



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE  
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-M-2010-002-I

<b>Date de l'événement</b>	<b>04 février 2010</b>
<b>Lieu</b>	<b>Landivisiau</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>SEM</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>N° 23</b>
<b>Organisme</b>	<b>Marine nationale</b>
	<b>Commandement de la force de l'aéronautique navale</b>
<b>Unité</b>	<b>Flottille 17F</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 : Marine nationale

Photos : pages : 12, 13, 14, 15 : Gendarmerie maritime

Schéma : page 13 : BEAD-air

## TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Tués et blessés	7
1.3 Dommages à l'aéronef	8
1.4 Autres dommages	8
1.5 Renseignements sur le personnel	8
1.6 Renseignements sur l'aéronef	9
1.7 Conditions météorologiques	11
1.8 Aides à la navigation	11
1.9 Télécommunications	11
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	11
1.11 Enregistreurs de bord	12
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	12
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	17
1.14 Incendie	17
1.15 Survie des occupants	17
1.16 Essais et recherches	17
1.17 Renseignements sur les organismes	17
1.18 Renseignements supplémentaires	17
1.19 Techniques spécifiques d'enquête	17
2. Analyse	18
2.1 Séquence d'atterrissage	18
2.2 Recherche des causes de la perte de contrôle	19
3. Conclusion	26
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	26
3.2 Causes de l'événement	26
4. Recommandations de sécurité	27
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	27
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	27
ANNEXES	29
ANNEXE 1 HISTORIQUE DES INTERVENTIONS SUR LE CIRCUIT FREINAGE DU SEM 23	30
ANNEXE 2 RESULTATS DES EXPERTISES REALISEES AU NTI2	31
ANNEXE 3 PROCEDURE SORTIE DE PISTE	32
ANNEXE 4 SCHEMAS CIRCUIT DE FREINAGE SECOURS	33
ANNEXE 5 SCHEMAS CIRCUIT DE FREINAGE NORMAL	34

**GLOSSAIRE**

ALAVIA	Commandement de la force de l'aéronautique navale
BAN	Base aéronautique navale
BEAD-air	Bureau enquête accidents défense air
BF	Bloc frein
CEIPM	Centre d'entraînement et d'instruction au pilotage de la Marine
DGA	Direction générale de l'armement
EPI	Enquêteur de première information
Ft	<i>Feet</i> - pied (1ft =0.3048 mètres)
Kt	<i>Knot</i> - nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h)
SEM	Super étendard modernisé
V1N5	Visite de 1 <sup>er</sup> niveau de maintenance de type 5
V2NR	Visite de 2 <sup>ème</sup> niveau renforcée
VTH	Visualisation tête haute

## SYNOPSIS

Date de l'événement : 4 février 2010 – 15 h 52.

Lieu de l'événement : base aéronautique navale (BAN) de Landivisiau.

Organisme : Marine nationale.

Commandement organique : commandement de la force de l'aéronautique navale (ALAVIA).

Unité : flottille 17F.

Aéronef : Super étendard modernisé (SEM).

Nature du vol : manœuvres élémentaires de combat un contre un.

Nombre de personnes à bord : un pilote.

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

Au cours d'un atterrissage sur la piste de Landivisiau, le pilote perd le contrôle de l'appareil lors de la phase de freinage et sort de piste. Le pilote est indemne.

### Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur adjoint.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur type d'avion.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur type d'avion.
- Un médecin du personnel navigant.

### Autres experts consultés

- DGA Essais propulseurs, site de Saclay.
- DGA Techniques aéronautiques.

### Déclenchement de l'enquête technique

La flottille 17F a émis un message informant de la sortie de piste le jour même. Celui-ci a été reçu au BEAD-air vers 17 h 00 par messagerie. La nature de l'émetteur et le moyen de transmission utilisé n'ont pas permis de traiter l'événement avec le degré d'urgence qu'il méritait. Ainsi, le BEAD-air ne s'est saisi de l'affaire que le lendemain matin.

Un EPI s'est rendu sur le site de l'événement le 5 février 2010. L'avion avait été déplacé pour être stocké dans un hangar et le système de freinage avait été démonté.

L'équipe d'enquête s'est rendu sur la BAN Landivisiau le mercredi 10 février 2010.

### Enquête judiciaire

La procédure judiciaire ouverte par la brigade de gendarmerie maritime de Landivisiau a donné lieu à un classement sans suite du parquet de Rennes.

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Indicatif mission : Quina Red

Type de vol : CAM V<sup>1</sup>

Type de mission : manœuvres élémentaires de combat un contre un

Dernier point de départ : Landivisiau

Heure de départ : 15 h 16

Point d'atterrissage prévu : aérodrome de Landivisiau (LFRJ)

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Préparation du vol

Le vol en patrouille légère s'inscrit dans le cadre d'une mission d'entraînement au combat un contre un.

Le briefing est effectué par le leader qui rappelle la limitation de vent traversier et évoque la prise de brin possible à l'atterrissage. Il demande à son équipier de se poser au milieu de la piste.

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

Au retour de mission, les deux SEM réalisent des évolutions au-dessus de la mer à très basse altitude. Le retour se fait par le point d'entrée réacteur nord-ouest du terrain pour intégrer le circuit en conditions VFR<sup>2</sup>. La piste 08 est en service.

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

Après 36 minutes de vol, la patrouille effectue une arrivée au break par la gauche, dans l'ordre leader puis équipier, quelques secondes après.

Le vent est du 170° pour 15 kt, les rafales à 21 kt.

Le leader se pose en se servant du miroir d'appontage pour gérer sa pente et ne ressent pas de gêne particulière liée au vent traversier.

Le n° 2 procède au dernier virage une quinzaine de secondes environ derrière son leader.

<sup>1</sup> CAM V : circulation aérienne militaire en condition de vol à vue (VMC)

<sup>2</sup> VFR : VMC *flight rules*

Afin de compenser l'effet du vent traversier, il effectue un dernier virage à faible inclinaison et dépasse l'axe de piste. Il parvient à corriger avant de poser les roues et se pose sur l'axe de piste.

Le pilote effectue tout d'abord un freinage aérodynamique puis exerce une légère pression simultanément sur chacun des freins afin d'en vérifier la symétrie. Jugeant le test satisfaisant, il freine de façon franche. L'appareil se déporte alors vers la droite. Le pilote tente de contrer cet effet en exerçant une pression plus soutenue sur le frein gauche mais ne parvient pas à stopper la déviation sur la droite. Au moment où le pilote se rend compte qu'il va sortir de la piste, il actionne le frein secours, ce qui accentue la déviation vers la droite.

L'avion finit sa course hors de la piste, après un parcours de 70 mètres environ dans l'herbe.

Le pilote annonce au leader la sortie de piste avant d'évacuer l'appareil. Ce dernier retransmet l'information au service de contrôle qui déclenche alors l'alerte sécurité.

Des pompiers qui se trouvaient à proximité au moment de l'incident arrivent très rapidement sur les lieux et aident le pilote à évacuer l'appareil. La caravane de sécurité arrive quelques minutes plus tard.

### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Finistère
  - commune : Bodilis
  - coordonnées géographiques:
    - N 48°31'50''
    - W 004°08'50''
  - altitude du lieu de l'événement : 348 ft
- Moment : après-midi
- Aérodrome : Landivisiau

### 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	0	0	0
Graves	0	0	0
Légères	0	0	0
Aucune	1	0	0

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
			x	

Le contrôle de triangulation du train réalisé après la sortie de piste fait apparaître des valeurs hors tolérances. Le relevé de triangulation réalisé en sortie de piste de 2<sup>ème</sup> niveau renforcée (V2NR) était conforme. Le défaut de parallélisme est consécutif à la sortie de piste.

Le reste de la cellule est intègre. Le contrôle moteur par endoscopie n'a révélé aucun dommage.

### 1.4. Autres dommages

Un feu de balisage de piste est endommagé, le capot de protection ayant été arraché par le passage de l'appareil.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

Commandant de bord

- Age : 27 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : centre d'entraînement et d'instruction au pilotage de la marine (CEIPM), mis pour emploi à la flotille 17
  - fonction dans l'unité : stagiaire
- Formation :
  - qualification : pilote stagiaire
  - école de spécialisation : Training Wing 1, section marine de l'école de Meridian, Etats-Unis
  - année de sortie d'école : 2009

- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur type d'avion concerné	Sur tous types	Dont sur type d'avion concerné	Sur tous types	Dont sur type d'avion concerné
Total (h)	360	47	59	47	24	24
Dont nuit	45	5	5	5	0	0
Dont VSV	67	7	12	7	0	0

- Date du dernier vol comme pilote :
  - sur l'aéronef :
    - de jour : 4 février 2010
    - de nuit : 14 décembre 2009
  - sur tous types :
    - de jour : 4 février 2010
    - de nuit : 14 décembre 2009
- Carte de circulation aérienne :
  - type : blanche (minima terrain jaune)
  - date d'expiration : 31 décembre 2010

### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : marine nationale
- Commandement organique d'appartenance : commandement de la force de l'aéronautique navale
- Base aérienne de stationnement : BAN de Landivisiau
- Unité d'affectation : 17F
- Type d'aéronef : SEM n° 23
  - configuration : C3 plein 1, l'avion était équipé de deux réservoirs pendulaires de 595 litres
  - armement : aucun

- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SEM	23	5347.6	IREF <sup>3</sup> : 1464.6	V2NR : 265.3 V1N5 <sup>4</sup> : 26.2
Moteur	ATAR 8K50	28338	3234	NTI2 : 186.6	NTI3 : 319.5

#### 1.6.1. Maintenance

L'avion est maintenu conformément au programme recommandé d'entretien (PRE). La dernière visite de deuxième niveau effectuée est une V2NR c'est-à-dire une profondeur de maintenance supérieure à une V2N et pour laquelle le contrôle des pressions de freinage n'a fait état d'aucun dysfonctionnement.

Aucune intervention sur le circuit de freinage n'a été réalisée lors de la visite de maintenance V1N5 du 18 janvier 2010.

#### 1.6.2. Performances

La distance d'atterrissage du SEM sur piste sèche est d'environ 1200 mètres en configuration normale.

#### 1.6.3. Masse et centrage

Compte tenu de la configuration, la masse et le centrage sont dans les normes.

#### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34
- Carburant restant : 2 x 350 kg

<sup>3</sup> IREF : inspection et réparation par entretien fractionné

<sup>4</sup> V1N5 : visite de premier niveau de maintenance de type 5

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions

Les conditions météo prévues sur la tranche horaire 10 h 00 - 19 h 00 étaient les suivantes :

- Nuages épars de 2500 à 5000 ft
- Visibilité supérieure à 10 km
- Vent du Sud pour 12 kt puis 17 kt dans la tranche horaire 12 h 00 - 14 h 00 avec des rafales prévues à 30 kt

Les conditions météo prévues sur la tranche horaire 13 h 00 - 22 h 00 étaient les suivantes :

- Nuages épars de 1500 à 6000 ft
- Visibilité supérieure à 10 km
- Vent du Sud à 15 kt, rafales à 30 kt

### 1.7.2. Observations

Les conditions observées au moment de l'incident (14 h 52) étaient les suivantes :

- Nuages épars de 6000 à 19000 ft
- Visibilité supérieure à 10 km
- Vent du Sud pour 14 kt rafales à 21,4 kt
- Etat de la piste : sèche

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

Lors du circuit d'atterrissage, le pilote est en contact radio avec le contrôleur vigie sur une fréquence UHF<sup>5</sup> et avec le leader sur une fréquence VHF<sup>6</sup>.

Au moment où le leader dégage la piste, ce dernier quitte la fréquence vigie pour contacter le contrôleur sol afin de demander le roulage retour. Au moment de la sortie de piste du n° 2, il ne dispose donc que la VHF comme fréquence commune avec le n° 2.

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

La piste 08 en service dispose de deux brins d'arrêt, d'une optique d'appontage et d'un feu d'atterrissage (PAPI), tous en fonctionnement.

<sup>5</sup> UHF : *ultra high frequency* – ultra haute fréquence

<sup>6</sup> VHF : *very high frequency* – très haute fréquence

### 1.11. Enregistreurs de bord

Le SEM est équipé d'un magnétoscope à cassette qui permet, selon le choix du pilote, d'enregistrer l'image de la visualisation tête haute (VTH) ou de la visualisation tête moyenne (VTM). Ce dispositif mémorise également la voix du pilote et les communications radio. Les paramètres visualisés sur l'enregistrement de la VTH sont l'horizon, le vecteur vitesse, la vitesse indiquée, l'altitude barométrique, la hauteur radiosonde et le cap vrai.

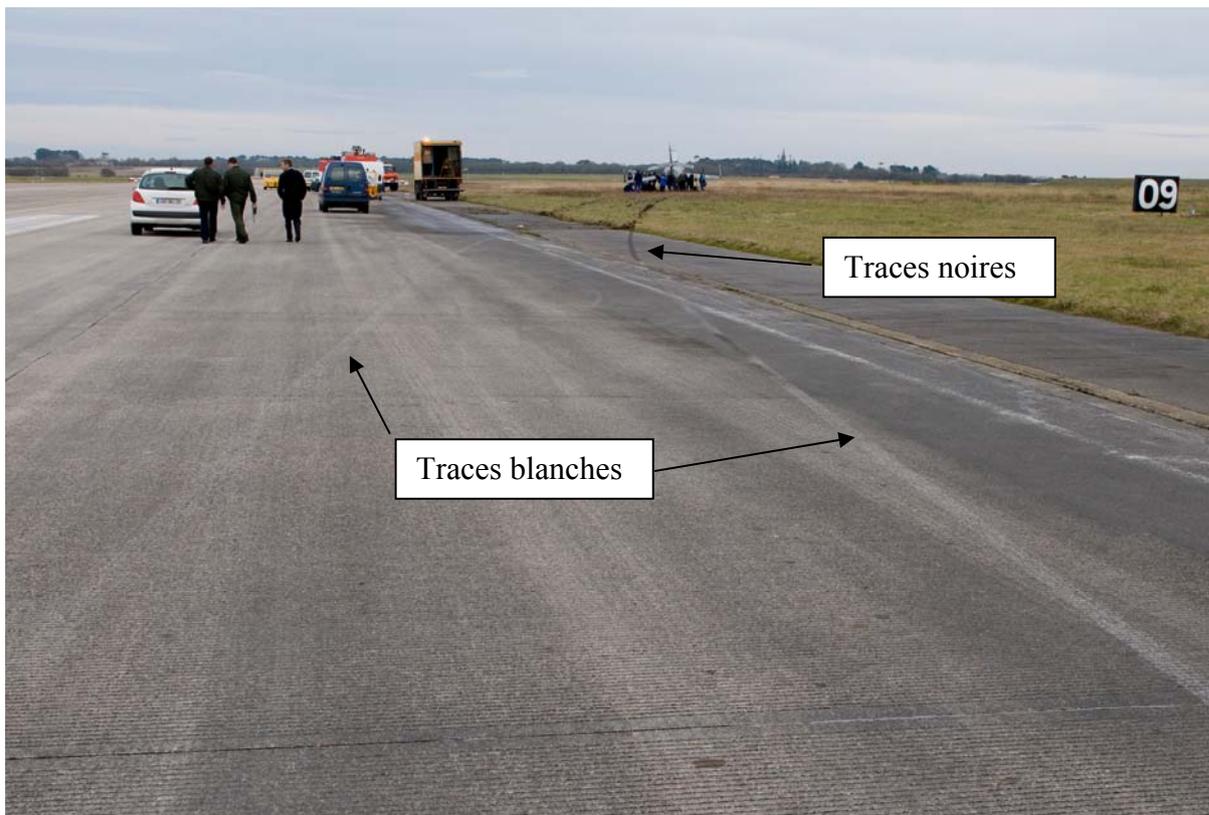
L'enregistrement de la VTH de l'avion accidenté ainsi que celui du leader ont été numérisés et se sont révélés de bonne qualité.

Ils permettent de visualiser la trajectoire et la vitesse à l'atterrissage ainsi que la décélération des aéronefs jusqu'à 70 kt, vitesse en deçà de laquelle l'information disparaît automatiquement du viseur.

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

#### 1.12.1. Examen de la zone

Des traces de pneu continues sont visibles sur la piste peu avant la sortie de piste effective. Elles sont de couleur blanche sur la piste rainurée puis noire sur le revêtement du bas côté.



Traces laissées par l'appareil sur la piste

L'avion est immobilisé, hors de la piste, dans l'herbe, un peu au delà du panneau 900 mètres restants. Il a parcouru 70 mètres environ en zone meuble laissant apparaître trois traces continues au sol de type ornières. Elles correspondent aux traces laissées par les deux trains principaux et la roulette de nez. La trace centrale (roulette de nez) est décalée sur la droite par rapport à la position médiane théorique.



Traces sur la zone meuble

L'écartement latéral de l'avion par rapport à la bordure de piste est d'environ 20 mètres.

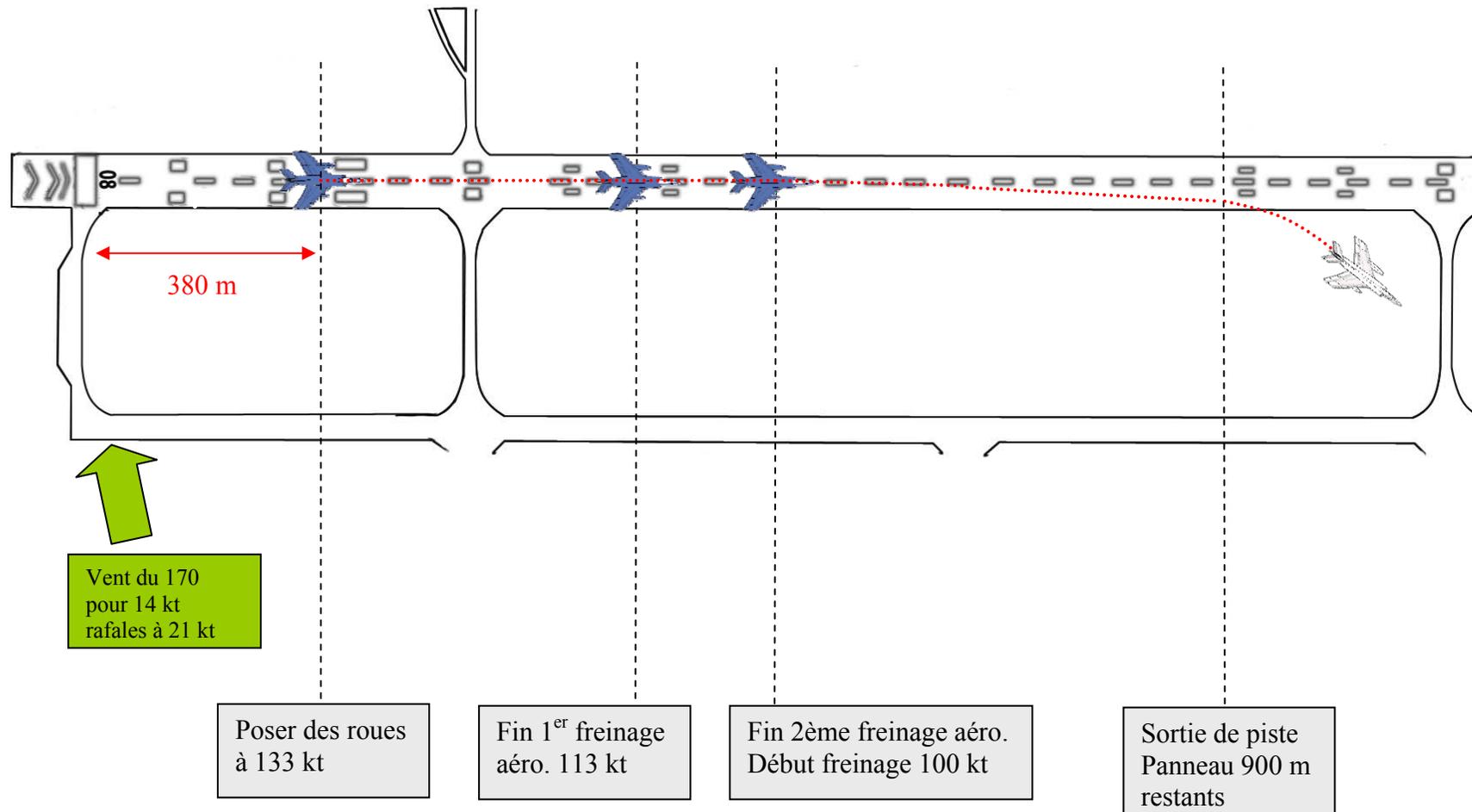


Trace laissée par le train principal gauche

Une des lampes de balisage de piste, figurant sur la trace du train principal gauche est arrachée.

Feu de piste détérioré par le train gauche

### TRAJECTOIRE SUIVI PAR L'APPAREIL AU SOL



### 1.12.2. Examen de l'appareil

L'avion est immobilisé dans l'herbe. Les trois trains sont enfoncés jusqu'à mi-hauteur de roue dans la boue (à cet endroit, le sol est particulièrement meuble).

Les volets sont en position sortis, maculés d'éclaboussures de boue.

Les aérofreins sont en position rentrés mais également maculés de boue et de débris végétaux.

La crosse est en position basse mais aucune trace dans l'herbe ne témoigne de sa présence lors du parcours de l'avion dans l'herbe.



Vue de la partie inférieure de la cellule et des trains principaux

La cellule aéronef est sale mais ne présente pas d'endommagements apparents.

Les trains ne présentent pas d'endommagements apparents.

Les pneus ne présentent pas d'endommagement et ne sont pas dégonflés.

Aucune fuite hydraulique n'est observée.

Les entrées d'air ne laissent pas apparaître de traces de terre.

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

- Dernier examen médical réalisé à l'unité :
  - type : visite semestrielle à l'unité
  - date : 07 septembre 2009
  - résultat : apte groupe 1 sans dérogation
  - validité : 6 mois
- Dernier examen médical au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN):
  - type : visite révisionnelle au CEMPN Toulon
  - date : 28 juin 2007
  - résultat : pilote apte groupe 1 sans dérogation
  - validité : 60 mois
- Examens biologiques :

Aucune réquisition judiciaire n'ayant été émise en ce sens, le pilote n'a pas subi de prélèvements biologiques.
- Blessures : aucune

### **1.14. Incendie**

Sans objet.

### **1.15. Survie des occupants**

#### 1.15.1. Évacuation au sol

Une fois l'appareil immobilisé, le pilote coupe le générateur, l'alternateur, et ouvre la verrière. Il déboucle ensuite son harnais, sécurise le siège éjectable, déboucle la Sater et les rappels de jambe puis évacue.

#### 1.15.2. Organisation des secours

Débutée à 14 h 57 et terminée à 18 h 05, la durée globale de l'intervention est d'environ 3 heures. Cette dernière est effectuée conformément à l'instruction permanente numéro 5 concernant la sécurité aérienne.

### **1.16. Essais et recherches**

Les systèmes anti-patinage ont été expertisés par la DGA Techniques aéronautiques.  
Les fluides du circuit de freinage ont été expertisés par la DGA Essais propulseurs.

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

Sans objet.

### **1.18. Renseignements supplémentaires**

Sans objet.

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

Sans objet.

## 2. ANALYSE

Lors de l'atterrissage, le pilote est confronté à une perte de contrôle de l'appareil qui conduit à une sortie de piste.

L'analyse de l'événement s'appuie sur l'exploitation de l'enregistrement vidéo de la VTH, des transcriptions des communications radio et des témoignages recueillis au cours de l'enquête.

Elle débute par un descriptif de la séquence d'atterrissage et détermine les causes possibles de la perte de contrôle en examinant les domaines environnementaux, techniques et du facteur humain.

### 2.1. Séquence d'atterrissage

#### 2.1.1. Le circuit

L'enregistrement fait état d'un circuit standard jusqu'au point 180°.

Le pilote cherche à anticiper l'effet du vent traversier et effectue un dernier virage avec une inclinaison plus faible que pour un circuit standard. Se rendant compte de l'insuffisance de sa correction, le pilote augmente l'inclinaison pour revenir sur l'axe. Cette action s'additionne au vent traversier qui l'aide dans un premier temps. Cependant, il lui faut très rapidement corriger de nouveau afin de garder l'axe. La dérive observée est conforme à un vent d'une vingtaine de nœuds traversiers. Il est probable qu'une rafale de vent ait perturbé la prise d'axe.

#### 2.1.2. La finale :

Bien que sa finale ne soit pas stabilisée, le pilote récupère ses éléments en très courte finale et touche les roues sur l'axe de piste avec une vitesse adaptée et à une distance du seuil de 380 mètres.

**Le circuit d'approche et la finale sont dans les normes et n'ont pas de lien avec l'événement.**

#### 2.1.3. Le freinage :

##### 2.1.3.1. Freinage aérodynamique

Le nez est maintenu en position haute dans un premier temps afin d'effectuer le freinage aérodynamique. Le pilote l'abaisse assez rapidement avant de se raviser car la vitesse est encore suffisante pour garder le nez haut. Quelques secondes après, le nez de l'avion retombe.

### 2.1.3.2. Freinage aux palonniers

Ne ressentant pas le vent de travers, le pilote n'applique pas d'actions correctrices aux commandes. Atteignant la vitesse de 100 kt, il teste les freins en exerçant une légère pression sur chacun d'eux afin d'en vérifier la symétrie. Il constate une légère dissymétrie qu'il juge non préoccupante car fréquemment rencontrée sur SEM. Il freine ensuite de façon franche. L'appareil part alors à droite. Le pilote tente de contrer cet effet en exerçant une pression plus soutenue sur le frein gauche mais ne parvient pas à stopper la déviation sur la droite. Cette action est répétée deux fois sans que le pilote ne parvienne à redresser suffisamment l'appareil qui se déporte toujours un peu plus à droite.

### 2.1.3.3. Freinage secours

Lorsque la sortie de piste est inéluctable, le pilote actionne le frein secours tout en maintenant une action prépondérante sur le frein gauche. Cette action entraîne une accentuation de la déviation sur la droite.

### 2.1.4. Sortie de piste et évacuation de l'appareil :

L'avion finit sa course hors de la piste, après un parcours de 70 mètres environ dans l'herbe.

Le pilote annonce qu'il coupe le moteur dès l'arrêt de l'avion et évacue normalement l'appareil.

**Conclusion relative au freinage : la perte de contrôle débute au moment du freinage aux palonniers. L'action sur le frein secours a accentué la déviation sur la droite.**

## 2.2. Recherche des causes de la perte de contrôle

Afin de comprendre ce qui s'est passé lors de cet incident, il convient donc d'analyser les facteurs environnementaux, l'ensemble du circuit de freinage et la technicité du pilote à poser son appareil par vent de travers soutenu.

### 2.2.1. Facteurs environnementaux

#### 2.2.1.1. Hypothèse 1

Le vent traversier est la cause directe de cette sortie de piste.

La météo prévoyait un vent du 170° pour 14 kt avec des rafales à 21 kt. Étant donné l'orientation de la piste (08/26), il s'agit donc d'un vent de travers.

Les valeurs mesurées sur le terrain pendant la période considérée sont les suivantes :

	de 15 h 40 à 15 h 43	15 h 44 à 15 h 45	15 h 46	<b>15 h 47</b> à <b>15 h 55</b>	15 h 56
Force du vent	8 kt	8 kt	8 kt	<b>8 kt</b>	8 kt
Rafales	11,8 kt	11 kt	10,2 kt	<b>12 kt</b>	11 kt
Direction	160°	160°	150°	<b>150°</b>	150°

Les valeurs sont suffisamment élevées pour que le vent puisse être ressenti par les pilotes. Il reste néanmoins dans les limites prévues par les règlements d'emploi, y compris pour le stagiaire, limité ce jour à 22 kt de vent traversier.

Le vent est mesuré en continu. Les valeurs figurant dans le tableau représentent la rafale la plus forte. On peut donc écarter l'hypothèse qu'une rafale d'une très forte intensité ait pu souffler et gêner le pilote.

**L'hypothèse selon laquelle une forte rafale de vent traversier ait pu contribuer à la sortie de piste est rejetée.**

#### 2.2.1.2. Hypothèse 2

L'état de la piste a provoqué une perte d'adhérence

Les tests de glissance effectués sur la piste de Landivisiau en octobre 2009, démontrent qu'elle possède des caractéristiques d'adhérence tout à fait satisfaisantes.

Le jour de l'événement, la piste est sèche à l'exception de quelques petites flaques résiduelles sur les bas côtés de la piste.

La difficulté à garder l'axe n'est donc pas due à un aquaplaning.

Dans les semaines qui ont précédé, la piste de Landivisiau a été traitée au produit déverglaçant consécutivement aux différents épisodes de verglas subis à plusieurs reprises.

Date	Quantité utilisée (litres)
6 janvier	1200
7 janvier	2400
8 janvier	2400
11 janvier	1200
1er février	2400
11 février	2400

La piste a notamment été traitée trois jours avant l'accident. Ce type de traitement peut expliquer les traces de pneumatique de couleur claire sur le revêtement. Les véhicules d'intervention ont également laissé des traces similaires.

Cependant, aucun pilote n'a signalé de perte d'adhérence particulière suite à ces traitements.

Des conditions de vent similaires ont été observées le 15 janvier et le 16 février or ces dernières n'ont conduit à aucune perte d'adhérence.

Le fait qu'aucun problème d'adhérence ne soit apparu, y compris avec des météorologies à vents similaires, permet de conclure que l'application du produit déverglaçant n'a pas contribué à la sortie de piste.

**L'hypothèse selon laquelle l'état de la piste ait pu provoquer une perte d'adhérence est rejetée.**

## 2.2.2. Domaine technique

### 2.2.2.1. Au NTI2

Les examens des jantes, pneumatiques et blocs frein permettent d'écarter l'hypothèse de leur dysfonctionnement. La pression hydraulique admise en entrée de bloc frein est retransmise symétriquement en énergie de freinage par frottement uniforme des trois pistons (par bloc frein) sur le disque (un disque par BF).

L'éventuel différentiel de freinage induit par les relais détendeurs (+1% à gauche, -1% à droite) ne peut expliquer la déviation sur la droite. Il aurait plutôt déporté l'avion sur la gauche de sa trajectoire.

Considérant les résultats des expertises effectuées au NTI2, l'hypothèse d'un dysfonctionnement du système de freinage du SEM 23 est très peu probable. Le circuit de pressurisation des blocs de freins est fonctionnel et garantit un freinage normal proportionnel à la sollicitation sur les palonniers.

Malgré un début de freinage vers 100 kt pour 95 kt préconisés, les équipements du système de freinage ne présentent pas de signe de fatigue.

Le visionnage de la cassette montre que les actions sur le frein gauche entraînent bien un mouvement du nez de l'avion vers la gauche, et qu'il est donc efficace.

Les résultats des analyses techniques effectuées au NTI2 ne permettent pas de retenir les hypothèses suivantes :

- freinage persistant ou trop fort à droite ;
- freinage insuffisant ou trop faible à gauche.

Une accélération arrêt a été réalisée pour conclure les essais : pas de dissymétrie, pas de freins mous.

**Cette dernière opération permet d'écarter l'hypothèse d'un dysfonctionnement du transmetteur double.**

### 2.2.2.2. Expertise confiée à la DGA-Techniques aéronautiques

Les maxarets ont été expertisés en statique puis en dynamique à la DGA Techniques aéronautiques. Ces expertises n'ont révélé aucun défaut ayant pu entraîner la sortie de piste.

### 2.2.2.3. Analyse des témoignages

**Le témoignage du pilote permet cependant d'envisager un problème technique sur l'avion.**

En effet, les corrections qu'il applique sont cohérentes mais ne produisent pas l'effet escompté. Il a d'ailleurs la sensation d'avoir subi un problème de « sur-freinage » à droite.

Antécédents :

Deux événements de ce type sont déjà arrivés sur le SEM N° 15 auparavant.

Une première fois un sur-freinage à droite avait provoqué une décélération très importante de l'avion et un franc embarquement sur la droite. La deuxième fois, les 2 roues principales avaient subi un sur-freinage sans intervention du pilote. L'axe avait pu être gardé car le freinage avait été symétrique. Le pilote avait dû afficher un régime particulièrement élevé pour reprendre le roulage vers le parking. **Les examens techniques n'avaient pas permis d'expliquer ces incidents.**

Ces exemples démontrent qu'un sur-freinage est possible. Il est possible qu'une panne de ce type (notamment à droite) ait pu conduire à la sortie de piste examinée. Le pilote malgré ses coups de freins répétés à gauche, n'aurait ainsi pas réussi à garder le nez dans l'axe.

En l'état actuel des investigations techniques, aucun élément ne permet de mettre en cause la chaîne de freinage, tant au niveau des relais distributeur qu'au niveau des maxarets.

**Malgré les résultats de l'investigation technique, l'hypothèse selon laquelle une défaillance technique des systèmes de freins est à l'origine de cette sortie de piste ne peut être écartée en raison des témoignages des pilotes ainsi que des antécédents observés.**

### 2.2.3. Facteurs humains

L'analyse facteurs humains a pour objectif, dans l'hypothèse où les actions du pilote auraient pu conduire à la sortie de piste, de comprendre le mécanisme de ces actions et d'identifier les sources de variabilité de la performance humaine.

#### 2.2.3.1. Erreurs de perception et représentation de la situation

Avant l'atterrissage, la représentation du pilote est celle d'un poser par vent traversier sensible. C'est pourquoi il tente de le compenser lors du dernier virage. Cette manœuvre est inadaptée et il dépasse l'axe de piste. Il est donc probable que sa représentation de la situation change alors à ce moment et qu'il pense ne pas être en présence d'un vent traversier gênant.

Le leader témoigne n'avoir pas ressenti les effets du vent traversier. On peut néanmoins penser que son expérience gomme ses sensations de pilotage au point qu'il ait fait ses corrections par automatisme.

Au cours de sa carrière aéronautique, le stagiaire a déjà été confronté au pilotage par vent traversier mais son lâché « vent travers 22 kt » est récent, et, à part le matin même, il n'a jamais expérimenté ces conditions de vent sur SEM. Il déclare posséder de multiples expériences de l'effet girouette<sup>7</sup>. Il n'en a pas ressenti les effets lors du roulage précédant le décollage, ni lors de sa mission du matin, durant laquelle les conditions de vent étaient légèrement inférieures mais similaires, ce qui vient peut être conforter sa représentation de la situation d'un vent traversier peu gênant.

Cette représentation de la situation le conduit à ne pas engager la direction et ne pas mettre de « manche dans le vent » ce qui ne l'aide pas à la conduite de son avion dans ces conditions de vent.

**Ses actions sont adaptées à un problème de freinage mais pas à un vent traversier.**

**Il est possible qu'une représentation erronée de la situation par le pilote l'ait amené à occulter les effets du vent traversier.**

#### 2.2.3.2. Erreurs fondées sur les habiletés

Le pilote déclare ne pas avoir freiné jusqu'en butée de la pédale à gauche, y compris lorsqu'il commençait à percevoir qu'il allait sortir de piste. Une action jusqu'à la butée de la pédale lui aurait peut être permis de constater que l'efficacité du frein gauche était assez consistante pour garder l'avion sur piste. Il déclare également ne pas être allé en butée de l'utilisation possible du frein secours. Une utilisation plus appuyée du frein secours n'aurait cependant pas changé l'issue de la trajectoire.

Dans ce cadre, n'appliquant pas l'entière correction possible au frein (basculement du palonnier jusqu'en butée) et n'actionnant pas le palonnier, il se peut que, soumis à une rafale, son pilotage n'ait pas permis de contrer l'effet girouette. En effet, on constate sur la vidéo que la déviation s'accroît en même temps que la vitesse de l'appareil diminue, ce qui est cohérent avec l'apparition d'un effet girouette qui se fait plus sensible à basse vitesse.

Le pilote sent la déviation à droite s'accroître. Malgré l'appui progressivement augmenté sur le frein gauche, le pilote ne la contre pas. Il répète la séquence relâche-appui sur ses palonniers principalement à gauche. Or, un positionnement trop bas des pieds peut réduire l'efficacité du freinage.

**L'hypothèse selon laquelle une action insuffisante du pilote sur le palonnier et le frein gauches n'ait pas permis de corriger la déviation est possible.**

<sup>7</sup> Effet girouette : cet effet se manifeste par vent de travers, celui-ci exerce alors une pression importante sur toutes les surfaces verticales exposées. Ces surfaces étant plus importantes à l'arrière du centre de gravité, la résultante de la pression du vent relatif tend à faire tourner l'appareil sur son axe de lacet et oriente l'avion dans le lit du vent.

### 2.2.3.3. Erreurs de connaissance

#### 2.2.3.3.1. Conditions préalables aux erreurs

##### 2.2.3.3.1.1 Faible expérience

Le stagiaire possède une expérience aéronautique de débutant mais a déjà pratiqué plusieurs types d'avion. Ayant moins de 100 heures de vol sur l'appareil, il en est au stade cognitif selon le modèle d'acquisition d'expertise d'Anderson et donc encore au stade de la découverte de la machine et de l'apprentissage des circuits. Cette phase est statistiquement source de nombreuses erreurs.

##### 2.2.3.3.1.2 Etat de la personne

Le pilote n'a pas consulté dans les jours qui précèdent et se dit en excellente forme physique.

Aucune prise médicamenteuse n'est mentionnée ni suspectée.

Il s'agit du deuxième vol de la journée. Le premier, en matinée, de type combat rapproché, a duré 45 minutes. Il s'est déroulé nominalement et n'a pas entraîné un surcroît de fatigue notable.

Ainsi, préalablement au vol, le mode de vie du pilote, son état de santé physique et moral, ne permettent pas d'en extraire une quelconque cause pouvant expliquer cette sortie de piste.

Le vol, quant à lui, d'une durée de 45 minutes, s'est déroulé correctement. Les communications sont bonnes. Le pilote n'a jamais ressenti de gêne physique, il n'a pas présenté de perte de connaissance et n'a vécu a priori aucune illusion sensorielle.

**L'hypothèse selon laquelle la sortie de piste est liée à un problème médical est rejetée.**

#### 2.2.3.3.2. Gestion de la sortie de piste

##### 2.2.3.3.2.1 Frein secours

En agissant simultanément sur le circuit de freinage normal et la commande de frein secours de façon progressive, le tiroir navette peut se trouver dans une position intermédiaire, à l'équilibre des pressions, et désinhiber de façon momentanée le freinage (cf. annexe 3 : schémas circuits de freinage).

C'est la raison pour laquelle la documentation technique précise qu'**il est interdit d'agir en même temps sur les commandes de freinage normal et secours**. En agissant ainsi, la roue droite a subi un freinage fort jusqu'au blocage (trace de pneu noire sur la trajectoire droite) et la roue gauche un déficit de freinage. Ceci explique d'une part la dérive à droite accentuée lorsque le pilote actionne le freinage secours et d'autre part le dérapage dans l'herbe comme en témoigne la proximité de la trace de la roulette de nez par rapport à la roue droite.

**L'utilisation simultanée du frein de secours et du frein sur le palonnier gauche a probablement accentué la déviation sur la droite.**

#### 2.2.3.3.2.2 Sortie de piste et évacuation rapide

Certains items de la procédure secours ont été omis : le moteur aurait dû être coupé dès la sortie de piste et non à l'arrêt de l'avion. La crosse aurait également dû être sortie. Elle peut permettre de ralentir la progression de manière non négligeable.

La procédure prévoit en cas de sortie de piste une évacuation d'urgence de l'appareil ce que le pilote n'a pas fait car il a jugé que l'avion n'avait subi aucun dégât et qu'il n'y avait pas d'urgence à quitter le cockpit.

Le pilote privilégie la mise en sécurité de son siège éjectable afin de sécuriser l'évacuation de l'avion et sa prise en charge par le personnel d'intervention.

**Les procédures de sortie de piste et d'évacuation d'urgence ont été appliquées de façon incomplète.**

Les photos effectuées quelques minutes après l'accident montrent que les aérofreins sont rentrés et que la crosse est sortie. Or le pilote affirme ne pas avoir manœuvré cette dernière et que ses aérofreins étaient bien sortis comme dans tout circuit d'atterrissage standard.

Après avoir recueilli les témoignages du personnel s'étant rendu sur les lieux, il s'avère que personne n'a effectué de manœuvre dans le cockpit dans les minutes qui ont suivies. Des actions ont été cependant entreprises par la suite pour désembourber l'avion.

L'explication de ces modifications de configuration est d'ordre mécanique. Lorsque le régime moteur chute, la baisse de pression hydraulique fait automatiquement rentrer les aérofreins. En l'absence d'énergie électrique, la crosse n'est plus maintenue en position relevée et s'incline irrémédiablement jusqu'au sol.

**Il n'y a donc aucune anomalie dans le fait de retrouver l'avion avec les aérofreins rentrés et la crosse sortie même si le pilote n'a pas agi pour se mettre dans cette configuration.**

### **3. CONCLUSION**

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

- L'atterrissage a lieu avec un vent traversier d'une force modérée.
- Le pilote est peu expérimenté.
- Les examens et expertises techniques n'ont pas permis de déceler un défaut du système de freinage.
- L'entretien, la maintenance et le suivi technique du SEM n°23, relatés par la documentation technique de l'avion ne montrent aucun écart.
- L'analyse de la bande vidéo montre une tendance de l'appareil à se diriger vers la droite et l'impossibilité du pilote à lui faire reprendre une trajectoire normale.
- L'action simultanée du frein de secours et du frein gauche a accentué la déviation sur la droite.
- Le pilote a d'une part la sensation d'actionner normalement un frein gauche efficace et d'autre part ressent le freinage de la roue droite sans action de sa part.

#### **3.2. Causes de l'événement**

Les expertises techniques de l'ensemble du circuit de freinage n'ayant révélé aucune défaillance technique, il est possible que la sortie de piste soit due à un défaut de technicité du pilote qui ne lui a pas permis, à son niveau d'expérience, de contrer la déviation de la trajectoire.

Cependant, le pilote témoigne d'une sensation de sur-freinage sur la droite et des précédents incidents de sur-freinage sur SEM n'ont pu être techniquement expliqués. Une défaillance technique, non expliquée, du système de freinage ne peut donc être totalement écartée.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Des expertises techniques approfondies n'ont pas permis de déceler de dysfonctionnement des organes de freinage du SEM n°23. Cependant, des cas de freinage intempestif aux conséquences limitées se sont déjà produits sans que l'origine ait pu en être expliquée. En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**au commandement de la force aérienne navale de mener une étude, en liaison avec l'autorité technique DGA et le constructeur, visant à approfondir la recherche des causes de freinages intempestifs non expliqués.**

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

#### 4.2.1. Erreurs d'exécution

Au cours de la dynamique de la sortie de piste, le pilote, sous l'effet du stress, a commis un certain nombre d'erreurs parmi lesquelles :

- l'utilisation simultanée du frein secours et du frein normal ;
- l'oubli de sortie de la crosse ;
- la coupure différée du moteur ;
- la non application de la procédure d'évacuation rapide de l'appareil.

En particulier, sur SEM, l'utilisation simultanée du frein secours et des freins aux palonniers peut nuire à l'efficacité du freinage.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**au commandement de la force aérienne navale :**  
**- de rappeler aux pilotes en formation le risque encouru lors de l'utilisation simultanée du frein secours et des freins aux palonniers ;**  
**- de leur dispenser un large retour d'expérience concernant cet événement notamment dans le domaine de l'application des procédures.**

Prévenu par son numéro 2 de la sortie de piste sur la fréquence intra patrouille, le leader de la patrouille a annoncé au contrôle la sortie de piste.

**En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air rappelle que pour préserver la célérité de déclenchement des secours, la sortie de piste doit, d'abord, être annoncée sur la fréquence contrôle.**

#### 4.2.2. Exécution des procédures d'urgence

Même si les actions du pilote étaient adaptées à sa perception de la situation, il est à noter que ce dernier n'a pas eu conscience de la percussio n d'une lampe de piste et qu'une fuite hydraulique ou un autre événement technique ne doit jamais être écarté. L'application stricte de la procédure permet de se prémunir de ce genre d'aléas.

**En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air rappelle la nécessité d'effectuer une évacuation rapide suite à une sortie de piste.**

#### 4.2.3. Notification de l'événement

Le BEAD-air a été tardivement informé de l'événement qui n'a pas été traité avec le degré d'urgence qu'il méritait.

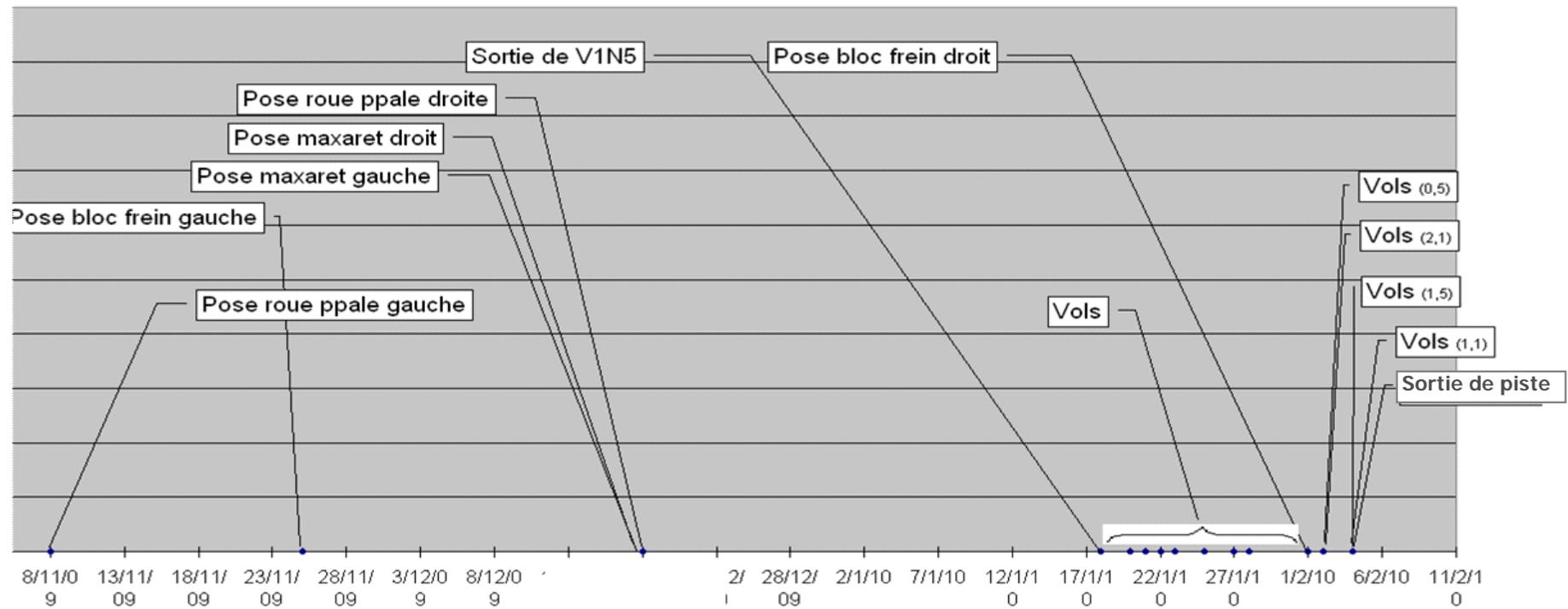
Le BEAD-air rappelle que conformément aux termes de l'instruction ministérielle n° 7401/DEF/CAB du 15 mai 2007 relative à la conduite des enquêtes techniques, **tous les vecteurs d'information à la disposition des organismes d'occurrence doivent être utilisés afin de procéder à la notification réflexe permettant d'informer le plus rapidement possible le BEAD-air. Plus particulièrement, les centres de permanence des différentes armées, organismes et délégation procéderont à une notification réflexe téléphonique systématique dès la connaissance de l'événement.**

## ANNEXES

ANNEXE 1	Historique des interventions sur le circuit freinage du SEM 23 .....	30
ANNEXE 2	Résultats des expertises réalisées au NTI2 .....	31
ANNEXE 3	Procédure sortie de piste .....	32
ANNEXE 4	Schémas circuit de freinage secours .....	33
ANNEXE 5	Schémas circuit de freinage normal .....	34

ANNEXE 1

Historique des interventions sur le circuit freinage du SEM 23



## ANNEXE 2

### Résultats des expertises réalisées au NTI2

1/ Analyse des prélèvements hydrauliques : RAS.

2/ Contrôle des pressions de freinage juste après l'événement : RAS à la montée en pression, RAS à la chute de pression : retour à 0. Test réalisé à trois reprises.

3/ Contrôle des Maxarets en statique :

Contrôles des cotes d'enfoncement des Maxarets juste après l'événement : RAS (FA 3401 du GCC AN 205-03-1 - chapitre B-4)

- gauche : écrasement 25 mm - enfoncement 8 mm

- droit : écrasement 25 mm - enfoncement 8 mm

Contrôles en atelier : RAS conformément à la FOM n° 2/SAA-AHY/NP/ED01-ATA 32-40 à l'exception des repères rouges effacés partiellement.

4/ Contrôle des blocs frein :

RAS suivant FOM n° 04 SAA – SMEP - ROUE/FREINS/NP/ED01 ATA : 32-40-30

5/ Contrôle des roues principales : RAS suivant FOM n° 02 SAA – SMEP - ROUE/FREINS/NP/ED01 ATA : 32-40-01

Le pneumatique gauche présente un léger arrachement de gomme. Cet arrachement pourrait être le résultat du choc du pneumatique avec le balisage piste.

6/ Contrôle des indices d'utilisation des trains principaux : RAS.

7/Contrôle en atelier des relais détenteur.

Les résultats des essais atelier sur le relais détenteur gauche montrent que celui-ci délivre :

- une pression détendue max de 140 bars pour une plage de pression admissible de [134-138],
- une pression détendue réduite de 105 bars pour une plage admissible de [96-104].

Les résultats des essais atelier sur le relais détenteur droit montrent que celui-ci délivre une pression détendue réduite de 96 bars pour une plage admissible de [96-104].

Par ailleurs, un débit de fuite très faible est observé par l'orifice de mise à l'air libre. Ce débit de fuite est certainement la cause de la valeur de pression détendue réduite sous la tolérance.

Le relais détenteur gauche est donc réglé un peu fort (+1%).

Le relais détenteur droit est donc réglé un peu faible (-1%).

### ANNEXE 3

#### Procédure sortie de piste

Extrait du mémento pilote MCC AN205.

Panne à réaction immédiate :

- 1- MANETTE SUR STOP
- 2- CROSSE SORTIE
- 3- PARACHUTE SORTI (si Vi supérieur à 100 Nd)
- 4- FREIN SECOURS
- 5- COUPER BATT-GENE-ALTER
- 6- LARGAGE EVENTUEL DES CHARGES
- 7- AVION IMMOBILISE
- 8- EVACUER RAPIDEMENT
- 9- SI RISQUE DE COLLISION EJECTION

Section 7.3.4 de l'Instruction Permanente de Sécurité du SUPER-ETENDARD MODERNISE (SEM) du 12 mai 2000.

C'est un atterrissage dont l'issue est rendue aléatoire par :

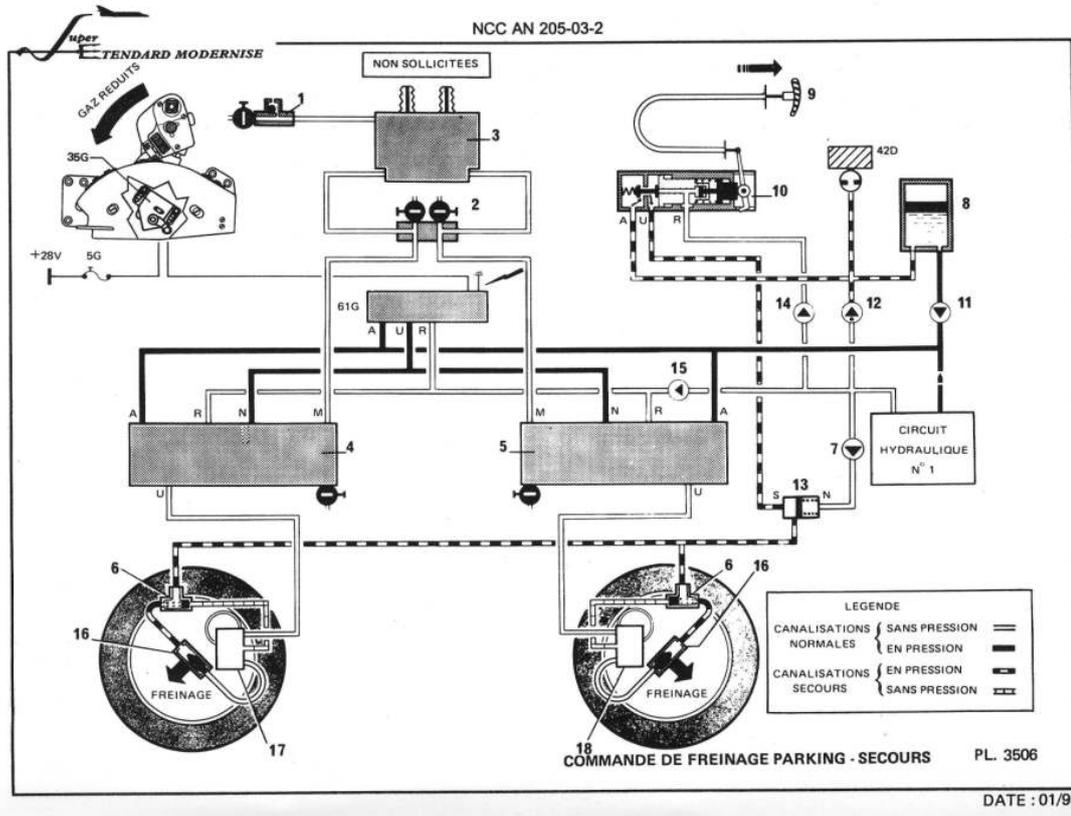
- une avarie de train ;
- un doute sur la possibilité d'arrêter l'avion sur la longueur de piste disponible.

- Effectuer si possible une **finale longue et stable** type GCA
- Appliquer les **consignes d'atterrissage forcé**
- Viser l'**entrée de bande**
- **Approcher** dans le **vert ambre**
- Sortir le **parachute** à 150 nd ou prendre les **brins** (sauf cas particulier de certaines pannes de train)

Rechercher la précision du point de toucher et la douceur de l'impact (contrôle du taux vario en courte finale).

## ANNEXE 4

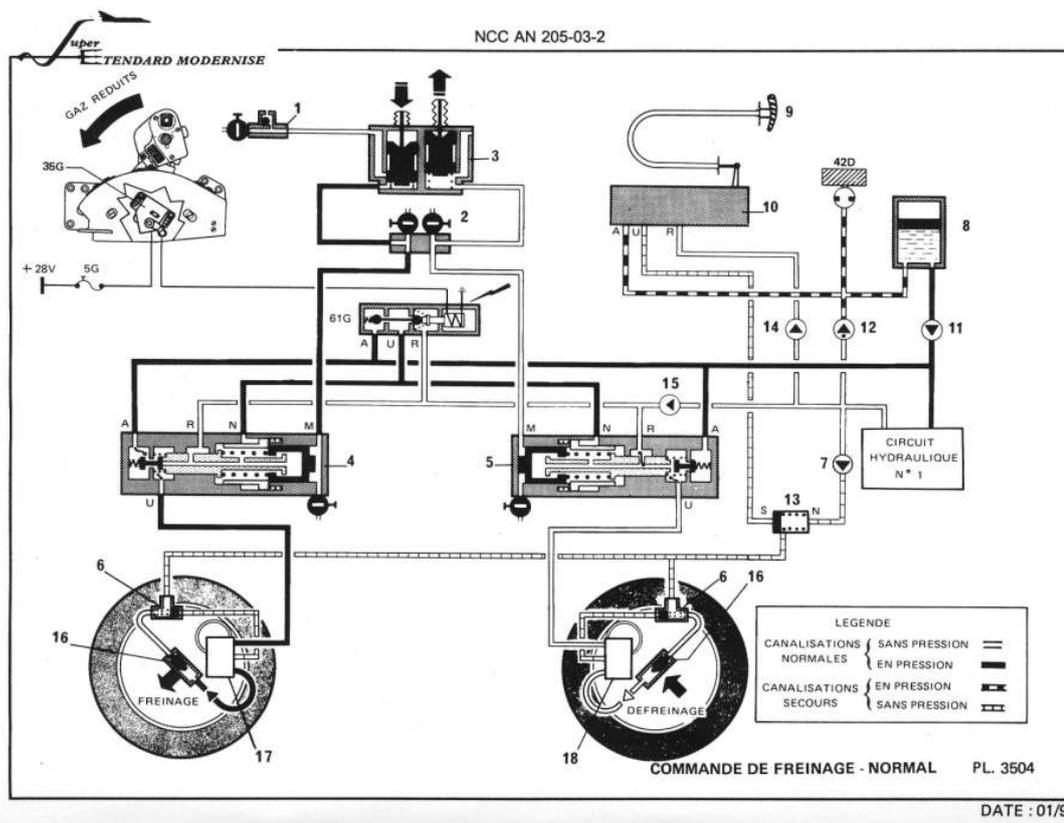
## Schémas circuit de freinage secours



- 2 : bloc de purge
- 3 : transmetteur
- 4 et 5 : relais détenteur
- 6, 7, 11, 14 et 15 : clapets anti retour
- 8 : accumulateur freinage secours
- 9 : commande de frein secours et parking
- 10 : détenteur hydraulique de secours
- 12 : clapet de surpression
- 13 : tiroir navette
- 16 : tiroir de secours
- 17 et 18 : dispositif Maxaret

## ANNEXE 5

## Schémas circuit de freinage normal



- 2 : bloc de purge
- 3 : transmetteur
- 4 et 5 : relais détenteur
- 6, 7, 11, 14 et 15 : clapets anti retour
- 8 : accumulateur freinage secours
- 9 : commande de frein secours et parking
- 10 : détenteur hydraulique de secours
- 12 : clapet de surpression
- 13 : tiroir navette
- 16 : tiroir de secours
- 17 et 18 : dispositif Maxaret