	67	176	66	175	65	173	63	171	62	169	61	167	60	165	58	162	55	159
B																						
2 RPL 541 / 542											Masse 13t6					Pétrole(5t0)						
950	61	163	59	161	58	160	57	158	55	156	54	155	53	153	52	152	51	150	49	148	47	144
970	62	166	60	164	59	162	58	161	56	159	55	157	54	156	53	155	52	152	50	150	48	146
990	63	167	61	166	60	163	59	162	58	160	56	158	55	157	54	156	53	154	51	151	49	148
1010	64	169	62	167	61	166	60	164	59	162	57	161	56	159	55	158	54	156	52	153	50	150
1030	65	174	64	173	63	171	62	169	61	167	59	165	58	163	57	162	56	160	53	156	51	154
B																						
2 RPL 541 / 542											Masse 14t8					Pétrole(6t2)						
950	57	157	55	155	54	153	53	152	51	150	50	149	49	148	48	147	47	145	45	142	43	142
970	58	160	56	158	55	156	54	154	52	152	51	151	50	150	49	149	48	147	46	145	44	143
990	59	161	57	159	56	157	55	155	54	154	52	153	51	152	50	151	49	149	47	146	45	145
1010	60	163	58	161	57	158	56	157	55	155	53	153	52	152	51	151	50	150	48	148	46	144
1030	61	165	59	162	58	161	57	159	56	158	54	156	53	155	52	153	51	152	49	149	47	146
2RPL 541/542 PDL 2 MAG II 2 GBU 12 Pét 6t2 OU 3 RPL Pét(7t2)																						
PDL 2 MAG II 2 GBU 12 Pét 6t2											3 RPL Pét(7t2)											
950	52	151	50	149	49	147	48	146	47	145	45	143	44	141	43	140	42	139	40	136	39	134
970	53	152	51	150	50	148	49	147	48	146	46	144	45	142	44	141	43	140	41	137	40	135
990	54	154	52	152	51	150	50	148	49	147	47	145	46	144	45	143	44	142	42	139	41	137
1010	55	155	53	154	52	152	51	150	50	149	48	147	47	146	46	145	45	144	43	141	42	138
1030	56	158	54	155	53	154	52	152	51	151	50	149	49	148	48	147	47	146	45	143	43	140

AU JX CALCULE ENLEVER POUR 2 MAGIC II : - 0.02, POUR LE PDL: -0.03,  
 POUR 1RFO: -0.02 POUR LLAU+LGTR : -0.02 POUR PU GBU49 :-0.03  
 JXMINI < JX CALCULE - 10 % = ANNULATION D/L

Fiche utilisée pour le calcul des performances

### ANNEXE 3

## PROGRAMME DES MISSIONS SIMULATEUR CAPS, SPAN

---

### Missions simulateur CAPS, SPAN 1 et SPAN 2

#### Mission simulateur « CAPS »

CONFIGURATION GUERRE  
TERRAIN DE STATIONNEMENT  
METEO : VMC  
DUREE : 01H00  
DEROULEMENT :

- a. panne surchauffe à la mise en route ;
- b. panne dom avant la VR ;
- c. panne CALC + ouverture tuyère après la VR ;
- d. RODEO GCA avec dévissage en approche (z < 1500 ft) ;
- e. D/L, accélération 450 kt, extinction basse altitude, finale secours carburant et ATR ;
- f. panne man au D/L, puis dom, et passage en USEL, finale en TRIMS secours ;
- g. panne gains au D/L, RODEO et ATR.

Les « CAPS » regroupent les procédures de réaction aux pannes qui ne laissent pas le temps au pilote de sortir sa check-list pour traiter l'évènement.

On demande aux pilotes de prendre immédiatement les bonnes mesures pour sauvegarder et faire voler son avion.

Ces réactions ne peuvent souffrir d'aucune hésitation, ni aucun temps de retard dans l'exécution. Ceci impose un entraînement régulier.

**Toute panne notée insuffisante imposera de refaire la mission.**

FICHE DE SUIVI MISSION SIMU « CAPs »		Mirage 2000			
DATE :		Durée 01h00			
NOM PILOTE :		Moniteur :			
QUALIFICATION :		CONFIGURATION :			
NOM NOSA :					
QUALIFICATION :					
EXERCICE	I	S	Détection de la panne	Traitement de la panne	Dialogue Equipage
> Surchauffe à la M/R					
> Panne DOM avant Vr					
> Panne CALC+ ouverture tuyère au D/L					
> Rodéo GCA					
> Panne RPM en finale (Z< 1500 ft)					
> Ejection					
> D/L (accélération 450 kt)					
> Extinction basse altitude					
> Finale secours carburant + ATR					
> Panne MAN au D/L					
> Panne DOM					
> Panne USEL					
> Finale en trims secours + ATR					
> Panne GAIN au D/L					
> ATR					
INSUFFISANT (mission à refaire)			SATISFAISANT		
<u>REMARQUES :</u>					
LE PILOTE :		LE MONITEUR :		LE COMMANDANT D'ESCADRILLE :	

## Mission simulateur SPAN 1

CONFIGURATION GUERRE  
TERRAIN DE STATIONNEMENT  
METEO : VMC  
DUREE : 01H00  
DEROULEMENT :

- a. panne « DEMAR » à la M/R ;
- b. panne JX faible avant la VR ;
- c. panne T7, surchauffe persistante au D/L, coupure et rallumage en normal, ATR longue finale ;
- d. D/L, accélération vers 450 kt, panne du support équipement réacteur, finale en secours carburant et ATR ;
- e. D/L, panne de transfert carburant (ou fuite), vidange des réservoirs, retour longue finale, panne manette des gaz à la sortie du train, ATR.

FICHE DE SUIVI MISSION SPAN 1		Mirage 2000			
DATE :		Durée : 01H 00			
NOM PILOTE :		Moniteur :			
QUALIFICATION :		CONFIGURATION :			
NOM NOSA :					
QUALIFICATION :					
EXERCICE	I	S	Détection de la panne	Traitement de la panne	Dialogue Equipage
> Voyant « démar » à la M/R					
> Panne JX faible avant la Vr					
> Panne surchauffe au D/L					
> Allumage du voyant T7					
> Coupure volontaire et rallumage					
> ATR longue finale					
> D/L, accélération 450 kt					
> Rupture support équipements réacteur					
> Finale secours carburant					
> ATR					
> D/L, accélération 450 kt					
> Panne de transfert carburant					
> Présentation longue finale					
> Blocage manette des gaz à la sortie du train					
> ATR					
> Extinction au D/L					
> EJECTION					
INSUFFISANT (mission à refaire)			SATISFAISANT		
<u>REMARQUES :</u>					
LE PILOTE :		LE MONITEUR :		LE COMMANDANT D'ESCADRILLE :	

## Mission simulateur SPAN 2

CONFIGURATION GUERRE  
TERRAIN DE STATIONNEMENT  
METEO : VMC  
DUREE : 01H00  
DEROULEMENT :

- a. panne huile a la M/R ;
- b. panne MAN + DOM au D/L réarmable puis fixe, dégradation vers la panne USEL, finale en TRIMS secours et ATR ;
- c. panne du relais des accessoires au D/L, décharge de la batterie, passage en USEL, éjection ;
- d. panne a la rentrée du train au D/L, vidange carburant, panne à la sortie du train, ATR longue finale ;
- e. D/L, accélération vers 550 kt, panne gains, retour et ATR sur longue finale.



FICHE DE SUIVI MISSION SPAN 2		Mirage 2000			
DATE :		Durée : 01H 00			
NOM PILOTE :		Moniteur :			
QUALIFICATION :		CONFIGURATION :			
NOM NOSA :					
QUALIFICATION :					
EXERCICE	I	S	Détection de la panne	Traitement de la panne	Dialogue Equipage
> Panne Huile à la M/R					
> Panne MAN + DOM au D/L					
> Panne USEL					
> ATR longue finale					
> D/L, accélération 450 kt					
> Panne du relais des accessoires					
> Décharge rapide de la batterie					
> Passage en USEL					
> Ejection					
> D/L					
> Panne à la rentrée du train					
> Vidange carburant					
> Panne à la sortie du train					
> ATR					
> D/L, accélération 550 kt					
> Panne GAIN					
> ATR longue finale					
INSUFFISANT (mission à refaire)			SATISFAISANT		
<u>REMARQUES :</u>					
LE PILOTE :		LE MONITEUR :		LE COMMANDANT D'ESCADRILLE :	

## ANNEXE 4

### ACTIVITE SIMULATEUR DU PILOTE DEPUIS SON RETOUR

- SEPTEMBRE 2015 :
  - SPAN1, 1h30,
  - CAPS,1h,
  - SPAN2, 1h30,
  - Pannes, 3h.
  
- NOVEMBRE 2015 :
  - Pré-carte VSV<sup>23</sup>, Carte VSV, 1h30.
  
- JANVIER 2016 :
  - Assaut Air/sol, 1h30.

---

<sup>23</sup> Vol Sans Visibilité.

## ANNEXE 5

### EXTRAIT DU REPERTOIRE D'EMPLOI DE L'AVIATION DE CHASSE

#### Utilisation et contrôle de l'ouverture du parachute frein

8147. L'utilisation du parachute frein est obligatoire dans les cas suivants :
- atterrissage sur une piste d'une longueur inférieure ou égale à 2400 m et masse supérieure à 10T9 pour le Mirage 2000 ;
  - doute sur l'efficacité du freinage ;
  - finale n'étant pas ou ne pouvant pas être effectuée avec une incidence normale  $\pm 1^\circ$  ;
  - vitesse supérieure à 110 kt au panneau 1200 m restants.
8148. Afin de permettre aux pilotes d'avion munis d'un parachute de freinage de pallier, dans les plus brefs délais, une défaillance de ce parachute à l'atterrissage, la vigie doit les tenir informés des conditions d'ouverture de ce parachute.
8149. La vigie doit annoncer au pilote la position du parachute en précisant selon les cas, "*chute open, chute candled, chute is dropped* ou *chute not checked*".
8150. L'annonce "*chute not checked*" doit être systématiquement faite si la vigie a un doute sur la position du parachute, en particulier par mauvaises conditions météorologiques.
8151. De nuit, l'équipage doit annoncer « parachute » pour informer la vigie et les autres aéronefs.