

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT

D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air M-2017-005-I

Date de l'évènement	28 mars 2017
Lieu	Landivisiau (Finistère)
Type d'appareil	Falcon 10 Mer
Immatriculation	F-YDAH / n°129
Organisme	Marine nationale
Unité	Escadrille 57S

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 heure légale française.

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 lois et des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : marine nationale

Photos :

- pages 14 et 15 : bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air)

Illustrations :

- page 13 : direction de la circulation aérienne militaire (DIRCAM) et BEAD-air
- page 17 : BEAD-air
- pages 21 à 23 : BEAD-air
- page 18 : Dassault Aviation et BEAD-air
- page 19 : RESEDA et BEAD-air
- page 20 : DGA TA et BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages aux personnes	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	12
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur la zone d'impact	14
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	15
1.14. Incendie	16
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	16
1.16. Essais et recherches	16
1.17. Renseignements sur les organismes	17
1.18. Renseignements supplémentaires	17
2. Analyse	19
2.1. Résultats des expertises	19
2.2. Séquence de l'évènement	21
2.3. Recherche des causes de l'évènement	24
3. Conclusion	31
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Causes de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	35
ANNEXE PROCEDURES SUR FALCON 10 LIEES AU YAW DAMPER	36

GLOSSAIRE

3ABDI	annonce, analyse, action, bilan, décision, information
ALAVIA	commandement de l'aéronautique navale
BAN	base d'aéronautique navale
CDA	commandant d'aéronef
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
DGA EP	direction générale de l'armement Essais propulseurs
DGA TA	direction générale de l'armement Techniques aéronautiques
FDR	<i>flight data recorder</i> (enregistreur de données de vol)
IP	instruction permanente
MECBO	mécanicien de bord
PN	personnel navigant
RESEDA	restitution des enregistreurs de données d'accidents
SEM	Super Etendard Modernisé
TAG	<i>touch and go</i> (poser-décoller)
TWR	<i>tower</i> (tour de contrôle)
XVE	examineur de vol aux instruments
YD	<i>yaw damper</i> (amortisseur de lacet)

SYNOPSIS

Date de l'évènement : 28 mars 2017

Lieu de l'évènement : base d'aéronautique navale (BAN) de Landivisiau (29)

Organisme : marine nationale

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

Unité : escadrille 57S

Aéronef : Dassault Falcon 10 Mer n°129 – F-YDAH

Nature du vol : instruction AMV/PO5¹

Nombre de personnes à bord : 3

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

En courte finale pour un atterrissage complet en fin de séance d'instruction, le système d'amortissement en lacet (*yaw damper*, *YD*) se désengage. Le commandant d'aéronef (CDA), instructeur, tente à deux reprises de le réenclencher, en vain, pendant que le pilote à l'instruction se concentre sur l'arrondi, sans être conscient du débrayage du *YD*.

Le CDA ressent une trajectoire oscillatoire anormale de l'aéronef, décide de remettre les gaz, et reprend les commandes sans l'annoncer. Au cours de cette manœuvre, l'aile gauche touche la piste sans que les pilotes n'en aient conscience. Après avoir rentré le train et les volets, le CDA redonne donc les commandes au pilote à l'instruction et réenclenche avec succès le *YD*. Le pilote à l'instruction pose l'avion.

L'aéronef est endommagé. L'équipage est indemne.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- L'expert facteurs organisationnels et humains (FOH) du BEAD-air.
- Un officier pilote ayant une expertise sur Falcon 10 Mer.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Falcon 10 Mer, enquêteur de première information.
- Un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement Essais propulseurs / restitution des enregistreurs de données d'accidents (DGA EP / RESEDA).
- Direction générale de l'armement Essais en vol (DGA EV).
- Direction générale de l'armement Techniques aéronautiques (DGA TA).
- Dassault Aviation.
- Dassault Equipement.

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu par le bureau maîtrise des risques aéronautiques d'ALAVIA le mercredi 29 mars 2017 à 11h51. Le groupe d'enquête se réunit à 10h00 le lendemain à l'escadrille 57S sur la BAN de Landivisiau.

¹ AMV : approche(s) mauvaise visibilité. PO5 : séance n°5 du programme de qualification pilote opérationnel.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : FNY 55G8

Type de vol : circulation aérienne militaire à vue (CAM V)

Type de mission : instruction (séance PO5)

Dernier point de départ : BAN de Landivisiau

Heure de départ : 14h00

Point d'atterrissage prévu : BAN de Landivisiau

1.1.2. Déroulement

Deux séances d'instruction sont programmées le 28 mars 2017 dans le cadre de la qualification pilote opérationnel d'un ancien pilote de Super Etendard Modernisé (SEM) affecté à l'escadrille lors de la relève estivale.

1.1.2.1. Préparation du vol

Après le débriefing de son premier vol, le pilote à l'instruction déjeune et finalise la préparation de son second vol. En plus de lui en place gauche, l'équipage de ce second vol se compose d'un nouveau CDA instructeur en place droite, et d'un nouveau mécanicien de bord (MECBO) sur le *jump seat* (place strapontin). Le programme du vol comporte plusieurs approches aux instruments ponctuées de poser-décoller (*touch and go - TAG*) ou de remises de gaz. L'« approche plongeante », exercice de la séance PO3 n'ayant pas pu être réalisé jusqu'ici en raison des conditions météorologiques, est rajoutée à la séance avec l'accord du commandant d'unité.

La préparation du vol et le briefing sont réalisés conformément au manuel de standardisation de l'unité.

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

L'avion décolle à 14h00 et effectue une série d'approches aux instruments. Le vent souffle en rafales. Au total, deux remises de gaz et trois TAG sont exécutés dans les limitations de vent de travers (25 nœuds). Le pilote instructeur est satisfait des exercices réalisés et décide de terminer la séance par le circuit de piste avec l'approche plongeante.

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

Le pilote à l'instruction présente l'avion en configuration atterrissage dans l'axe de piste 26 à une altitude de 1 900 ft (soit 1 564 ft par rapport au seuil de piste). Lorsque la piste disparaît sous le nez de l'avion, il réduit complètement les moteurs et pousse sur le manche. Il maintient une vitesse entre 124 kt ($1,3 V_{S0}^2 + 10$) et 155 kt (V_{FE}^3). A 500 ft, l'avion rejoint le plan de descente standard. Le pilote diminue la pente en augmentant simultanément la puissance. Constatant que la vitesse stagne aux environs de 130 kt, il réduit de nouveau les moteurs.

L'avion stabilisé en courte finale, le CDA et le MECBO constatent le désengagement du *yaw damper*. Le CDA tente à deux reprises de le réenclencher en vain. Le pilote à l'instruction, absorbé par son pilotage, ne se rend pas compte de la panne. Avec le vent, annoncé du 220° pour 16 à 26 nœuds, il peine à garder le contrôle de la trajectoire. Le CDA laisse le pilote à l'instruction poursuivre l'atterrissage compte tenu de son imminence. Au moment de l'arrondi, l'équipage perçoit une instabilité de l'avion sur l'axe de roulis que le CDA caractérise comme le mouvement d'une feuille morte. Pressentant une situation délicate, il reprend les commandes sans prendre le temps de l'annoncer, affiche plein gaz puis rentre les volets vers 15°. L'équipage ressent le toucher du train d'atterrissage principal gauche sur la piste, l'avion légèrement décalé à droite de l'axe. Le saumon de l'aile gauche entre en contact avec la piste sans que les pilotes n'en aient conscience. A la vigie, le contrôleur, lui-même à l'instruction, demande confirmation de la remise de gaz. Le CDA répond par l'affirmative et rentre le train et les volets. Il redonne les commandes au pilote à l'instruction et réengage le *yaw damper* avec succès.

Le contrôleur instructeur ayant constaté une fumée inhabituelle au toucher de l'avion prend la radio et demande aux pilotes s'ils ont besoin de la sécurité, abandonnant la phraséologie anglaise pour le français. Le MECBO demande alors aux pilotes si l'aile n'aurait pas touché le sol. N'ayant à aucun moment eu la sensation d'un toucher anormal, les pilotes répondent par la négative. L'avion poursuit son tour de piste et se pose normalement.

Au roulage vers le parking, le contrôleur sol demande à l'équipage s'il est nécessaire d'effectuer une inspection de piste. Cette demande est jugée inutile par celui-ci qui est alors persuadé de ne pas avoir touché l'aile à l'atterrissage. L'équipe de piste constatant au parking l'endommagement du saumon de l'aile gauche, l'équipage rappelle le contrôle pour qu'une inspection de piste soit réalisée.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Finistère (29)
 - commune : Bodilis
 - coordonnées géographiques : N 48°31,9' / O 004°08,3'
 - altitude du lieu de l'évènement : 340 ft
- Moment : jour

² V_{S0} est la *stall speed or minimum flight speed in the landing configuration* (vitesse de décrochage ou vitesse minimale de vol à la configuration atterrissage).

³ V_{FE} est la *maximum flap extended speed* (vitesse maximale volets sortis).

1.2. Dommages aux personnes

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	3		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Falcon 10 Mer			1	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Commandant d'aéronef

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : escadrille 57S
 - fonction dans l'unité : officier sécurité aérienne (OSA)
- Formation :
 - qualifications : pilote d'avions multimoteurs, instructeur (2011), examinateur de vol aux instruments (XVE) (2016)
 - école de spécialisation : école de l'aviation de transport d'Avord
 - année de sortie d'école : 2004
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10
Total (h)	3 300	1 400	216	216	20	20

Date du vol précédent comme pilote : 21 mars 2017, de jour sur Falcon 10

- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte VSV verte / avions conventionnels (AVC) / DA10⁴
 - date d'expiration : 31 octobre 2017

1.5.2. Pilote à l'instruction

- Age : 37 ans
- Unité d'affectation : centre d'expertise du groupe aérien embarqué (CENTEX GAé)
 - fonction dans l'unité : officier d'appontage (OA)
- Formation :
 - qualifications : pilote d'avions de chasse, chef de patrouille (2014), OA (2015)
 - école de spécialisation : escadron d'entraînement de la base aéronavale de Méridian (Etats-Unis d'Amérique)
 - année de sortie d'école : 2006
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10
Total (h)	2 147	120	30	30	30	30

- Date du vol précédent comme pilote : 28 mars 2017, de jour sur Falcon 10
- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte VSV verte / avions de chasse embarqués (ACE) / SEM
 - date d'expiration : 30 juin 2017

1.5.3. Mécanicien de bord

- Age : 38 ans
- Unité d'affectation : escadrille 57S
 - fonction dans l'unité : mécanicien de bord (MECBO)
- Formation :
 - qualifications : opérateur en vol conduite machine (CM), opérationnel sur Falcon 10 (2016)
 - écoles de spécialisation : école du personnel volant (EPV) de Nîmes puis groupement d'entraînement et d'instruction (GEI) de Nîmes et GEI de Lorient
 - années de sortie d'école : 2010 (EPV), 2011 (GEI)
- Heures de vol comme MECBO :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10	sur tout type	dont Falcon 10
Total (h)	1 300	230	230	230	50	50

- Date du vol précédent comme MECBO : 23 mars 2017, de jour sur Falcon 10

⁴ DA10 est un acronyme de Falcon 10 en rapport à Dassault Aviation.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : marine nationale
- Commandement organique d'appartenance : ALAVIA
- Base aérienne de stationnement : BAN de Landivisiau
- Unité d'affectation : escadrille 57S
- Type d'aéronef : Falcon 10 Mer
 - configuration : 7 passagers
 - caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Falcon 10 Mer	129	15 448	GV ⁵ : 1 481	VI ⁶ : 449
Moteur 1	Garrett TFE731-2-1C	P73514	7 950	CZI ⁷ : 2 649	MPI ⁸ : 149
Moteur 2	Garrett TFE731-2-1C	P73490	8 214	CZI : 3 196	MPI : 568

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur⁹.

1.6.2. Performances

L'appareil ne fait l'objet d'aucune restriction ayant un rapport avec l'incident.

La limitation de vent de travers démontrée au décollage et à l'atterrissage (becs et volets 55°) est de 25 kt sur piste sèche¹⁰.

1.6.3. Masse et centrage

L'avion a décollé à la masse de 17 000 livres pour un centrage de 22%. Au moment de l'incident la masse de l'aéronef est de 15 600 livres avec un centrage de 23%. Durant la totalité du vol, la masse et le centrage sont restés dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant à la mise en route : 5 000 livres
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 3 500 livres

⁵ GV : grande visite : type C du 14 septembre 2012.

⁶ VI : visite intermédiaire : type A du 14 octobre 2016.

⁷ CZI : *compressor zone inspection* (révision compresseur) : moteur 1 du 24 mai 2005, moteur 2 du 7 avril 2003.

⁸ MPI : *major periodic inspection* (révision périodique principale) : moteur 1 du 20 janvier 2016, moteur 2 du 13 mars 2014.

⁹ La navigabilité des Falcon 10 d'ALAVIA relève de la réglementation FRA.

¹⁰ Cette limite ne correspond pas à une limite structurelle mais à une performance vérifiée dans les limites de la certification.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

L'équipage dispose de la prévision météorologique locale de 13h00 couvrant la période de 14h00 à 23h00 :

- vent du 210° pour 15 kt, rafales à 25 kt ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- ciel comportant une couche nuageuse morcelée à 1 500 ft et une couche morcelée à 5 000 ft ;
- entre 17h00 et 18h00, couche nuageuse morcelée à 1 000 ft et ciel couvert à 2 000 ft ;
- temporairement entre 18h00 et 23h00 :
 - o vent du 210° pour 20 kt rafales 30 kt ;
 - o visibilité de 4 000 m sous de la pluie ou de la bruine ;
 - o nuages morcelés à 700 ft.

A 14h44, la prévision est modifiée comme suit : la couche nuageuse morcelée à 1 500 ft prévue en début de période est remplacée par une couche rare à 2 500 ft.

1.7.2. Observations

Les observations automatiques faites entre 15h00 et 16h00 rapportent les éléments suivants :

- à 15h00 :
 - o vent du 210° pour 17 kt ;
 - o visibilité supérieure à 10 km ;
 - o couches nuageuses morcelées à 2 400 ft, 3 100 ft et 4 600 ft ;
 - o température 14°C ;
 - o pression atmosphérique (QNH) 1 021 hPa ;
- à 15h30 :
 - o vent du 220° pour 19 kt ;
 - o couches nuageuses rares à 2 200 ft, morcelées à 2 700 ft et 4 100 ft ;
 - o température 15°C ;
 - o visibilité et pression inchangées ;
- à 16h00 :
 - o vent du 210° pour 21 kt ;
 - o couches nuageuses éparses à 2 400 ft, morcelées à 3 400 ft et 5 400 ft ;
 - o température 16°C ;
 - o visibilité et pression inchangées.

Aux environs de l'évènement, entre 15h10 et 15h19, les vents enregistrés au seuil 26 sont :

- un vent moyen du 210° pour 18,3 kt ;
- un vent maximum de 26,2 kt ;
- un secteur variable entre 190° et 230°.

Au final, les résultantes de ces vents sur le travers de l'axe de piste sont d'une intensité respectant la limitation de 25 kt maximum.

1.8. Aides à la navigation

Au moment de l'évènement, l'équipage suit les règles de vol à vue et n'utilise pas les équipements de navigation de l'avion.

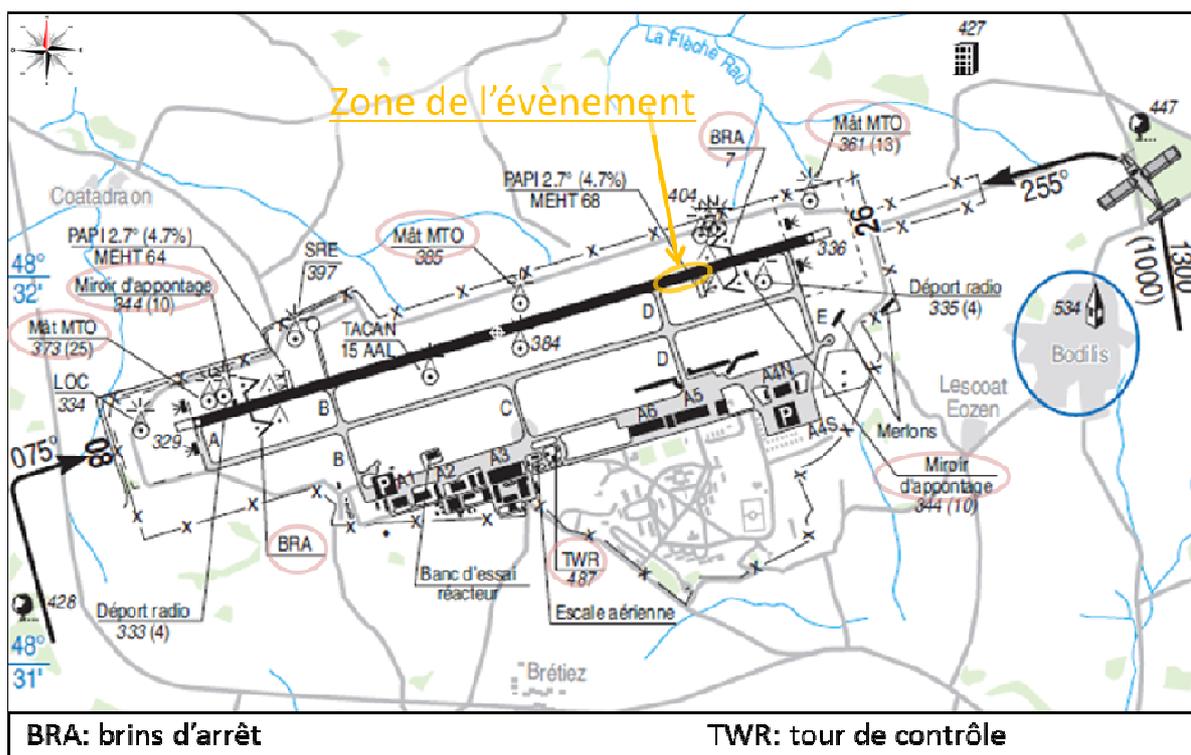
1.9. Télécommunications

Au moment de l'évènement, l'équipage est en liaison UHF¹¹ avec la tour de Landivisiau.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport se situe à environ 8 km au nord-ouest de la ville de Landivisiau sur les communes de Bodilis, Saint-Servais et Plouneventer. La piste, orientée 08/26, est longue de 2 700 m et large de 45 m. Le terrain appartient à la marine nationale et n'est pas ouvert à la circulation aérienne publique. La piste est pourvue de 4 brins d'arrêts bidirectionnels situés à environ 300 m des 2 seuils. En utilisation normale, le terrain est gréé avec un brin en entrée de bande et deux brins en fin de bande.

Dans le cadre de l'entraînement aux appontages, un miroir d'appontage est installé à chaque QFU¹² sur la gauche de la piste avant les brins, à proximité des marquages de pont d'envol situés aux deux seuils de piste. Le jour de l'incident, tous les moyens fonctionnaient correctement à l'exception du mat de mesure de vent au seuil 08.



Positionnement de l'évènement sur la carte d'aérodrome

¹¹ UHF : *ultra high frequency*, ondes ultra hautes fréquences (de 300 MHz à 3 000 MHz).

¹² Le QFU désigne la direction magnétique de la piste en service.

1.11. Enregistreurs de bord

Les Falcon 10 d'ALAVIA sont équipés d'un enregistreur de données de vol (FDR, *flight data recorder*). Les paramètres enregistrés sont : une référence de temps, une référence d'altitude, le cap, la vitesse air, l'accélération longitudinale et l'accélération verticale.

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

1.12.1. Examen de la zone

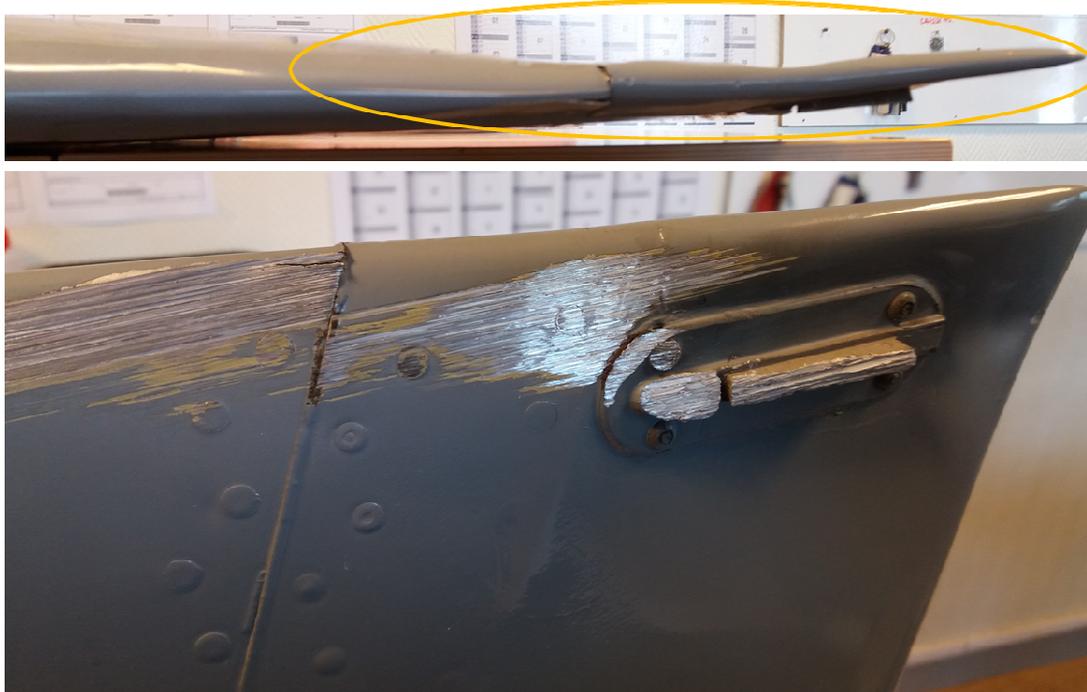
L'examen de la piste par le BEAD-air a été réalisé deux jours après l'incident. Entre-temps, la piste a été balayée plusieurs fois, il a plu et des décollages et des atterrissages ont eu lieu. De nombreuses traces de gomme sont relevées derrière le brin d'arrêt en entrée de piste. La marque des rainures du pneu de l'une d'elles correspond à un contact avec un avion incliné à gauche. Une trace blanche de 2 cm de large sur une longueur de 12 m est parallèle à cette trace de pneu, décalée de 5,20 m sur la gauche. Cette distance est semblable à celle séparant le saumon et la roue du train principal d'un Falcon 10. Des prélèvements ont été réalisés sur la trace blanche afin d'en analyser la nature.



Seuil de piste 26 vu 100 m après le brin d'arrêt

1.12.2. Examen de l'aéronef

Le saumon de l'aile gauche et deux déperditeurs de potentiel sont endommagés. Les examens de la cellule et du train d'atterrissage de l'aéronef n'ont pas révélé d'autres défauts. L'inspection visuelle de la chaîne *yaw damper* n'a pas révélé d'anomalie. Les échanges standards (E/S) de l'amplificateur et du gyromètre ont été effectués. Les essais de bon fonctionnement qui ont suivi sont satisfaisants.



Vues du saumon de l'aile gauche après dépose

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Commandant d'aéronef

- Dernier examen médical¹³ :
 - type : visite semestrielle personnel navigant (PN) (référence : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 17 décembre 2014¹⁴, apte 48 mois)
 - date : 05 décembre 2016
 - résultat : apte pilote groupe 2
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.13.2. Pilote à l'instruction

- Dernier examen médical¹³ :
 - type : visite en CEMPN
 - date : 17 janvier 2017
 - résultat : apte pilote groupe 1
 - validité : 12 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

¹³ Selon instruction n°0-12664-2015/DEF/DPMM/PRH du 22 juillet 2015 relative à l'aptitude médicale du personnel navigant de l'aéronautique navale.

¹⁴ Selon instruction n°119/DEF/DPMM/SPAHMM du 16 décembre 2002 (modifiée) relative à l'aptitude médicale au service dans le personnel navigant de l'aéronautique navale.

1.13.3. Mécanicien de bord

- Dernier examen médical¹⁵ :
 - type : visite semestrielle PN (référence : CEMPN du 06 janvier 2011¹⁴, apte 84 mois)
 - date : 28 mars 2017
 - résultat : apte mécanicien de bord
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16. Essais et recherches

Le département RESEDA de DGA EP a réalisé l'extraction des données du FDR. Dassault Aviation et DGA EV ont été consultés pour l'analyse de ces données.

DGA TA a procédé aux investigations techniques suivantes :

- estimation de l'attitude de l'avion au moment de l'impact à partir de l'analyse du saumon ;
- comparaison de résidus prélevés sur piste avec le saumon et les déperditeurs de potentiel ;
- expertise, avec le concours de Dassault Equipement, du boîtier amplificateur de la chaîne d'amortissement de lacet ;
- expertise du micro-contact de la jambe de train principal gauche.

Dassault Equipement a procédé à une expertise technique complémentaire des éléments suivants de la chaîne d'amortissement de lacet :

- le boîtier amplificateur ;
- le vérin d'amortissement.

Le concours d'Ontic (UK) a été sollicité par l'intermédiaire de Sabena Technics en charge du maintien en condition opérationnel des Falcon 10 Mer pour l'expertise du gyromètre de lacet (P/N 301RGS2). Après plusieurs reports dans l'attente d'une certification par la *civil aviation authority* (CAA), la société n'a été ni en mesure de réaliser l'expertise elle-même, ni de fournir les données afin qu'une expertise soit *in fine* réalisée par la DGA¹⁶.

¹⁵ Selon instruction n°0-10304-2017/DEF/DPMM/PRH/NP du 21 mars 2017 relative à l'aptitude médicale du personnel navigant de l'aéronautique navale, des contrôleurs de circulation aérienne et des contrôleurs d'aéronautique.

¹⁶ Le marché n°10-92-039 du 15 décembre 2010, relatif à la flotte Falcon 10 Mer, ne prévoit pas de clause relative aux obligations de navigabilité des sous-traitants du contractant. Désormais, les marchés prévoient que les sous-traitants ou à défaut les contractants soient titulaires des agréments idoines.

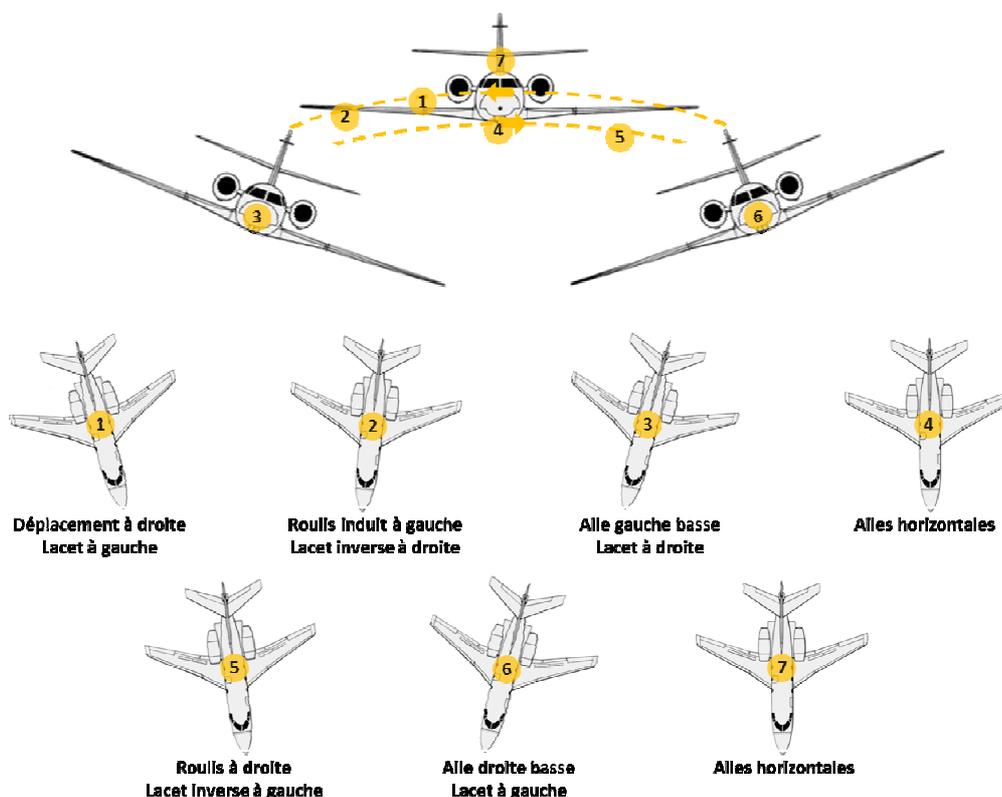
1.17. Renseignements sur les organismes

Au sein du ministère des armées, le Falcon 10 est mis en œuvre par la marine nationale. Il est exploité par l'escadrille 57S située sur la BAN de Landivisiau. Le Falcon 10 sert majoritairement à l'entretien des qualifications de vol aux instruments des pilotes de chasse embarqués. A plus faible échelle, les Falcon 10 sont occasionnellement utilisés au transport d'autorités.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Roulis hollandais (*dutch roll*)

Le roulis hollandais est défini comme un mouvement couplé de roulis et de lacet. C'est le résultat d'une insuffisance de stabilité de route (de lacet) au regard de la stabilité latérale (de roulis). Les concepteurs d'avion doivent décider d'un compromis qui peut les amener à équiper l'avion d'un système amortisseur de lacet (*yaw damper*).



Cinématique du roulis hollandais suite à une rafale de vent venant de la gauche de l'avion

Le roulis hollandais peut être un problème rencontré à la fois en croisière à haute altitude et à l'approche à vitesse lente (quand la vitesse indiquée est faible).

Si le roulis hollandais se produit en vol, à défaut d'une procédure par le constructeur, la première action corrective est de ne rien faire et d'attendre de voir si les oscillations s'amortissent. Si ce n'est pas le cas, il convient d'utiliser les ailerons (car le roulis est plus facile à évaluer que le lacet) en faisant de petites corrections sans chercher à contrer l'oscillation elle-même.

1.18.2. Système yaw damper du Falcon 10

Le but du système amortisseur de lacet du Falcon 10 est d'amortir les résultats d'oscillations transversales rapides dans toutes les conditions de vol par une déviation de faible amplitude de la gouverne de direction, tout en permettant à l'équipage d'utiliser normalement les palonniers. Il est connecté au pilote automatique pour assurer la coordination du lacet pendant les virages.

Un boîtier amplificateur (*yaw Arthur box*) commande les mouvements d'un vérin d'amortissement en tenant compte :

- de la vitesse angulaire de lacet fournie par un gyromètre ;
- de la référence verticale fournie par un gyroscope vertical ;
- des informations de gain en retour du vérin de la gouverne de direction ;
- d'un système de sécurité dont la fonction est d'éviter toute déviation irréversible dangereuse consécutive à un dysfonctionnement ;
- des circuits de surveillance des vérins de la gouverne de direction et des ailerons.

Les mouvements du vérin d'amortissement agissent sur la servocommande de la gouverne de direction sans déplacer les palonniers.

En cas d'anomalie, l'interrupteur marche/arrêt situé sur le panneau de commande des modes primaires du pilote automatique retourne automatiquement à la position « *DISENGAGED* » (arrêt) et le vérin d'amortissement en lacet est renvoyé à sa position neutre par un ressort de rappel. La position « *DISENGAGED* » est signalée aux pilotes par un voyant orange « *Y.D. DISC.* » allumé sur les panneaux d'alarme du pilote et du copilote.

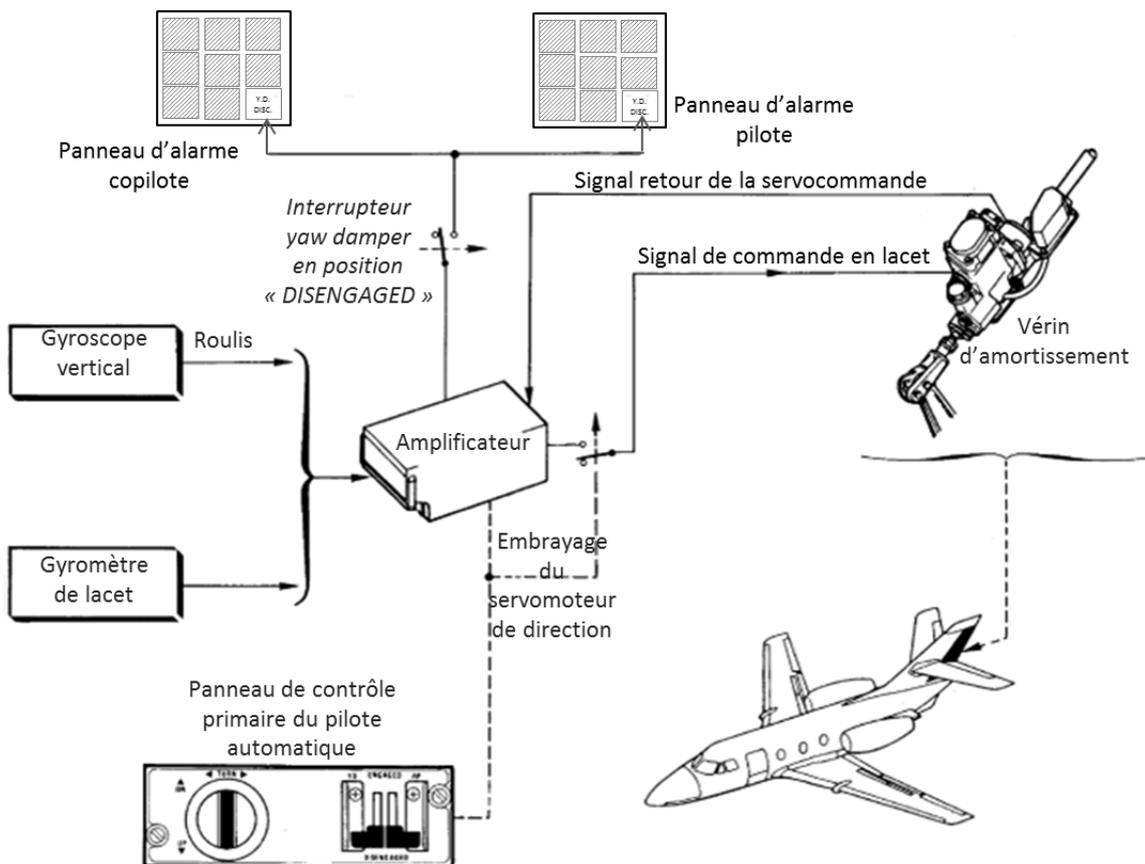


Schéma de principe de fonctionnement du yaw damper du Falcon 10

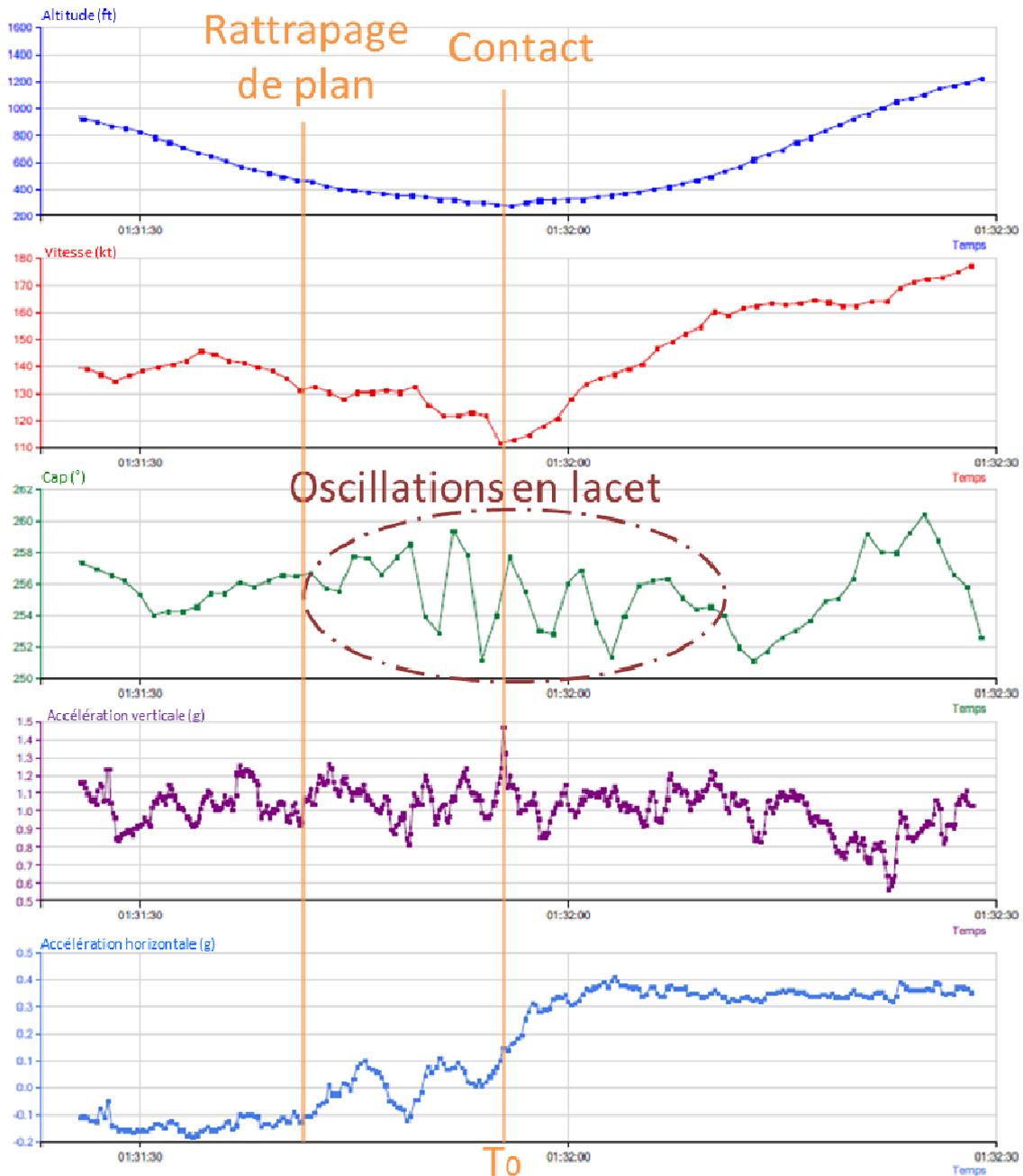
2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première présente les résultats des différentes expertises, la deuxième détaille la séquence de l'évènement et la troisième cherche à identifier les causes de l'incident.

2.1. Résultats des expertises

2.1.1. Enregistreur des données de vol

Les données du FDR sont exploitables.



Paramètres de vol aux environs de l'évènement

On observe un pic d'accélération verticale associé à une franche décélération de l'avion qui indiquent le contact du train d'atterrissage avec la piste.

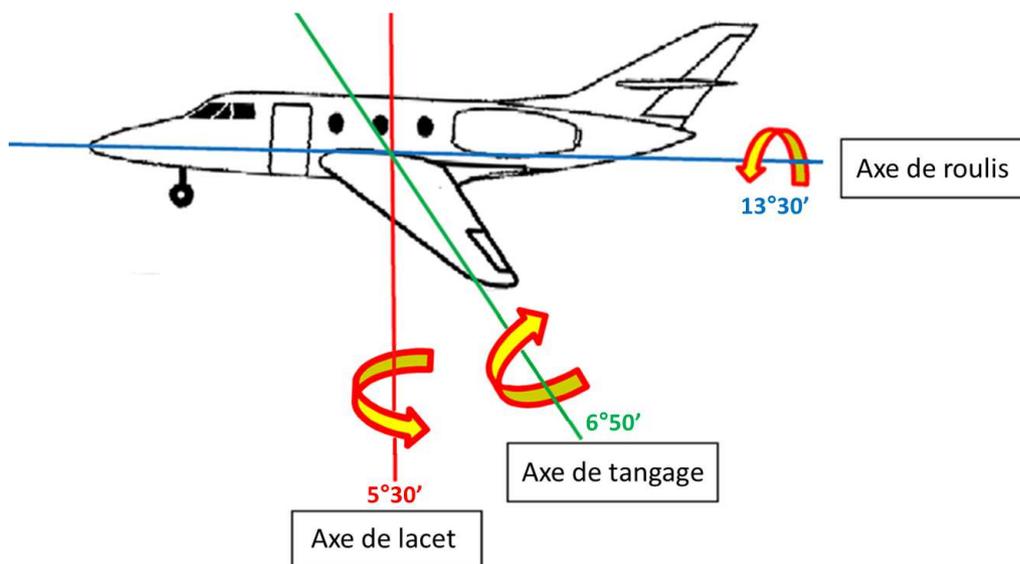
L'analyse des données du FDR montre des oscillations en lacet pendant une trentaine de secondes. Celles-ci débutent dans les 2 secondes qui suivent le rattrapage de plan au cours de l'exercice d'approche plongeante et s'interrompent durant la montée liée à la remise de gaz. Ces oscillations présentent une période¹⁷ d'environ 4 secondes.

Par ailleurs, des essais de stabilité transversale dynamique ont été réalisés en 1973 par le centre d'essais en vol dans le cadre de la certification du Falcon 10. Lors des essais *yaw damper* débrayé, des oscillations de type roulis hollandais ont été mises en évidence en configuration atterrissage avec des périodes de 4,2 s tant en lacet qu'en roulis. Le phénomène s'amortissant de lui-même, il a été conclu que « la panne de *yaw damper* n'est absolument pas restrictive et ne pose aucun problème de pilotage »¹⁸. L'*operational instructions manual* précise à l'attention des pilotes de Falcon 10 qu'en cas de panne de *yaw damper* le vol peut être poursuivi sans difficulté en évitant toutefois les conditions turbulentes (cf. annexe).

Ainsi, il apparaît sur le graphe du cap qu'une oscillation de type roulis hollandais s'est installée en courte finale lors du sixième circuit. Cette oscillation a été générée naturellement par les conditions turbulentes engendrées par un vent de travers soufflant en rafales alors que le *yaw damper* venait de se désengager. L'absence d'information sur la position des commandes de vol ne permet pas de déterminer si le pilote a subi passivement le roulis hollandais ou s'il a entretenu le phénomène en voulant le contrer (car le temps de réaction est proche de la demi-période de l'oscillation).

2.1.2. Saumon

Les mesures d'angle réalisées sur le saumon à l'aide d'un marbre ont permis d'estimer l'attitude de l'avion au moment de l'impact.



Estimation de l'attitude de l'avion au moment de l'impact

¹⁷ Dans un phénomène oscillatoire, la période est l'intervalle de temps correspondant à un cycle complet de va-et-vient.

¹⁸ Note essais en vol n°1 592/B relative à la certification du Falcon 10 (chapitre Q : qualités de vol – Q.11 : stabilité transversale dynamique).

2.1.3. Prélèvements effectués sur la piste

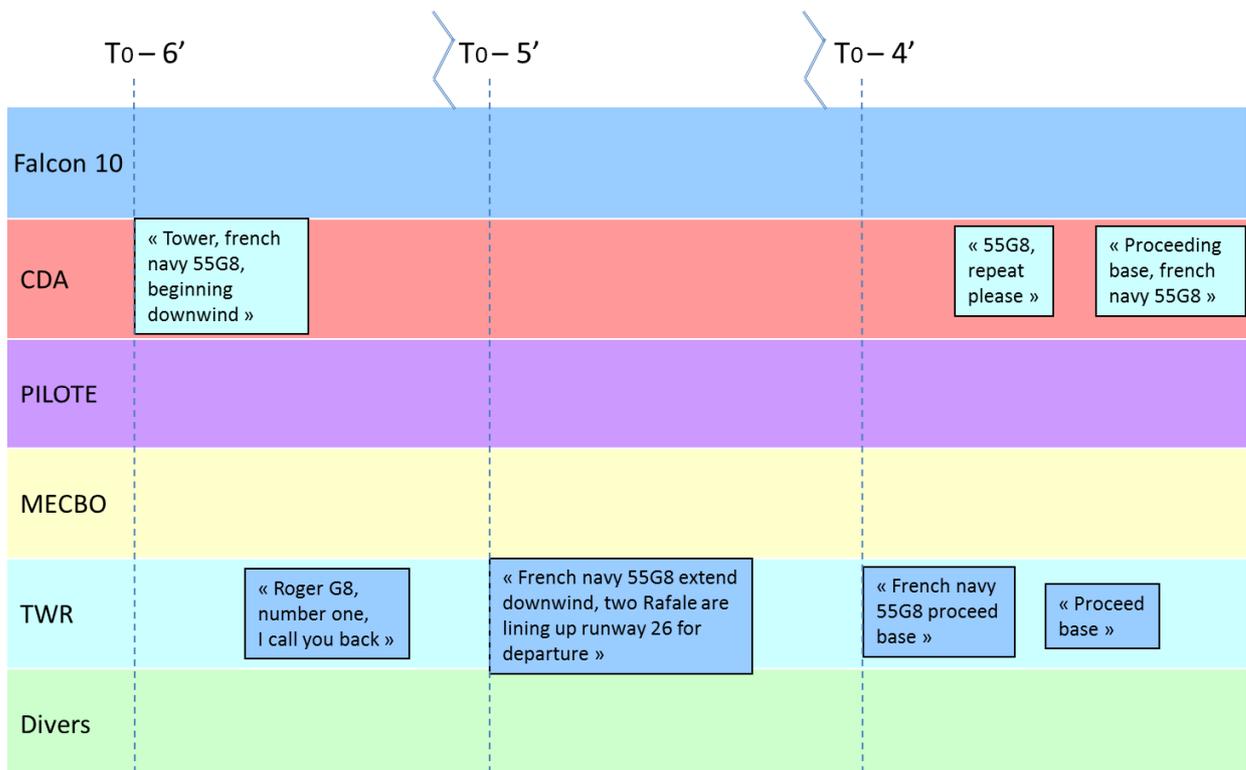
Des analyses réalisées par spectrométrie *FTIR*¹⁹ sur les prélèvements de la piste établissent qu'aucune correspondance n'existe entre la trace blanche relevée sur la piste (cf. §1.12.1 page 14) et les déperditeurs de potentiel ou le saumon dont la peinture est éraflée. Ces analyses ne permettent pas de confirmer que les traces décelées correspondent à celles de l'évènement.

2.1.4. Système d'amortissement de lacet

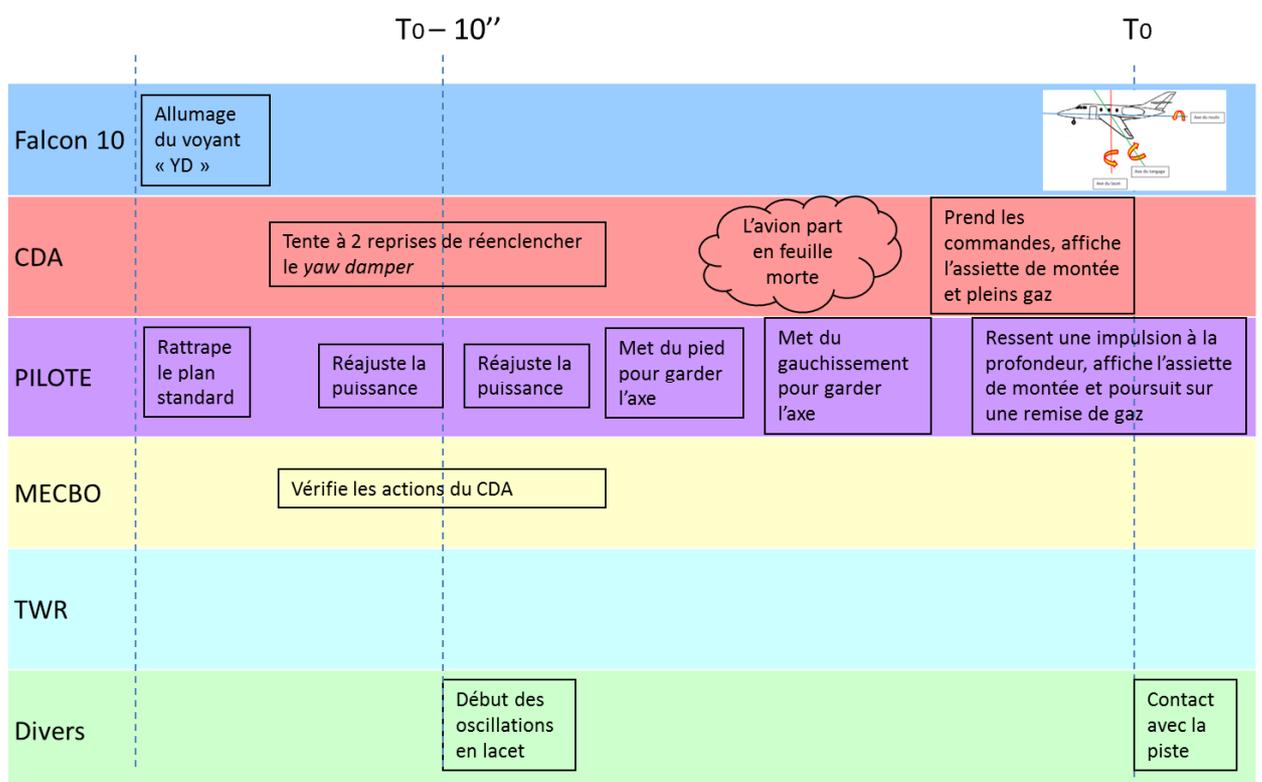
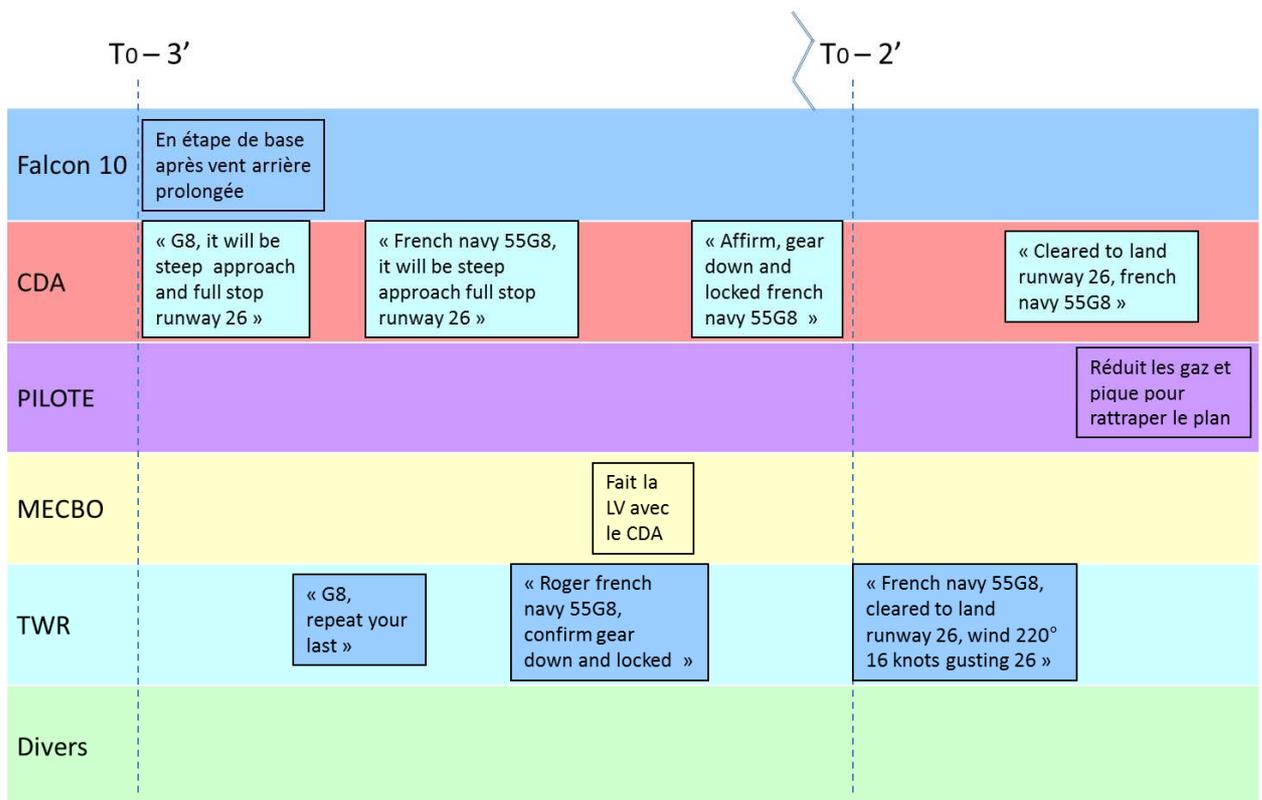
Les expertises qui ont pu être menées sur l'amplificateur *yaw Arthur box* ont révélé une panne intermittente d'un composant électronique hybride pouvant être à l'origine d'un désengagement du *yaw damper* en courte finale et de l'impossibilité temporaire de le réenclencher.

Par ailleurs, l'expertise de l'amplificateur *yaw Arthur box* a révélé des tensions après écrêtage plus élevées que celles spécifiées en condition de haute vitesse. En comparaison à un système conforme, l'amplitude du mouvement de la gouverne sera plus importante en réponse à une sollicitation donnée. Cela pourrait expliquer les témoignages de certains pilotes de l'escadrille qui ont indiqué lors de l'enquête avoir parfois perçu une plus forte sensibilité à haute vitesse en lacet et en roulis de leur avion sans pouvoir confirmer s'il s'agissait du Falcon n°129.

2.2. Séquence de l'évènement



¹⁹ La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (*Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR*) est une technique utilisée pour obtenir le spectre d'absorption, d'émission, la photoconductivité ou la diffusion Raman dans l'infrarouge d'un échantillon solide, liquide ou gazeux. L'avantage du spectromètre *FTIR* par rapport à un spectromètre à dispersion est la collecte simultanée de données sur un spectre large.



2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes environnementales

L'*operational instructions manual* du Falcon 10 précise qu'en cas de panne du *yaw damper*, celui-ci se désengage automatiquement sans action du pilote. Il est alors possible d'essayer de le réenclencher par au plus deux tentatives. En cas d'insuccès, le vol peut être poursuivi sans difficulté mais la stabilité en lacet est réduite. Le vol en atmosphère turbulente est alors à éviter.

Au moment de l'incident, si le vent, rafales incluses, est dans les limites démontrées de vent de travers, son intensité génère des turbulences.

Les conditions turbulentes sont à l'origine d'un roulis hollandais qui s'installe consécutivement au désengagement du système d'amortissement de lacet.

2.3.2. Causes techniques

Les expertises de l'amplificateur *yaw Arthur box* ont révélé une panne intermittente d'un composant électronique hybride. Si l'occurrence de cette panne au moment de l'évènement ne peut être rigoureusement démontrée, il s'avère néanmoins extrêmement probable qu'elle soit à l'origine du désengagement du *yaw damper* en courte finale et de l'impossibilité temporaire de le réenclencher. Le rattrapage de plan sous turbulences a certainement favorisé l'apparition de la panne.

Le désengagement du *yaw damper*, contributif de l'évènement, est très probablement dû à la panne intermittente d'un de ses composants électroniques dont l'apparition a certainement été favorisée par le rattrapage de plan sous turbulences.

2.3.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

2.3.3.1. Nature du vol

Le vol est une séance d'instruction au profit du copilote pour l'obtention de la qualification pilote opérationnel sur Falcon 10. Pilote de SEM, le pilote à l'instruction est affecté à l'escadrille 57S à l'été 2017. Il est prévu que l'intéressé soit opérationnel dès son arrivée à son nouveau poste. C'est la raison pour laquelle sa formation est anticipée.

Le programme de formation à cette qualification comporte treize vols d'instruction et un vol d'évaluation. Le rythme des vols n'entraîne pas une accumulation de fatigue pour le pilote à l'instruction. Cependant, chaque vol est assez dense et sollicite fortement les ressources cognitives de ce pilote à l'instruction. Sa progression est jugée bonne par l'encadrement.

L'évènement a lieu au cours du cinquième vol dont le programme est orienté sur des exercices d'approches aux instruments et des *touch and go*. Un exercice d'approche plongeante, normalement prévu au troisième vol et reporté en raison des conditions météorologiques, est planifié dès la préparation du vol. Le report d'un exercice est une pratique courante mais entraîne une augmentation de la charge pédagogique de la séance.

Le jour de l'évènement, le pilote à l'instruction réalise deux vols à son profit. L'évènement survient à la fin du second vol.

La nature et le contexte du vol ne présentent pas de difficulté particulière, toutefois l'évènement survient lors du second vol d'instruction de la journée où le pilote à l'instruction a multiplié les exercices. Dans ces conditions, une diminution des capacités cognitives du pilote à l'instruction à la fin du vol a pu être un facteur contributif de l'évènement.

2.3.3.2. Composition de l'équipage

L'équipage est composé de deux pilotes et d'un MECBO.

Le CDA, en place droite, agit en qualité d'instructeur. Il est par ailleurs détenteur de la qualification la plus élevée sur Falcon 10 (XVE) et est le pilote de l'escadrille possédant le plus d'heures de vol en Falcon 10 (1 400 heures en Falcon 10 sur un total de 3 300 heures de vol). La grande majorité de ses vols effectués au sein de l'escadrille 57S l'a été en place gauche, en qualité d'examineur, dans le cadre des contrôles récurrents des pilotes de flottille, assis en place droite.

Le pilote à l'instruction, en place gauche, est un ancien pilote de SEM qui totalise 2 147 heures de vol dont 120 heures en Falcon 10. C'est par ailleurs un officier d'appontage, qualification rare et très reconnue au sein de la marine nationale. Son expérience en Falcon 10, principalement en place droite, provient des contrôles récurrents réalisés en qualité de pilote de flottille. Les pilotes de flottille n'ont pas de qualification Falcon 10 et ne pilotent pas durant le roulage, le décollage ou l'atterrissage. Au moment de l'évènement, il totalise environ 8 heures de vol en place gauche, expérience obtenue dans le cadre de sa formation de pilote opérationnel.

Le MECBO, assis sur le *jump seat*, possède une ancienneté de sept mois au sein de l'escadrille et totalise 1 300 heures de vol dont 230 heures en Falcon 10.

L'expérience aéronautique globale de l'équipage a pu contribuer à l'instauration d'un sentiment de maîtrise retardant la prise de décision visant à annuler la manœuvre initiée.

2.3.3.3. Charge cognitive du pilote à l'instruction

Le pilote à l'instruction est en formation. Il ne maîtrise pas encore parfaitement l'atterrissage sur Falcon 10, notamment l'arrondi qu'il ne pratiquait pas sur SEM. Les ressources cognitives qu'il met en jeu sont donc importantes dans cette phase non automatisée. Au cours de la séance, le pilote à l'instruction réalise trois *touch and go* pendant lesquels il rapporte avoir rencontré des turbulences rendant la manœuvre difficile. Bien que n'évoquant pas de sensation de fatigue à la fin de la séance, le cumul des charges cognitives mises en œuvre tout au long de la séance est à l'origine d'une diminution des capacités cognitives en fin de vol, révélée par la dégradation de la perception et le délestage des tâches constatés chez le pilote à l'instruction.

Le désengagement du *YD* a entraîné l'allumage d'un voyant et l'émission d'un bruit significatif. Seuls le CDA et le MECBO ont perçu ce bruit. De même, alors que le voyant se trouve dans l'axe du balayage visuel du pilote à l'instruction aux commandes, son allumage n'a pas été conscientisé.

La charge cognitive pour contrôler l'avion est telle que le pilote à l'instruction doit délaissier d'autres tâches, comme le suivi de la vitesse. Il retire alors sa main droite de la manette des gaz afin d'avoir les deux mains sur le manche.

Par l'absence de perception du désengagement du *YD*, le pilote à l'instruction a une conscience erronée de la situation ne permettant pas d'anticiper la survenue d'un roulis hollandais. Les actions aux commandes qui ont suivi ont ainsi pu entretenir, voire amplifier, le phénomène oscillatoire.

Le pilote en formation a subi une saturation cognitive inhérente à son niveau de progression qui a limité ses capacités de perception, de réflexion et d'action. Ceci est un facteur contributif de l'évènement.

2.3.3.4. Baisse de vigilance du commandant d'aéronef

Considérant que le pilote à l'instruction a exécuté tous les exercices du programme avec succès, le CDA décide de finir la séance par l'exercice de l'approche plongeante comme briefé avant vol. Le rattrapage de plan, qui est l'objectif de cet exercice, est également considéré comme bien exécuté.

Le *yaw damper* se désengage en courte finale, au rattrapage du plan. Le CDA tente de le réenclencher sans succès à deux reprises. Il est surpris par des oscillations en lacet et roulis qu'il n'associe alors pas au fait que le *YD* soit sur *off*. L'incident arrivant en fin de séance, le CDA subit une baisse de vigilance à l'origine d'un allongement des temps d'analyse et de prise de décision. La décision de renoncer à un atterrissage complet final n'est pas aisée à prendre. Absorbé par le désengagement du *YD* et confiant en son copilote, le CDA ne perçoit pas immédiatement les difficultés éprouvées par le pilote en formation pour contrôler la trajectoire. Le CDA identifie tardivement la criticité de la situation.

La remise de gaz initiée par le CDA intervient près de dix secondes après le début des oscillations. Durant l'approche interrompue, le saumon de l'aile gauche touche la piste.

La baisse de vigilance du CDA, en fin de vol, est à l'origine d'une prise de décision retardée ayant conduit à l'évènement.

2.3.3.5. Gestion de l'évènement

Traitement du désengagement de *YD*

Le désengagement du *YD* n'a pas fait l'objet d'un traitement de type panne (3ABDI)²⁰ tel qu'il est enseigné à l'école de l'aviation de transport.

Si l'analyse et l'action se traduisent par les deux tentatives de réenclenchement, ni le CDA, ni le MECBO n'ont annoncé le désengagement du *YD*, information qui a manqué au pilote. De plus, aucun bilan mentionnant le risque de roulis hollandais n'a été partagé.

²⁰ 3ABDI : annonce, analyse, action, bilan, décision, information.

Sur Falcon 10 Mer, le voyant « *YD DISC* » s'allume en orange lors du désengagement du *YD*, intentionnel ou non. En l'absence de connaissance du risque de roulis hollandais, la couleur orange du voyant peut conduire à différer le traitement du désengagement du *YD*.

Le manque de connaissances du *yaw damper* et de son rôle a conduit le CDA à sous-évaluer le risque qu'entraîne un désengagement de celui-là à l'atterrissage en air turbulent.

Prise de décision du CDA

La procédure relative au désengagement intempestif de *yaw damper* permet de poursuivre le vol à condition d'éviter les turbulences (*operational instructions manual*). Le risque de roulis hollandais en cas de turbulences (modérées ou fortes) n'est pas expressément formulé. C'est un phénomène rare sur Falcon 10²¹. Ni le pilote, ni l'instructeur n'ont été confrontés par le passé à un phénomène de roulis hollandais sur Falcon 10. Ainsi, aucun d'eux n'a su identifier le phénomène dès l'apparition des oscillations, ni ne disposait d'automatisme pour le gérer.

N'ayant pas identifié le roulis hollandais et confiant en son pilote à l'instruction, l'instructeur laisse le pilote poursuivre son approche. Les oscillations s'amplifiant, et considérant qu'il ne serait plus lui-même en mesure de contrôler l'avion pour l'atterrissage, l'instructeur décide d'interrompre l'approche et de remettre les gaz. L'avion n'est plus qu'à quelques mètres du sol et continue d'osciller fortement. Il est trop tard pour éviter le contact de l'aile avec la piste.

La remise des gaz décidée par le CDA était nécessaire mais a été effectuée tardivement. L'absence de sensibilisation explicite au risque de roulis hollandais dans la procédure relative au désengagement du *YD* a contribué à cette prise de décision tardive.

Communication au sein de l'équipage

Confronté à un comportement inédit de l'avion, décrit comme celui d'une « feuille morte », le CDA subit un fort niveau de stress qui se traduit par une prise de décision et une action aux commandes sans annonce à l'équipage.

Le CDA et le pilote ont alors tous deux les mains sur les commandes avec des projets d'action différents. Tandis que le pilote est concentré sur l'atterrissage et se prépare à sortir les aérofreins et à appuyer sur les freins, le CDA met les manettes des gaz en avant, affiche une assiette de montée, rentre le train d'atterrissage puis les volets.

Alors que les deux pilotes auraient pu mutuellement contrer leurs actions aux commandes de vol, le pilote à l'instruction perçoit l'action du CDA sur les manettes des gaz et décide de suivre son pilotage par transparence quand il le voit agir sur les commandes de vol. Le conditionnement du pilote à l'instruction quand il était sur SEM à être prêt à remettre les gaz sur ordre n'y est pas étranger.

Le niveau de stress atteint par le CDA a entraîné une rupture de la communication dans l'équipage à un moment critique (changement de plan d'action). Mais la juste perception par le pilote à l'instruction de l'action du CDA aux commandes a permis de ne pas perturber la remise de gaz.

²¹ Dassault Aviation a enregistré trois cas de roulis hollandais associés à un désengagement du *YD* sur 1 700 000 heures de vol effectuées entre 1981 et 2017.

Interprétation du message du contrôleur

Les communications avec les contrôleurs de la BAN de Landivisiau sont échangées en phraséologie anglaise, sauf en cas de situation d'urgence où la phraséologie française est prescrite. Au moment de l'évènement, la circulation d'aérodrome de Landivisiau est régulée par un contrôleur à l'instruction et son instructeur.

Alors que l'avion s'est annoncé pour un atterrissage complet, le contrôleur instructeur observe depuis la vigie un roulis inhabituel en finale (sa position ne permet pas de voir le lacet), un dégageant de fumée sur la piste et une remise de gaz. Le contrôleur à l'instruction qui n'a constaté que la remise de gaz demande à l'équipage, en anglais, une confirmation de celle-ci. Après la réponse affirmative de l'équipage en anglais, le contrôleur instructeur demande, en français, une fois l'avion établi en vent arrière, si celui-ci a besoin de la sécurité. Le MECBO exprime alors aux pilotes son impression que l'aile a touché le sol. Les deux pilotes n'ayant pas ressenti le toucher de l'aile alors qu'ils étaient tous deux aux commandes pensent que la perception du MECBO est erronée. De plus, malgré le changement de voix du contrôleur (femme/homme), ils interprètent le passage de l'anglais au français comme un manque d'aisance des contrôleurs en anglais plutôt que la réaction des contrôleurs à une situation potentiellement dangereuse. L'absence de signification par le contrôle aérien du contact anormal de l'avion avec la piste à cet instant ne permet pas aux pilotes d'identifier la raison du passage en français par le contrôleur.

Le contact de l'aile avec la piste pourrait engendrer des déformations structurelles (notamment sur l'aileron) pouvant dégrader gravement les performances aérodynamiques et présenter un danger en vol. De plus, les débris laissés sur la piste peuvent présenter un danger pour tous les usagers.

Une fois l'avion posé et la piste dégagée, le contrôle aérien précise à l'équipage sur la fréquence « sol » qu'un léger toucher de l'aile sur la piste a été aperçu et demande si une inspection de piste est nécessaire. Ne remettant toujours pas en cause leur perception, les pilotes répondent encore une fois par la négative. Ce n'est que sept minutes après leur atterrissage, une fois en piste, que l'équipage prend conscience des dommages et avertit le contrôle aérien de la perte de déperditeurs de potentiel sur la piste.

Les pilotes convaincus de leurs sensations n'ont pas prêté suffisamment de crédit aux perceptions du MECBO et du contrôleur. Soumis à un biais de confirmation²², les pilotes ne remettent pas en question leur représentation pourtant erronée.

Une mauvaise interprétation du passage à la langue française, une communication tardive des contrôleurs sur ce qu'ils ont vu et une absence de remise en question des pilotes ont conduit ces derniers à poursuivre l'atterrissage sans jamais avoir conscience du danger résiduel constitué par le contact anormal de leur avion avec la piste.

²² Le biais de confirmation consiste pour un individu à privilégier les informations qui confirment son hypothèse et à accorder moins d'importance aux informations qui ne vont pas dans le sens de cette hypothèse.

2.3.3.6. Exercice de l'approche plongeante

Le désengagement intempestif du *yaw damper* intervient durant la pratique de l'approche plongeante. L'objectif de cet exercice est de permettre au pilote d'acquérir la technicité pour récupérer, en toute sécurité, un plan de finale standard à partir d'une position haute sur le plan. Cet exercice est enseigné depuis plusieurs mois au troisième vol du programme de formation pilote opérationnel de Falcon 10. L'initiative prise par l'escadrille 57S d'instruire cet exercice est approuvée par ALAVIA sans que cela soit pour autant formalisé dans l'instruction permanente (IP) « instruction – entraînement » du Falcon 10²³.

Lors du briefing, l'instructeur stipule que le plan d'approche standard doit être rattrapé au plus tard à 300 ft/sol. Il prend ainsi une marge vis-à-vis des 100 ft/sol mentionnés dans l'IP « instruction – entraînement » tome 2 en cours d'élaboration. Les instructeurs de l'escadrille 57S avec lesquels le groupe d'enquête a pu s'entretenir ont précisé qu'une hauteur de 100 ft leur semblait insuffisante pour stabiliser en sécurité l'approche en très courte finale.

L'absence d'un référentiel d'instruction officialisé génère une ambiguïté sur les normes à respecter.

²³ IP n°65.3.00 ALAVIA/PREPA-OPS/DOCT/NP du 13 mai 2008 (édition 1 – indice G).

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est un contact anormal avec la piste lors d'une approche interrompue en raison de roulis hollandais installé en courte finale.

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

Le 28 mars 2017, un Falcon 10 décolle de Landivisiau dans le cadre de la qualification opérationnelle du pilote à l'instruction qui exécute alors son deuxième vol de la journée. Le vent souffle en rafales et génère des turbulences.

En fin de séance, au cours du rattrapage du plan standard de descente lors d'un exercice d'approche plongeante, le *yaw damper* se désengage. Le CDA tente à deux reprises de le réenclencher sans succès et décide de laisser le pilote à l'instruction poursuivre l'atterrissage compte tenu de son imminence. Concentré sur le contrôle de la trajectoire, le pilote à l'instruction ne s'est pas rendu compte du désengagement du *yaw damper*.

L'avion subit alors un roulis hollandais qui n'est pas immédiatement identifié par l'équipage. Pressentant une situation délicate, sous stress, le CDA reprend les commandes sans l'annoncer pour effectuer une remise de gaz. L'équipage ressent le toucher du train d'atterrissage principal gauche sur la piste. Le saumon de l'aile entre en contact avec la piste sans que les pilotes n'en aient conscience. A la vigie, le contrôleur demande confirmation de la remise de gaz. Le CDA répond par l'affirmative, rentre le train et les volets, redonne les commandes au pilote à l'instruction et réengage le *yaw damper* avec succès.

Le contrôleur instructeur ayant observé une fumée inhabituelle au toucher de l'avion demande aux pilotes s'ils ont besoin de la sécurité, abandonnant la phraséologie anglaise pour le français. Le MECBO exprime alors aux pilotes son impression que l'aile a touché le sol. N'ayant à aucun moment eu la sensation d'un toucher anormal, les pilotes répondent par la négative. L'avion poursuit son tour de piste et se pose normalement.

Lorsqu'au parking l'équipe de piste constate l'endommagement du saumon de l'aile gauche, l'équipage rappelle le contrôle pour qu'une inspection de piste soit réalisée.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de cet incident sont :

- le désengagement du *yaw damper* associé à une panne d'un composant électronique de l'amplificateur *yaw Arthur box* ;
- le roulis hollandais généré par des turbulences avec le *yaw damper* désengagé ;
- la saturation, en fin de séance, des capacités cognitives du pilote en formation inhérente à son niveau de progression ;
- la décision tardive de remettre les gaz, influencée par les facteurs suivants :
 - o une sensation de maîtrise du fait d'un équipage expérimenté ;
 - o une baisse de vigilance du CDA en fin de vol ;
 - o une méconnaissance du *yaw damper* et de son rôle ;
 - o l'absence de sensibilisation explicite au risque de roulis hollandais dans la procédure relative à la panne de *YD*.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. *Yaw damper*

La méconnaissance par l'équipage du système d'amortissement de lacet et de son rôle a contribué à un traitement incomplet de son désengagement. Par ailleurs, la procédure relative à la panne de *YD* ne mentionne pas le risque de roulis hollandais. Il en a résulté au sein de l'équipage une représentation erronée de la situation.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de renforcer la connaissance des équipages d'aéronefs équipés d'un *yaw damper* sur son fonctionnement et sur les conséquences d'un désengagement de ce système.

R1 – [M-2017-005-I]

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande également :

à la marine nationale de préciser dans la procédure de son mémento de l'équipage Falcon 10 relative à la panne de *yaw damper*, le risque de roulis hollandais en cas de poursuite du vol en conditions turbulentes.

R2 – [M-2017-005-I]

4.1.2. Communication en situation inusuelle

Le désengagement intempestif du *yaw damper* a été détecté par le CDA et le MECBO sans que ceux-ci ne l'annoncent au pilote à l'instruction qui n'en avait pas conscience. Dès lors, le pilote à l'instruction a pu avoir des actions aux commandes susceptibles d'entretenir voire d'amplifier le roulis hollandais engendré par les turbulences.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de sensibiliser les équipages de l'escadrille 57S sur la nécessité de bien communiquer en situation inusuelle.

R3 – [M-2017-005-I]

4.1.3. Analyse du risque de la procédure d'approche plongeante

Le désengagement du *yaw damper*, contributif de l'évènement, est dû à la panne intermittente d'un des composants électroniques dont l'apparition a été favorisée par le rattrapage de plan sous turbulences. Par ailleurs, ALAVIA a défini des limitations pour la réalisation de l'approche plongeante sur d'autres avions de sa flotte.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de mener une analyse du risque portant sur l'approche plongeante en tenant compte des conditions aérologiques (vent de travers, turbulences...).

R4 – [M-2017-005-I]

4.1.4. Transfert des commandes de vol

Le niveau de stress atteint par le CDA a entraîné une rupture de la communication conduisant à avoir deux pilotes aux commandes avec des plans d'actions différents au moment de l'arrondi : l'atterrissage pour le pilote à l'instruction et la remise de gaz pour le CDA. Si le pilote à l'instruction n'avait pas perçu rapidement l'action du CDA et suivi son pilotage par transparence, les conséquences de l'évènement auraient pu être dramatiques.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de sensibiliser les équipages sur l'importance d'annoncer et de collationner le transfert des commandes.

R5 – [M-2017-005-I]

4.1.5. Intervention du contrôle aérien

Le contrôle local d'aérodrome détecte le contact anormal de l'avion avec la piste. En application des consignes, il passe alors de l'anglais au français pour demander si l'aéronef a besoin de la sécurité. Il ne donne toutefois aucune précision sur la nature de l'incident détecté. L'équipage associe la demande du contrôleur à la seule remise de gaz et se convainc dès lors que l'aile n'a pas touché la piste.

Ayant un doute quant à l'intégrité de l'avion, le contrôleur aurait dû déclencher l'état de veille ou d'alerte de la caravane sécurité et aurait pu envisager une inspection de piste.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale, à l'armée de l'air, à l'armée de terre et à la direction générale de l'armement de diffuser largement ce rapport afin de sensibiliser les contrôleurs aériens d'une part à l'importance d'une phraséologie non ambiguë lors du signalement d'une situation anormale et d'autre part à l'intérêt du pré-positionnement des moyens d'intervention associés.

R6 – [M-2017-005-I]

4.1.6. Ecoute

Les pilotes ne tiennent pas compte de la perception du MECBO qui suspecte un heurt de l'aile gauche avec le sol. Ils privilégient leurs sensations aux commandes à celles d'un autre membre d'équipage qui pourtant, depuis sa position, peut déceler des informations qu'ils ne perçoivent pas eux-mêmes.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'ensemble des autorités d'emploi de diffuser largement ce rapport afin d'inviter les pilotes à ne pas négliger les informations émanant d'un autre membre d'équipage.

R7 – [M-2017-005-I]

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

4.2.1. Maîtrise documentaire

Les instructions permanentes relatives à l'instruction et à l'entraînement sur Falcon 10 étaient déjà en cours de refonte plusieurs mois avant l'évènement. Avec l'accord tacite d'ALAVIA, l'escadrille utilisait la version en attente d'approbation et travaillait sur l'élaboration d'un manuel d'exploitation regroupant les différentes IP relatives au Falcon 10 Mer. Cet écart temporaire entre le prescrit et les pratiques est susceptible d'aboutir à une confusion. L'attente prolongée de la validation des IP empêche une stabilisation des procédures et peut générer des interprétations individuelles.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à la marine nationale de perfectionner son cycle de production documentaire afin d'aboutir au plus tôt à la validation de la documentation.

R8 – [M-2017-005-I]

ANNEXE

PROCEDURES SUR FALCON 10 LIEES AU YAW DAMPER

PANNE AMORTISSEUR DE LACET

YD DIS. + EVENTUELLEMENT PALETTE YD DESENGAGEE

01-Palette YAW DAMPERVérifiée désengagée

VERIFIER LA COMPENSATION AVION ET TENTER DE REARMER

SI IL EST DESENGAGE, LE YAW DAMPER REVIENT EN POSITION NEUTRE

LE PILOTE AUTOMATIQUE PEUT RESTER ENGAGE SANS LE YAW DAMPER
MAIS SES PERFORMANCES SONT AMOINDRIES.

MAR 09

Extrait du MCE AN110-2

YAW DAMPER

Indications : - Pilot and copilot **YD** lights,
- YD control switch DISENGAGED

[- Continue flight.
- The Autopilot system remains usable, but its performance characteristics are somewhat reduced.]

DTM721A - S.G.A.C. APPROVED September 11, 1973
- REVISION 8 - March 10, 1975

PAGE 3-9

Extrait de l'airplane flight manual

Yaw damper failure (Flight Manual + M.M.E.L.)

In case of failure the yaw damper is disengaged automatically without any action of the pilot.

When the failure is evidenced, it is possible to try to re-engage (two attempts at the most). If unsuccessful, flight may be continued without difficulty. But the stability in yaw is reduced, the Autopilot no longer being assisted in this function by the yaw damper. Avoid flying in turbulences.

DTM726 - ISSUANCE : March 16, 1993
- REVISION 12

PAGE 1-053 (5)

Extrait de l'operational instructions manual

Asterisk (*) symbol in column 4 indicates that the inoperative item of equipment must be placarded to inform the crew members.

These placards are installed in the cockpit only, where their purpose is unambiguous, on instruments and / or controls.

These placards do not relieve of the obligation of entering the condition in the appropriate document.

(O) symbol in column 4 indicates a crew operating procedure different from the one in column 4 which is described in section OPERATING PROCEDURES of the MMEL document referenced DGT-87866. The reference to the relevant operational procedure in section OPERATING PROCEDURES is performed using a cross-reference criteria.

27 - FLIGHT CONTROLS (2 / 7)				
1 - System/Item	2 - Number installed			
	3 - Number required for dispatch			4 - Remarks or exceptions
4-3 - Yaw Damper C	1	0	(*)(O)	May be inoperative. [OPER 27-4.3 on sheet 2-27-1] Note: AP can be used without Yaw Damper.

Page 1-27-2

DTM730A
DGAC APPROVED
REVISION 2

Extrait de la MMEL

27-4.3 YAW DAMPER (DGAC ONLY)

Apply AFM." 3-FLIGHT CONTROL-YAW DAMPER" on page 3-9.
Avoid turbulences zones.

DGT87866
ORIGINAL

Page 2-27-1

Extrait de la maintenance and operating procedures for MMEL