



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT

D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air M-2016-003-I

Date de l'évènement 6 février 2016

Lieu Golfe Persique

Type d'appareil Super Étendard Modernisé

Immatriculation F-XGCX / n°43

Organisme Marine nationale

Unité Flottille 17 F

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 GMT (*Greenwich Mean Time*).

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 : marine nationale

Photos :

- Pages 12, 13, 14, 15, 16, 24 et 28 : marine nationale

Illustrations :

- Pages 8, 9, 12, 13, 17, 19, 23, 25, 28, 29, 30, 31 et 32 : BEAD-air
- Pages 12, 18 et 25 : marine nationale

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. Tués et blessés	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le pilote	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	11
1.9. Télécommunications	11
1.10. Renseignements sur la plateforme aéronautique	11
1.11. Enregistreurs	11
1.12. Renseignements sur la zone de l'évènement et sur l'appareil	12
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques du pilote	14
1.14. Incendie	14
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	14
1.16. Essais et recherches	16
1.17. Renseignements sur les organismes	16
1.18. Renseignements supplémentaires	17
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	20
2. Analyse	21
2.1. Expertises	21
2.2. Séquence d'évènement	28
2.3. Recherche des causes de l'évènement	31
2.4. Intervention médicale immédiate	33
3. Conclusion	35
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	35
3.2. Causes de l'évènement	36
4. Recommandations de sécurité	37
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	37
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	37

GLOSSAIRE

CAS	<i>close air support</i>
PA	porte-avions
PN	personnel navigant
OA	officier d'appontage
SEM	Super Etendard Modernisé
VLIPE	véhicule léger d'intervention pont d'envol

SYNOPSIS

Date de l'évènement : 6 février 2016
 Lieu de l'évènement : golfe Persique
 Organisme : marine nationale
 Commandement organique : commandement de la force de l'aéronautique navale (ALAVIA)
 Unité : flottille 17 F
 Aéronef : Super Etendard Modernisé (SEM)
 Nature du vol : mission opérationnelle
 Nombre de personnes à bord : 1

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le samedi 6 février 2016, une patrouille légère de SEM est catapultée du porte-avions (PA) « Charles de Gaulle » pour une mission opérationnelle.

A l'issue de la mission, la patrouille revient vers le PA. Au cours de l'approche du leader, l'officier d'appontage (OA) estime que le taux de descente est trop fort et ordonne au pilote d'augmenter le régime moteur. Celui-ci affiche plein gaz.

A l'appontage à 13h27, la fourche de l'atterrisseur auxiliaire impacte le pont lorsque l'amortisseur arrive en butée puis se rompt. La roue avant est projetée vers l'îlot¹. L'appareil s'immobilise rapidement.

Le pilote et une personne présente sur le pont sont blessés, l'appareil est endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un expert technique du BEAD-air.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur SEM.
- Un officier pilote ayant une expertise d'officier d'appontage.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur SEM.
- Un médecin breveté de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- DGA Essais propulseurs / DAI / RESEDA.
- DGA Techniques aéronautiques
- Atelier industriel de l'aéronautique de Cuers-Pierrefeu

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu le samedi 6 février 2016 à 18h00 (heure légale française) par le bureau de maîtrise des risques aéronautiques de l'aéronautique navale. Un EPI présent sur le porte-avions est désigné et procède aux premières constatations.

Le groupe d'enquête se réunit le mercredi 10 février sur le PA.

¹ Superstructure du PA située au-dessus du pont d'envol sur tribord abritant notamment la passerelle aviation.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : CAM V
 Type de mission : *Close Air Support* (CAS)
 Point de départ : PA « Charles de Gaulle »
 Heure de départ : 07h39 GMT
 Point d'atterrissage : PA « Charles de Gaulle »

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Une mission opérationnelle de CAS par une patrouille légère de SEM est programmée pour le 6 février. Le leader et son équipier préparent leur mission dans l'après-midi du 5 février.

Les pilotes de la patrouille assistent à un briefing général environ 2 heures avant le catapultage. A l'issue, un briefing spécifique au vol est réalisé par le leader.

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

La patrouille est catapultée à 07h39. Après un vol de 5h50, elle intègre le circuit d'appontage.

Durant celui-ci, le leader met son avion à la masse souhaitée par vidange de carburant et configure son appareil.

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

Au début de l'approche², le leader est un peu haut et un peu rapide par rapport à la trajectoire idéale. Il réduit légèrement la puissance pour retrouver la trajectoire souhaitée. L'OA remarque que la trajectoire de rattrapage du plan est trop prononcée. Il ordonne au pilote de « raccrocher³ au moteur » pour éviter que ce dernier ne passe sous le plan de descente désiré. Le leader augmente un peu le régime moteur et revient sur la trajectoire.

A environ mi-finale⁴ (« *mi-groove* »), l'OA ordonne à nouveau d'augmenter le régime moteur ainsi que de prendre l'assiette requise pour l'appontage. Le pilote corrige conformément aux ordres de l'OA.

Peu avant le dernier tiers de la finale⁵ (« *close* »), l'OA remarque que le taux de descente augmente fortement ce qui va provoquer le passage sous le plan. Il annonce à 4 reprises au pilote « moteur » en accentuant son intonation. Le pilote affiche « plein gaz ».

² L'approche comporte une partie en virage et une partie en ligne droite. Elle commence à l'acquisition visuelle de l'optique par le pilote, cf. §1.18.3.

³ Signifie que le pilote doit augmenter le régime moteur.

⁴ Cf. §1.18.3 « Le circuit d'appontage », page 19.

⁵ Cf. §1.18.3 « Le circuit d'appontage », page 19.

A l'entrée du pont d'envol, la poussée maximale du moteur est établie. L'avion a une trajectoire légèrement ascendante lorsque la crosse de l'appareil prend le brin n°1⁶. L'appareil est plaqué brutalement sur le pont. L'atterrisseur droit touche le pont en premier, suivi par l'atterrisseur auxiliaire et enfin par le gauche.

Lorsque la roue avant touche le pont d'envol, l'amortisseur se comprime jusqu'à atteindre sa butée. La fourche entre alors en contact avec le pont puis se brise.



Vue du contact entre la fourche et la piste



Vue de la rupture de la fourche

La roue avant est projetée vers la proue du PA. L'appareil s'immobilise rapidement.

1.2. Tués et blessés

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

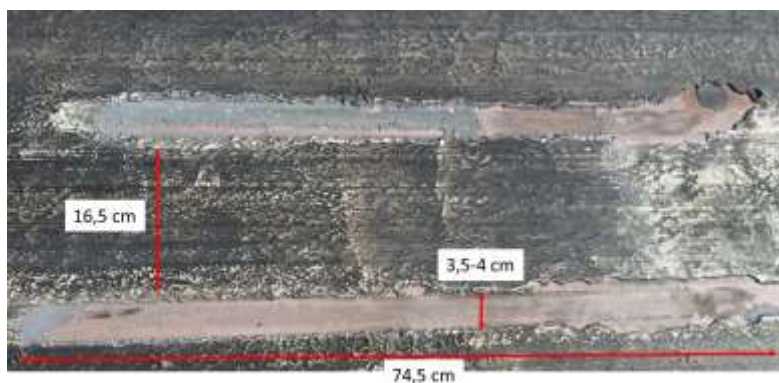
1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
SEM n°43			X	

⁶ Cf. §1.12.1 « Examen de la zone de l'évènement », page 12.

1.4. Autres dommages

Les contacts entre la fourche de l'atterrisseur auxiliaire et le pont d'envol ont endommagé partiellement le revêtement de la piste.



1^{ère} partie endommagée du pont d'envol



2^{ème} partie endommagée du pont d'envol

1.5. Renseignements sur le pilote

- Age : 31 ans
- Unité d'affectation : Flottille 17 F
 - fonction dans l'unité : responsable armement et tactique
- Formation :
 - qualification : sous-chef de patrouille
 - école de spécialisation : *Squadron VT7 « EAGLE »* (US Navy)
 - année de sortie d'école : 2008
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont SEM	sur tout type	dont SEM	sur tout type	dont SEM
Total (h)	1 728	771	132	132	39	39

- Date du dernier vol de jour sur l'aéronef : 31 janvier 2016
- Nombre d'appontages : 228 dont 23 de nuit

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : marine nationale
- Commandement organique d'appartenance : commandement de la force de l'aéronautique navale
- Base de stationnement : PA « Charles de Gaulle »
- Unité d'affectation : Flottille 17 F
- Type d'aéronef : SEM
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	SEM standard 5	43	6 377	V2NR ⁷ : 356
Moteur	ATAR 8K50	28322	3 497	VI ⁸ : 153

1.6.1. Maintenance

L'entretien est conforme au programme de maintenance en vigueur.

L'atterrisseur auxiliaire a été posé sur le SEM n°43 le 3 avril 2015. Le dernier contrôle de son amortisseur a été effectué à la même date et a révélé un fonctionnement normal. Depuis cette intervention, aucun posier dur ni aucun dysfonctionnement n'a été répertorié.

1.6.2. Performances

L'aéronef ne fait l'objet d'aucune réserve de vol.

1.6.3. Masse et centrage

Masse de l'avion au catapultage : 10 958 kg

Masse de l'avion à l'appontage : 8 100 kg

Le centrage est dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 3 554 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 700 kg

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

⁷ V2NR : Visite de 2^{ème} Niveau Renforcée qui génère 400 heures de vol ou 18 mois de potentiel.

⁸ VI : visite intermédiaire après 200 heures de vol.

1.7. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques au moment de l'évènement sont les suivantes :

- vent météorologique : 200°/3 kt ;
- visibilité : supérieure à 10 km ;
- température de l'air : 19°C ;
- QNH : 1 016 hPa ;
- houle : hauteur des vagues inférieure à 50 cm.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Le pilote est en liaison radio avec le PA (OA, passerelle aviation) et avec son équipier.

1.10. Renseignements sur la plateforme aéronautique

Au moment de l'évènement, le PA fait route au 190° à la vitesse sur l'eau de 24,4 kt. Le vent sur le pont est de 29 kt.

Les avions atterrissent sur la piste oblique. Elle est décalée de 8°30 par rapport à la ligne de foi du PA et mesure 203 m de long sur 20 m de large.

1.11. Enregistreurs

Le SEM ne dispose pas d'enregistreur de paramètres de vol de type *cockpit voice and flight data recorder*. Nonobstant, il est équipé d'un magnétoscope à cassette Hi8 qui enregistre la visualisation tête haute du pilote et les échanges radio.

De plus, la partie finale de l'appontage a été enregistrée par neuf caméras différentes.

1.12. Renseignements sur la zone de l'évènement et sur l'appareil

1.12.1. Examen de la zone de l'évènement

Le revêtement du pont d'envol a été endommagé à plusieurs endroits.

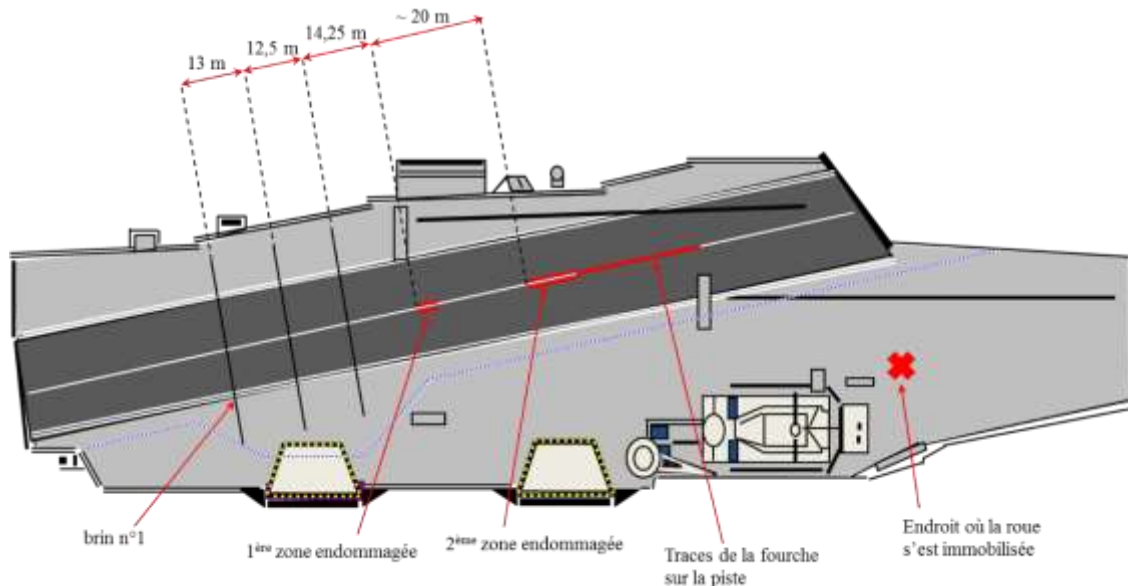


Schéma général du porte-avions

La roue désolidarisée de l'atterrisseur auxiliaire s'est immobilisée sur la partie tribord avant de la plateforme.

1.12.2. Examen de l'épave

La fourche de l'atterrisseur auxiliaire est brisée au niveau des trous de saisines.



Vues de la fourche de l'atterrisseur auxiliaire

Une partie de la fourche est restée solidaire de la roue.



Vue de la partie de la fourche solidaire de la roue

La cellule est endommagée au niveau du cadre 13.



Déformation de la cellule

Le bidon ventral ainsi que la trappe de l'atterrisseur auxiliaire présentent des enfoncements.



Vue du bidon ventral



Vue de la trappe

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques du pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite semestrielle personnel navigant (référence CEMPN du 6 novembre 2013)⁹
 - date : 6 décembre 2015
 - résultat : apte pilote aéronautique navale
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : graves

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

Sans objet.

1.15.2. Engagement d'un système d'arrêt

- Type de système d'arrêt : brins d'arrêt du PA
- Eléments lors de l'engagement du système d'arrêt :
 - vitesse : 138 kt
 - axe d'engagement : dans l'axe de la piste oblique

⁹ Instruction n° 0-12664-2015/DEF/DPMM/PRH du 22 juillet 2015.

1.15.3. Organisation des secours

1.15.3.1. Pilote

Une fois l'appareil immobilisé, le pilote, qui a ressenti une vive douleur au niveau du dos à l'appontage, coupe le réacteur et remonte la crosse¹⁰. Le personnel du pont d'envol sécurise ensuite l'appareil. La douleur du pilote l'empêche de sortir du cockpit par ses propres moyens.

L'officier de quart aviation déclenche l'alarme « blessé ». Le médecin du personnel navigant (PN) ainsi qu'un infirmier se rendent immédiatement sur le pont d'envol. Le médecin réalise le bilan vital et lésionnel du pilote.

Les avions encore en vol à ce moment sont « dégagés » vers un terrain à terre.

Devant la potentialité d'une lésion fonctionnelle grave et l'absence de contrainte temporelle forte, le médecin PN décide de prendre le temps d'immobiliser le pilote avant de l'extraire de l'appareil au moyen de la grue VLIPE¹¹. Il est ensuite conduit à l'infirmerie du PA.

1.15.3.2. Autre blessé

Lors de l'incident, la roue avant est projetée vers la proue du PA. En voulant l'éviter, un mécanicien sur le pont d'envol trébuche et se blesse au poignet. Il est conduit à l'infirmerie du PA.

1.15.3.3. Appareil

La rupture de la fourche de l'atterrisseur auxiliaire rend impossible tout déplacement de l'appareil par des méthodes usuelles sans engendrer des dégâts supplémentaires. Il est donc décidé d'utiliser un chariot.



Vue du chariot utilisé pour déplacer l'appareil

¹⁰ Cette manœuvre permet au brin d'arrêt de retrouver sa position initiale et au personnel de pont de circuler autour de l'appareil.

¹¹ Véhicule léger d'intervention pont d'envol.

Un vérin est utilisé pour soulever la partie avant de l'appareil. L'équipe d'intervention est contrainte de comprimer l'amortisseur pour positionner le chariot sous l'atterrisseur auxiliaire.¹² Le vérin est progressivement enlevé pour que l'atterrisseur repose sur le chariot.



Vue de l'atterrisseur auxiliaire et du chariot

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Le chef de l'organisation aviation

L'exécution des vols est ordonnée par le commandant du porte-avions qui délègue à l'officier aviation, ou chef AVIA, leur mise en œuvre.

Le chef AVIA est notamment responsable de la préparation et de l'entraînement de la chaîne fonctionnelle « aviation » ainsi que de la politique de sécurité aérienne du PA. Il est l'intermédiaire entre le commandant et les commandants des flottilles embarquées pour la mise en œuvre de l'aviation et la sécurité aérienne. Lors des opérations de catapultage / décollage et d'appontage, il dirige la chaîne fonctionnelle « aviation » en tant qu'officier de quart aviation, ou AVIA1. Il est secondé par un adjoint, AVIA2. Ils se relaient pour assurer la permanence de l'activité.

1.17.2. L'officier de quart aviation

L'officier de quart aviation doit s'assurer que les vols s'effectuent dans le respect des procédures de sécurité, des qualifications des équipages et des consignes du commandant.

Il prend notamment des mesures de sauvegarde lorsqu'un aéronef est en difficulté et propose au commandant les décisions de dégagement qui s'imposent le cas échéant. Il déclenche l'alerte en cas de crash.

¹² La chambre d'azote de l'amortisseur a dû pour cela être vidée.

Il est positionné en passerelle aviation.



Vue de la passerelle aviation

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. L'officier d'appontage

L'officier d'appontage est l'un des maillons essentiels de la chaîne de sécurité aérienne lors des appontages. Il a plusieurs rôles :

- assister le chef AVIA qui lui délègue la responsabilité d'autoriser ou non l'appontage¹³ ;
- conseiller les pilotes lorsque la sécurité est compromise, ou en voie de le devenir.

Même si le porte-avions est équipé des aides nécessaires pour qu'un pilote effectue seul une approche suivie d'une prise de brin, l'appontage est une situation délicate qui nécessite l'assistance de l'OA. A la différence des aides techniques (miroir, aide lumineuse), l'OA dispose d'une capacité d'anticipation. La complexité de l'appontage associée à la courte durée de la finale¹⁴ rend sa présence indispensable. C'est cette anticipation qui permet aux pilotes de rester aussi proches que possible des conditions souhaitées.

Cette demande d'anticipation est d'autant plus grande que la situation est délicate : jeune pilote en qualification, absence de terrain de dégagement, mauvaises conditions météorologiques, etc.

L'OA s'assure que les paramètres suivants, ainsi que les tendances associées, restent dans les standards définis :

- la pente ;
- l'axe ;
- l'assiette ;
- la vitesse.

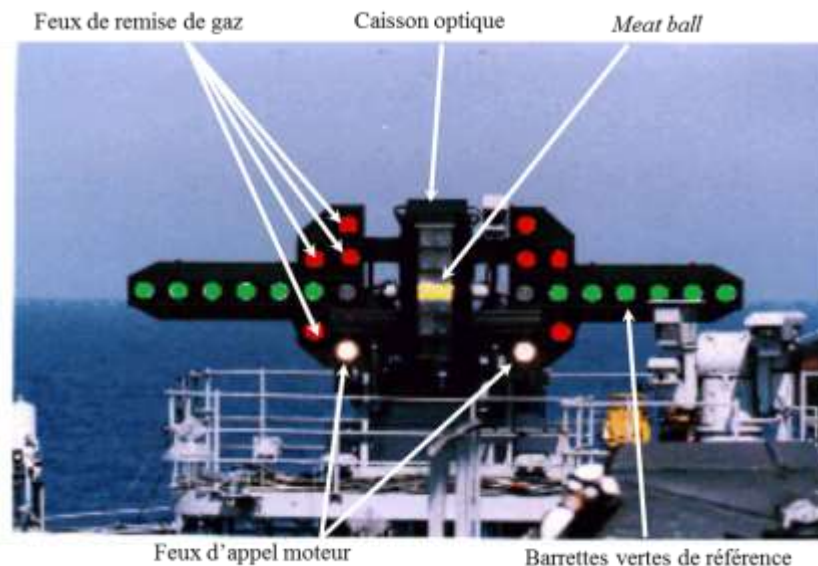
¹³ En fonction notamment de la disponibilité des brins, du réglage des optiques, de la configuration de l'avion, etc.

¹⁴ Ou « *groove* », cf. §1.18.3.

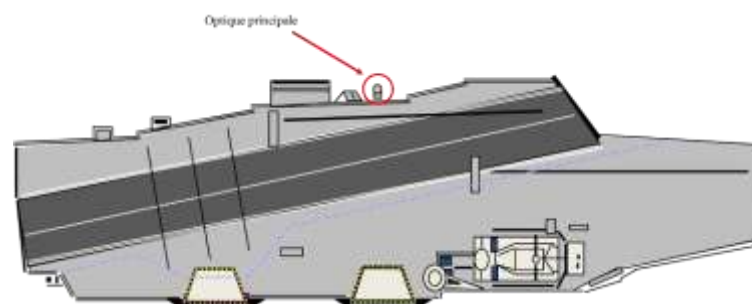
1.18.2. L'optique principale

L'optique principale, également appelée « miroir », a deux rôles :

- un rôle principal : matérialiser le plan d'approche. Ce plan est défini pour un avion donné, une zone d'impact, une vitesse verticale et une hauteur de passage au-dessus de l'arrondi ;
- un rôle secondaire : transmettre visuellement les ordres de remise de gaz et d'appel moteur.



Vue de l'optique principale, ou miroir



Emplacement de l'optique principale

Le caisson optique est composé de six modules identiques qui projettent chacun un faisceau de 15° d'angle en site¹⁵ et de plus de 100° d'angle en azimut¹⁶.

Lorsque le pilote est dans le champ de l'optique, il voit un faisceau lumineux de couleur blanche, appelé « *meat ball* » et une ligne de référence de couleur verte. La position de la *meat ball* par rapport aux barrettes vertes informe le pilote sur sa position par rapport au plan de descente idéal.

¹⁵ Angle dans le plan vertical entre la direction du faisceau et la direction considérée.

¹⁶ Angle dans le plan horizontal entre la direction du faisceau et la direction considérée.

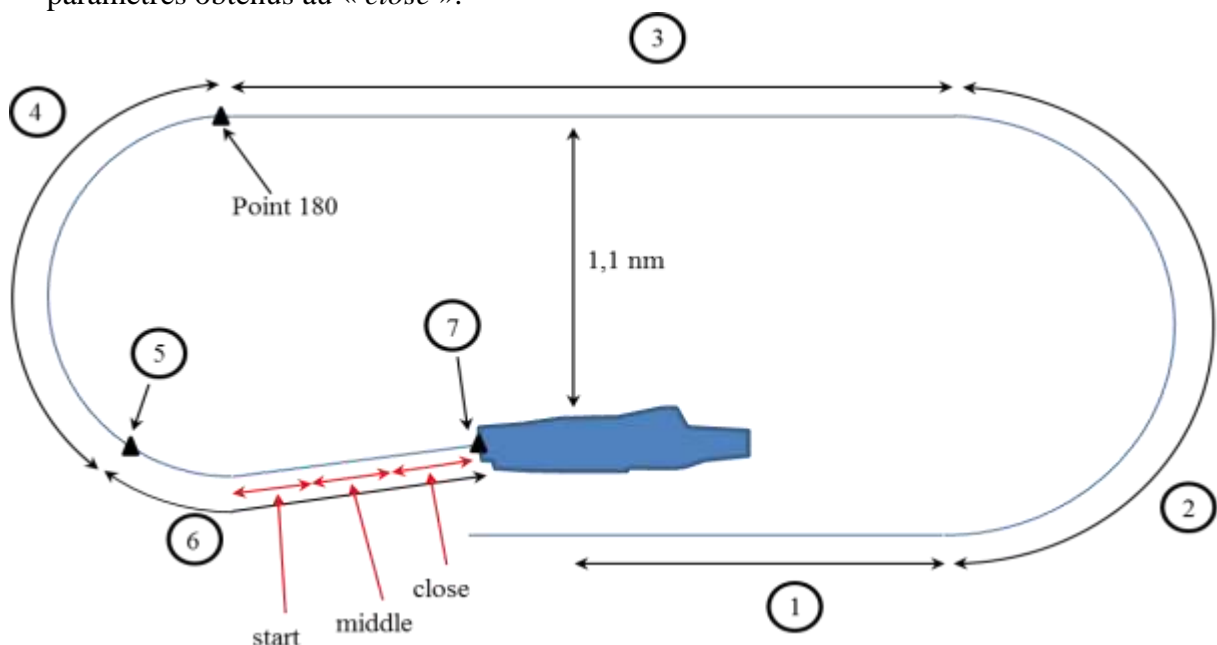
Le pilote a la possibilité de détecter durant son approche un écart de 10' d'angle, soit 2/3 d'un module, ce qui représente une imprécision de :

- 3,5 m sur le point d'impact de la crosse dans la zone des brins ;
- 40 cm de garde à l'arrondi.

1.18.3. Le circuit d'appontage

Le circuit d'appontage est composé de plusieurs étapes¹⁷ :

- 1) l'entrée dans le circuit : elle se fait travers tribord du PA à une altitude de 600 ft et une vitesse de 280 kt ;
- 2) le virage au vent : il permet d'obtenir l'écartement voulu en vent arrière (1,1 nm) ;
- 3) la vent arrière : durant cette branche, le pilote configure son avion pour l'appontage ;
- 4) du point 180 à l'acquisition de l'optique : sauf ordre contraire, le pilote doit virer passant le point 180. Le virage est débuté à une inclinaison de 30°. La sortie du virage est effectuée en desserrant progressivement le virage pour s'aligner ;
- 5) l'acquisition de l'optique : elle se fait normalement à 400 ft ;
- 6) l'approche : elle se compose d'une partie en virage et d'une partie en ligne droite. Cette dernière, ou « *groove* » est constituée de 3 parties :
 - le début de « *groove* » ou « *start* » : correspond au début de phase d'alignement ;
 - la « *mi-groove* » ou « *middle* » ;
 - le « *close* » : correspond à l'ultime phase au-dessus de la mer. C'est quasiment le dernier moment où l'OA peut conseiller le pilote en matière de sécurité.
 La durée du « *groove* » est comprise entre 15 et 25 secondes.
- 7) le passage de l'arrondi (ou passage de la rampe) : il est conditionné par la stabilité des paramètres obtenus au « *close* ».



Représentation schématique du circuit d'appontage d'un SEM

¹⁷ Les valeurs numériques sont relatives aux SEM.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

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 identifie les causes possibles de cet incident. La quatrième précise les conditions de l'intervention médicale immédiate.

2.1. Expertises

2.1.1. Configuration d'appontage

2.1.1.1. Masse de l'appareil

Les SEM ont plusieurs masses maximales disponibles à l'appontage :

- la masse maximale normale : 8,1 t ;
- la masse maximale occasionnelle : 8,3 t ;
- la masse maximale exceptionnelle : 8,5 t ;
- la masse maximale d'urgence : 9,3 t.

Le SEM a apponté à la masse de 8,1 tonnes.

Le pilote a apponté avec une masse conforme aux directives.

2.1.1.2. Optique d'appontage

Lors de l'appontage, à chaque masse d'un SEM est associée une vitesse verticale sûre qui permet une prise de brin en toute sécurité. Etant donné que l'approche¹⁸ doit s'effectuer à vitesse constante, conserver une valeur de vitesse verticale revient à suivre une pente de descente constante. Celle-ci est donnée par l'optique d'appontage.

Avant que le SEM n°43 ne se présente pour apponter, l'officier d'appontage a réglé l'optique pour ce type d'appareil (l'appontage précédent étant celui d'un Rafale). L'enquête a montré que le réglage est conforme à l'attendu.

L'optique d'appontage est correctement réglée pour l'appontage du SEM n°43.

2.1.1.3. Brin d'arrêt

L'appontage sur un PA nécessite un dispositif permettant la décélération rapide des avions. La partie visible de ce système sur le pont d'envol est constituée de trois brins d'arrêt. Lorsque la crosse d'un avion en accroche un, celui-ci se déroule. Concomitamment, un système de freinage commandé par une presse hydraulique réduit progressivement l'étirement du brin d'arrêt permettant ainsi l'immobilisation de l'avion.

¹⁸ Cf. §1.18.3 - étape 6.

Afin d'adapter au mieux les contraintes d'une telle décélération à tous les types d'avion, les presses sont réglées en fonction du type d'avion et de sa masse. Le réglage est demandé par le chef AVIA. Les presses des trois brins sont alors configurées aux réglages demandés avant qu'une confirmation ne soit envoyée au chef AVIA.

Le jour de l'évènement, l'ensemble du processus décisionnel a bien fonctionné. L'enquête montre que les presses sont correctement réglées.

Le système presse et brin d'arrêt a fonctionné conformément à l'attendu.

2.1.1.4. Vitesse d'entrée dans les brins (V_{eb})

La vitesse d'entrée dans les brins est définie de la manière suivante :

$$V_{eb} = V_{avion} - V_{SP}^{19}$$

La vitesse maximale d'entrée dans les brins est de 110 kt pour le SEM²⁰. Le vent sur le pont est de 29 kt et la vitesse d'approche du SEM est de 130 kt et de 134 kt au moment où il accroche le brin n°1. La V_{eb} au moment de l'appontage est de 105 kt.

La V_{eb} est conforme.

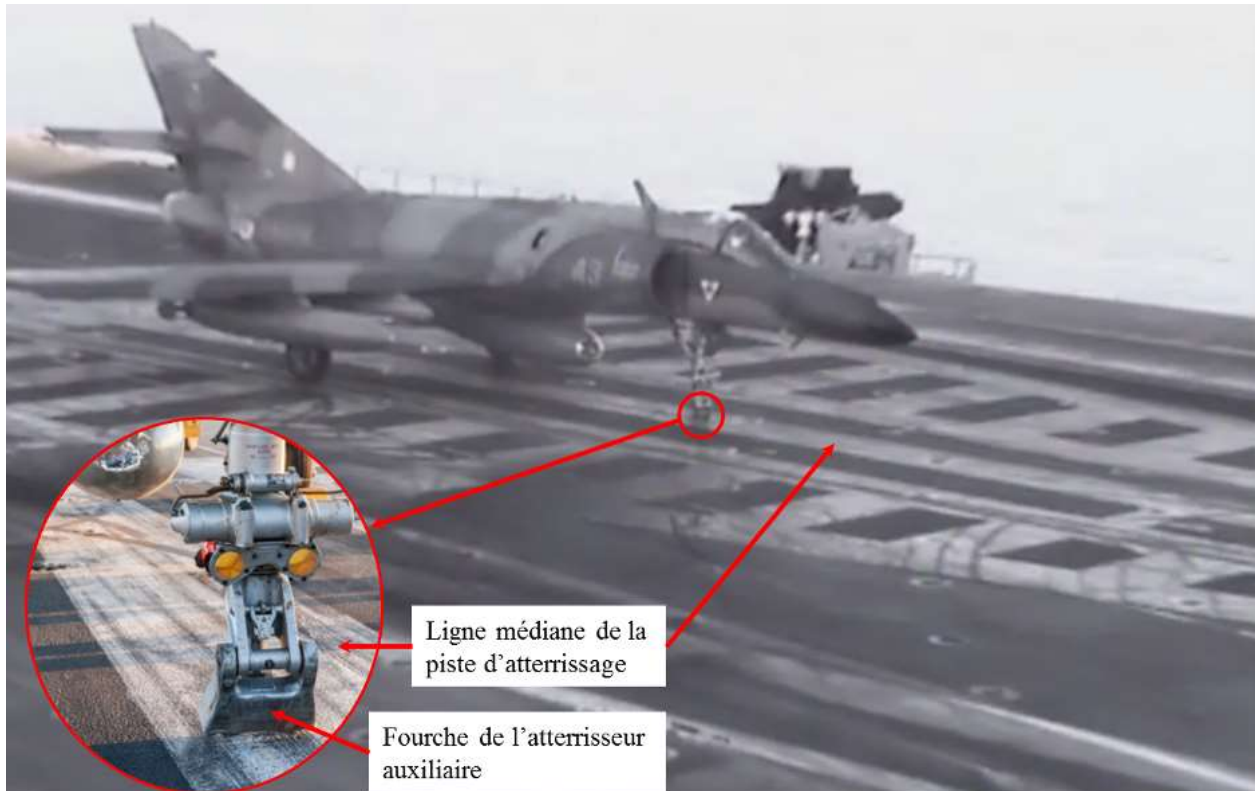
2.1.1.5. Alignement

Une prise de brin désaxée peut entraîner une décélération non-optimale et engendrer un endommagement des brins et / ou de l'appareil.

En début de « *groove* », soit 11,1 secondes avant la prise du brin d'arrêt, l'officier d'appontage indique au pilote de « laisser le nez à droite » pour compenser une dérive due au vent et ainsi permettre au pilote de rester axé sur la piste. Une fois la correction du pilote effectuée, l'OA ne demande plus de correction sur ce paramètre.

¹⁹ Vitesse du vent sur le pont.

²⁰ Instruction permanente « Règlement d'appontage » n°61.0.02 ALAVIA/MDRA/-- du 25 juillet 2001, pages 3-5.



Position de l'appareil par rapport à ligne médiane de la piste d'atterrissage

Immobilisé sur la piste, l'aéronef est aligné avec la ligne médiane.

Lors de la prise du brin n°1, l'appareil est parfaitement aligné sur l'axe de piste.

2.1.1.6. Assiette

L'appontage s'effectue à incidence constante car « la lecture directe de l'incidence de vol [...] ou son maintien par les systèmes d'automanette [...] sont les seules manières de conserver une marge sûre par rapport aux vitesses de décrochage, tout en conservant des qualités de vol identiques aux différentes masses »²¹.

Ainsi avec un objectif de pente constante et d'incidence constante, l'assiette doit nécessairement rester constante.

L'assiette a un effet direct sur la valeur de la vitesse verticale de l'atterrisseur auxiliaire lors du contact de celui-ci avec la piste. Une assiette trop importante au moment de la prise de brin peut engendrer une vitesse verticale à l'impact supérieure à celle recherchée.

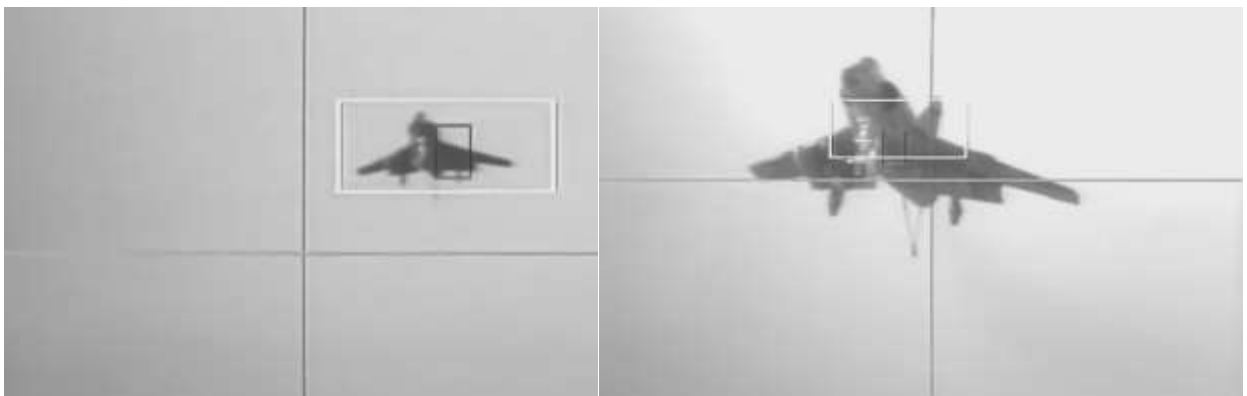
²¹ Instruction permanente « Règlement d'appontage » n°61.0.02 ALAVIA/MDRA/-- du 25 juillet 2001, pages 2-5.

A 6,2 secondes de la prise de brin par le SEM n°43, l'OA demande au pilote de « se mettre en assiette », ce que fait le pilote. L'analyse des enregistrements vidéo indique que l'assiette jusqu'au passage de la rampe²² est conforme à l'attendu. Moins d'une seconde avant la prise de brin, les données vidéo indiquent une légère variation d'assiette à cabrer.

Dans la seconde qui précède l'accroche du brin d'arrêt, l'assiette de l'appareil augmente légèrement.

2.1.1.7. Plan de descente

L'OA dispose d'aides pour renseigner les pilotes sur leur présentation à l'appontage. Ces aides, tel le DALAS²³ permettent une visualisation de l'appareil par rapport à l'axe de la piste et au plan de descente idéal.



T₀-9 s : SEM n°43 au « start »

T₀-2 s : SEM n°43 au « close »

Nota :

- l'appareil est correctement positionné lorsque la croise d'appontage se trouve à l'intersection des lignes verticale et horizontale ;
- la ligne verticale ne représente pas précisément l'axe de la piste en raison d'un effet de parallaxe.

L'analyse de l'enregistrement de l'appontage du SEM n°43 par le DALAS montre que le pilote passe sous le plan 3,4 secondes avant la prise de brin.

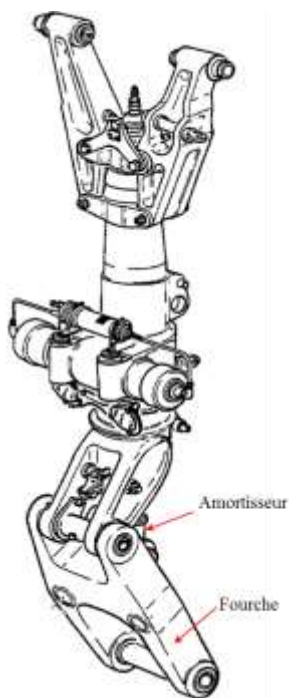
Durant les derniers instants précédents la prise de brin, le pilote est sous le plan de descente idéal.

2.1.2. Atterrisseur auxiliaire

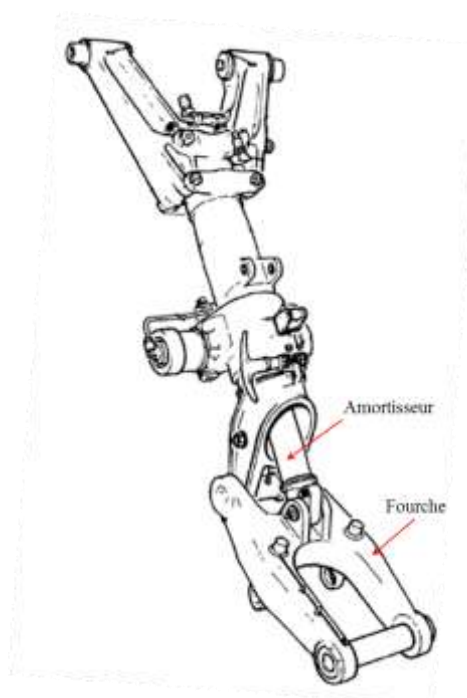
Le rôle de l'atterrisseur auxiliaire est d'absorber l'énergie cinétique à l'atterrissage et de participer à la suspension lors du roulage au sol.

²² Extrémité arrière du PA.

²³ Dispositif d'aide à l'appontage laser.



Atterrisseur auxiliaire vu de l'avant



Atterrisseur auxiliaire vu de l'arrière

L'amortisseur de l'atterrisseur auxiliaire est oléo-pneumatique. Il est équipé d'une chambre pressurisée à l'azote qui permet d'équilibrer la charge sur l'amortisseur lorsque le liquide hydraulique fait bouger le piston séparateur.

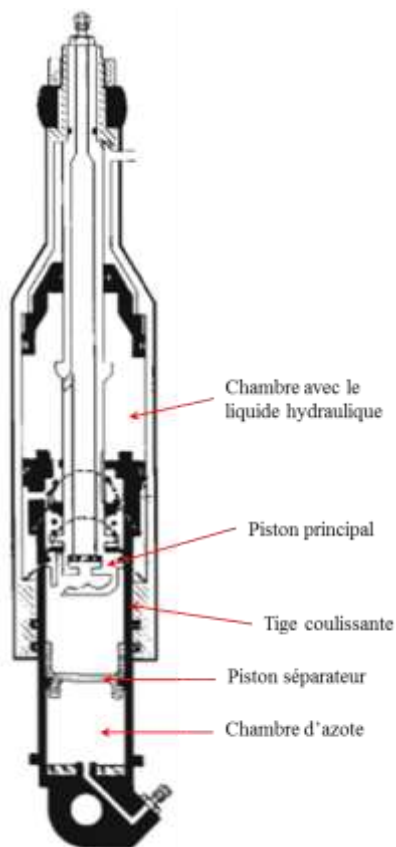


Schéma de l'amortisseur de l'atterrisseur auxiliaire

2.1.2.1. Amortisseur

Un chariot a été utilisé pour déplacer l'appareil²⁴. Cette opération a nécessité de vider la chambre d'azote de l'amortisseur.

Il n'a pas été possible de vérifier le fonctionnement de l'amortisseur dans les conditions réelles de l'évènement.

Une expertise a été réalisée en re-préssurant la chambre d'azote. Elle montre que, dans ces conditions, le comportement de l'amortisseur est conforme aux spécifications.

L'amortisseur fonctionne correctement.

2.1.2.2. Fourche

L'expertise de la fourche de l'atterrisseur auxiliaire ne révèle aucune crique ni fragilisation antérieure : il s'agit d'une rupture statique.

La rupture de la fourche est intervenue sous l'effet d'une contrainte supérieure à la contrainte maximale admissible.

2.1.3. Turboréacteur

Le SEM est équipé d'un turboréacteur ATAR 8K50. Au cours du vol et des vols précédents, aucun dysfonctionnement n'a été signalé.

A l'issue de l'incident, un point fixe²⁵ a été réalisé et indique un fonctionnement conforme à l'attendu.

Le turboréacteur du SEM n°43 fonctionne normalement.

2.1.4. Maintien du plan

Entre le moment où l'OA donne l'ordre « moteur » et le moment où la pleine poussée est effective, environ 3 secondes se sont écoulées.²⁶ Ce délai s'explique par la technologie de l'ATAR 8K50, dont la régulation est d'une conception ancienne.

²⁴ Cf. §1.15.3.3 pages 15-16.

²⁵ Essai au sol.

²⁶ Entre l'ordre « moteur » de l'OA et l'augmentation de la vitesse, il y a 3,4 secondes.

Lorsque le SEM est au « *middle* » et au « *close* », il vole au second régime²⁷. Le maintien du plan ne peut alors se faire que par des variations de poussée et non par des actions à la profondeur sur le manche car :

- une action à piquer va diminuer son assiette, ce qui provoquerait un enfoncement supplémentaire ;
- une action à cabrer va diminuer la vitesse (car l'incidence augmente) aboutissant à une augmentation de la traînée ; le « bilan propulsif » devient alors défavorable et le taux de descente est accentué.

Les caractéristiques du turboréacteur du SEM associées aux conditions dans lesquelles la demande de poussée est effectuée n'ont pas permis au pilote de revenir sur le plan recommandé dans un délai compatible avec un appontage en sécurité.

2.1.5. Facteurs organisationnels et humains

2.1.5.1. Organisation du bord

L'évènement intervient près de trois mois après le départ en mission. Sur le PA, la fatigue peut être engendrée par l'activité à bord, tant opérationnelle qu'organique, tout comme les conditions de vie (environnement bruyant, exigü). Le pilote peut ainsi avoir accumulé de la fatigue depuis le départ du PA.

Cependant, l'organisation à bord cherche à limiter les nuisances sonores (minimisation des diffusions générales, de l'activité aéronautique de nuit) et le personnel du groupe aérien ne participe pas aux exercices d'entraînement spécifiques au bateau afin de lui laisser du temps de repos. De plus, suite au retour d'expérience, plusieurs mesures sont mises en œuvre, selon les contraintes opérationnelles.

Elles visent à adapter l'organisation des plannings de vol à bord afin d'accroître la récupération des pilotes. Tout d'abord, un *no fly day*²⁸ est instauré une fois par semaine. Le dernier a eu lieu 3 jours avant l'évènement. Ensuite, l'enchaînement des vols par pilote est également pris en compte en faisant alterner un vol opérationnel (vol long), un vol organique (vol court) et un jour de repos.

Par ailleurs, au début de la mission, le médecin PN a réalisé une conférence sur les longs vols, la fatigue engendrée (aigüe et chronicisée), la gestion du sommeil, l'hydratation, l'alimentation et la miction en vol. Des rappels réguliers ont été réalisés et relayés par le commandement et les officiers de sécurité aérienne.

Bien que l'environnement à bord du porte-avions ne permette pas d'assurer une récupération maximale, l'organisation mise en place préserve les pilotes, les sensibilise au risque fatigue et leur assure des temps de repos suffisants.

²⁷ La notion de « second régime » apparaît lorsqu'on observe l'évolution de la traînée de l'avion en fonction de la vitesse, et qu'on la compare à la poussée délivrée par le moteur. Aux basses vitesses, dans le domaine du « second régime », la traînée augmente quand la vitesse diminue, ce qui, à régime moteur constant, se traduit par un « bilan propulsif » (Poussée - Traînée) défavorable.

²⁸ Journée où toute l'activité aéronautique est suspendue.

2.1.5.2. Binôme OA-pilote

L'analyse des vidéos de l'appontage montre que l'OA donne l'ordre « moteur, moteur, moteur, moteur » 0,9 secondes avant que le SEM ne passe sous le plan prévu. Quand le pilote entend cet ordre, il n'a pas perçu de situation anormale et le miroir d'appontage n'indique pas encore un écart au plan recommandé.



Position du SEM par rapport au plan recommandé au moment de l'ordre « moteur, moteur, moteur »



Indication du miroir d'appontage au moment de l'ordre « moteur, moteur, moteur »

En l'espace de 1,8 seconde (temps entre les 2 dernières annonces de l'OA), l'OA détecte une évolution négative du plan de l'appareil et demande une correction au pilote. A l'intonation et à la succession de l'ordre « moteur », le pilote met immédiatement la manette sur la position « plein gaz ». Sans les actions cumulées de l'OA et du pilote, le SEM aurait pu impacter la rampe du PA.

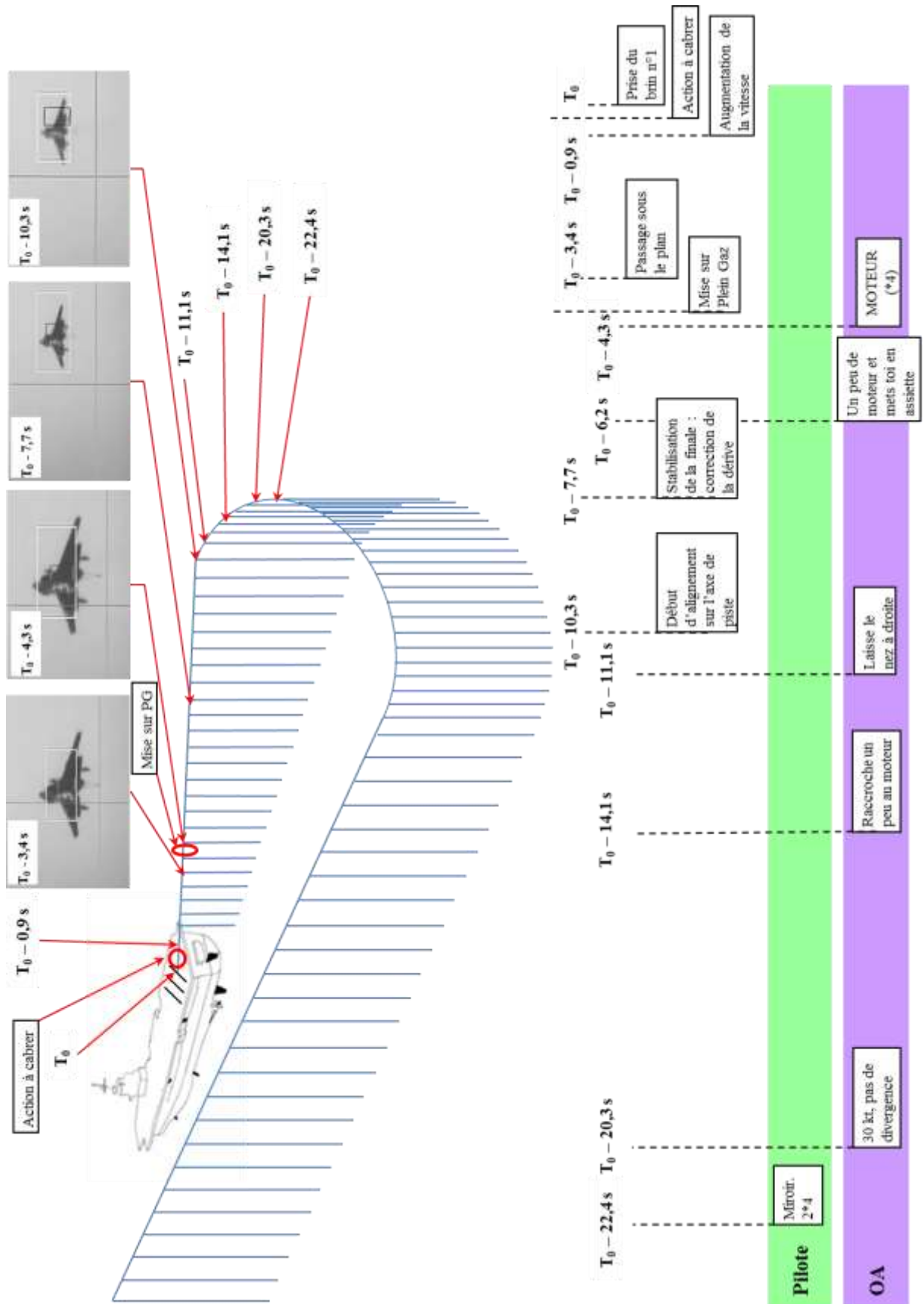
L'action de l'OA associée à la réaction immédiate du pilote a permis d'éviter un accident aux conséquences plus graves.





2.2. Séquence d'évènement



Un chronogramme des traces de l'activité du pilote et de l'OA a été établi à partir des données enregistrées en suivant la méthode STEP (*sequentially timed event plotting procedure*). A cette représentation a été ajoutée la séquence d'évènement retenue.

Nota :

- la référence de temps (T_0) choisie correspond au moment où la crosse accroche le brin n°1 ;
- la hauteur de l'appareil et la distance sur la représentation graphique ne sont pas à l'échelle.



<p>T_0 : prise du brin n°1 alors que l'avion est toujours en vol. L'aéronef a une trajectoire ascendante et il est rabattu brutalement sur la piste par le brin n°1.</p>	
<p>$T_0 + 0,43$ seconde : la roue droite touche la piste.</p>	
<p>$T_0 + 0,46$ seconde : la roue avant touche la piste.</p>	
<p>$T_0 + 0,5$ seconde : la roue gauche touche la piste. L'amortisseur de l'atterrisseur auxiliaire se comprime.</p>	

<p>$T_0 + 0,53$ seconde : l'amortisseur de l'atterrisseur auxiliaire arrive en butée. La fourche touche la piste.</p>	
<p>$T_0 + 0,56$ seconde : la fourche de l'atterrisseur auxiliaire se rompt.</p>	

2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes techniques

Les expertises montrent que le système d'arrêt et l'optique d'appontage fonctionnent correctement.

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

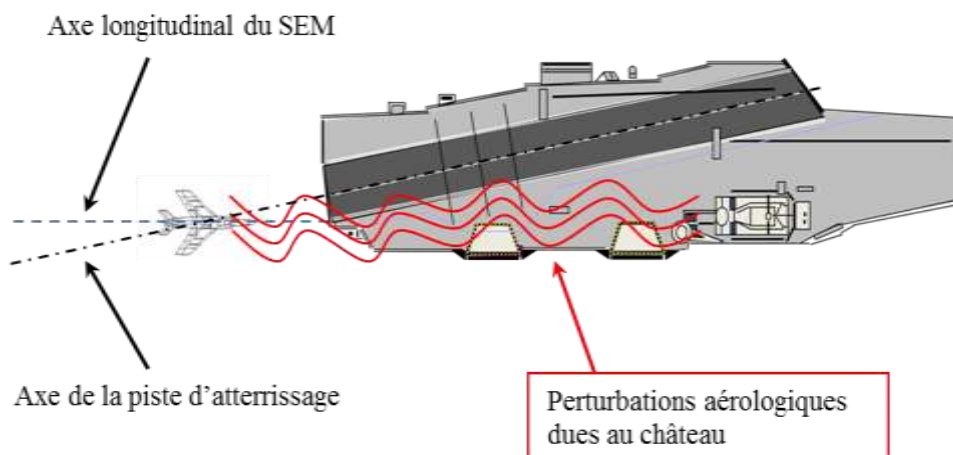
2.3.2. Causes environnementales

Les appontages nécessitent que le PA prenne une route et une vitesse adaptée qui permettent :

- d'aligner le plus possible le vent sur le pont avec l'axe de la piste d'atterrissage ;
- d'avoir un vent sur le pont proche de 28 kt²⁹.

²⁹ Vitesse qui permet au pilote d'avoir une marge suffisante par rapport à la vitesse de décrochage tout en respectant la vitesse maximale d'entrée dans les brins (cf. §2.1.1.4).

Le jour de l'évènement, le vent météorologique est de 3 kt. Cela ne permet pas au PA d'aligner le vent sur le pont avec l'axe de la piste, tout en restant dans les limites d'utilisation. En conséquence, les perturbations aérologiques générées par le château du PA vont interférer avec l'axe d'approche des appareils à l'appontage.



Représentation schématique de l'interférence des perturbations aérologiques du château du PA avec la trajectoire du SEM

Les perturbations aérologiques générées par le château ont contribué au passage de l'appareil sous le plan recommandé.

2.3.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

2.3.3.1. Expérience du pilote

Le pilote est un sous-chef de patrouille. Il a déjà réalisé 228 appontages dont 23 appontages de nuit.

Ce type de vol a déjà été réalisé par le pilote durant les trois mois de sa mission à bord du porte-avions.

Le pilote a l'expérience nécessaire pour réaliser ce type de tâche.

2.3.3.2. Fatigue

Charge de travail

La patrouille est catapultée à 07h39. Le pilote du SEM n°43 est le leader de la patrouille. La durée de la mission est particulièrement importante : le vol a duré 5h50 dont environ 4h de transit. Au cours du vol, le pilote réalise quatre ravitaillements. Cette tâche requiert des ressources cognitives importantes.

La durée des vols sur SEM est limitée à 6h pour des raisons techniques. Il n'existe à ce jour aucune limitation liée aux facteurs humains. Des réflexions sont actuellement en cours évoquant une limite horaire concernant le Rafale M, pour prendre la spécificité de l'appontage en compte.

L'appontage est reconnu comme étant une phase mobilisant les ressources cognitives du pilote à un niveau significatif. Lorsque le pilote intègre le circuit d'appontage, il se prépare à cette tâche comme il le fait habituellement, notamment par une séance d'expirations dynamisantes. Il ne ressent pas de fatigue excessive, en comparaison avec ses précédents vols, outre celle inhérente au vol réalisé (5h50 de vol et quatre ravitaillements) et la fatigue accumulée après 3 mois à bord.

Les conditions météorologiques du jour (peu de vent, donc vent créé artificiellement par le mouvement du porte-avions) ont généré des perturbations aérologiques sur l'arrière du bateau, compliquant l'appontage. Habituellement, dans ces conditions, le pilote ajuste la poussée pour contrer l'effet de la perturbation. Or lors de l'évènement, le pilote reste concentré sur le miroir et n'anticipe pas la présence de ces perturbations.

Malgré une remobilisation des ressources cognitives du pilote avant l'appontage, une fatigue latente induite par la mission et la vie à bord du PA pourrait être à l'origine d'un manque d'anticipation des perturbations aérologiques.

2.3.3.3. Conscience de la situation

Lors de son approche, le pilote répond immédiatement aux ordres de l'officier d'appontage.

A l'approche de la piste, sur l'ordre « moteur, moteur, moteur, moteur » de l'officier d'appontage, le pilote met plein gaz. Pendant les 3,4 secondes entre la mise sur plein gaz et l'augmentation de vitesse, le pilote se concentre sur l'attitude de l'appareil et s'attend à effectuer un appontage avorté³⁰. Après avoir passé la verticale de la rampe, le pilote a la sensation de cabrer légèrement l'appareil³¹ dans l'optique d'une remise de gaz. Il ressent alors que la poussée est établie et accroche le 1^{er} brin tandis que l'appareil est toujours en vol.

En très courte finale, l'action à cabrer du pilote qui pense devoir se représenter pour un nouvel appontage, a pu contribuer à la survenue de l'évènement.

2.4. Intervention médicale immédiate

2.4.1. Mise en alarme du PA

L'officier de quart aviation effectue la mise en alarme du bâtiment. Au regard de l'évènement, deux alarmes différentes pouvaient être déclenchées :

- alarme « crash avia » : le directeur des secours est le chef pont d'envol hangar (PEH), qui assure la direction avancée de la lutte sur le pont d'envol et la maîtrise des risques liés aux aéronefs et au pont d'envol. Les équipes de sécurisation de la zone de l'évènement, de désincarcération et de maniement de la grue VLIPE sont grées.

³⁰ Wave-off ou bolter.

³¹ L'action à cabrer a pour conséquence de diminuer la hauteur croise / pont et d'augmenter la hauteur croise / atterrisseurs.

- alarme « blessé » : le directeur des secours est le directeur d'intervention (DDI)³².

Compte tenu de l'incapacité du pilote à sortir seul de l'appareil, AVIA1 déclenche une alarme « blessé ». Le médecin PN ainsi qu'un infirmier se rendent alors sur le pont d'envol.

Le déclenchement de l'alarme « blessé » a généré un défaut relatif de management des équipes au sol qui devaient intervenir, notamment pour la sécurisation de l'aéronef et du pont d'envol. Cela a privé le médecin d'un interlocuteur unique dans les premières minutes, ce dernier s'adressant tout d'abord au directeur du pont d'envol puis au DDI.

Enfin, le manipulateur attitré de la grue VLIPE ne doit rejoindre le pont d'envol qu'en cas d'alarme « crash avia ». Au déclenchement de l'alarme « blessé », il ne rejoint donc pas le pont et il n'a pas été appelé par la suite.

Le déclenchement de l'alarme « blessé » a généré des dysfonctionnements dans le processus d'extraction du pilote.

2.4.2. Prise en charge médicale initiale

Compte tenu de la présence d'un terrain de déroutement pour les aéronefs alors en l'air et de la potentialité d'une lésion de la moelle épinière, il a été décidé d'immobiliser le pilote avant de le sortir de l'appareil. En effet, une extraction d'urgence ne permet pas de sécuriser l'axe tête-cou-tronc.

Eu égard à l'absence du manipulateur habituel de la grue VLIPE, un opérateur formé aux plateformes élévatrices mais pas spécifiquement à cette grue en a pris les commandes. Cela a ralenti l'extraction du pilote. De plus, ce manque d'expérience de l'opérateur associé à la technologie de la grue VLIPE a occasionné des secousses notables durant l'extraction qui auraient pu affecter l'état de santé du pilote.

Un exercice d'extraction de pilote avait été effectué en début de mission à l'initiative du médecin PN. Compte tenu du plus grand nombre de Rafale présents à bord, l'exercice avait été réalisé sur Rafale et non sur SEM. La présence d'un technicien spécialisé sur SEM a permis de remédier aux différences entre les deux types d'avions.

Le binôme médecin-infirmier qui a extrait le pilote est le même que celui qui a effectué l'exercice. Cela a facilité les opérations d'extraction.

La réalisation d'un exercice d'entraînement d'extraction de pilote a contribué à l'évacuation du pilote dans un délai raisonnable et sans engendrer de lésion supplémentaire.

³² C'est également le chef des marins pompiers à bord.

3. CONCLUSION

L'évènement est un poser dur suite à une prise de brin en vol.

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

L'évènement intervient trois mois après le début de mission. La vie embarquée est génératrice de fatigue en raison de l'activité à bord et des conditions de vie. Malgré ces contraintes, l'organisation mise en place par le PA assure aux pilotes des temps de repos suffisants.

Une patrouille légère de SEM est catapultée du PA pour une mission de CAS.

Le SEM n°43 ne fait l'objet d'aucune réserve de vol et les divers systèmes du PA pour recevoir l'appareil (optique d'appontage, brin d'arrêt, etc.) fonctionnent normalement et sont correctement réglés pour ce type d'aéronef.

Le vent météorologique est faible (3 kt). En conséquence, le vent sur le pont n'est pas aligné avec l'axe de la piste mais avec la ligne de foi du PA. Les perturbations aérologiques générées par le château interfèrent donc avec la trajectoire d'approche des appareils.

Après 5h50 de vol et quatre ravitaillements, la patrouille revient aux abords du bâtiment. Le leader se présente en premier à l'appontage. Le SEM est à la bonne masse, à la bonne vitesse et aligné sur l'axe de piste.

Durant tout le circuit d'appontage, le pilote effectue rapidement et correctement les actions correctrices demandées par l'OA.

A 4,3 secondes de la prise de brin, l'OA donne au pilote l'ordre « moteur » à quatre reprises et avec une forte insistance. Le pilote affiche alors plein gaz. Le SEM passe néanmoins sous le plan préconisé et y restera jusqu'à l'accrochage du brin. La vitesse de l'appareil n'augmente que 3,4 secondes après l'ordre de l'OA soit à 0,9 seconde de la prise de brin.

Moins d'une seconde avant la prise de brin et pensant devoir se représenter, le pilote augmente très légèrement son assiette.

La crosse du SEM accroche le brin d'arrêt n°1 alors qu'il est toujours en vol et que sa trajectoire est légèrement ascendante. Cela a pour effet de le rabattre brutalement sur le pont d'envol. L'amortisseur de l'atterrisseur auxiliaire arrive en butée puis la fourche de cet atterrisseur se rompt.

La présence de l'OA a permis de détecter une tendance à l'enfoncement de l'appareil avant que celui-ci ne passe sous le plan recommandé et avant que le pilote ne le détecte à l'aide du miroir d'appontage. Cette action de l'OA, couplée à la réaction immédiate du pilote, a très probablement permis d'éviter un accident plus grave.

3.2. Causes de l'évènement

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

L'interférence des perturbations aérologiques générées par le château avec la trajectoire d'approche du SEM au « *close* » a contribué au passage sous le plan préconisé 3,4 secondes avant la prise de brin.

La forte demande cognitive induite par la mission a pu entraîner une fatigue cognitive du pilote. Cela a pu conduire à une altération de son jugement dans les instants précédents l'accroche du brin.

Dans la seconde qui précède la prise de brin, le pilote pense devoir se représenter pour effectuer un nouvel appontage et effectue une légère action à cabrer, ce qui a contribué à l'évènement.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Influence du vent

Par vent météorologique faible, l'alignement du vent sur le pont avec la ligne de foi du PA et non avec l'axe de la piste engendre des perturbations aérologiques conflictuelles avec la trajectoire d'approche.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale d'inclure dans ses procédures une sensibilisation des pilotes d'avions du groupe aérien embarqué sur les conséquences que génèrent les perturbations aérologiques du château sur leur trajectoire d'approche dès lors que le vent sur le pont n'est pas dans l'axe de la piste oblique.

R1-[M-2016-003-I]

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

4.2.1. Organisation des secours

Lors de l'évènement, l'alarme « blessé » a été déclenchée provoquant quelques dysfonctionnements dans l'organisation des secours.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale d'inclure dans ses procédures un déclenchement d'alarme « crash avia » dès lors qu'un aéronef est impliqué.

R2-[M-2016-003-I]

4.2.2. Instruction

Un exercice d'entraînement d'extraction de pilote avait été organisé avant l'évènement sur l'initiative du médecin PN. Cet exercice s'était déroulé sur un avion Rafale.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de systématiser des exercices d'extraction de pilote sur chaque type d'appareil embarqué.

R3-[M-2016-003-I]