

Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

Rapport d'enquête de sécurité



M-2018-08-A

Date de l'évènement	22 juin 2018
Lieu	Base d'aéronautique navale de Lanvéoc-Poulmic (Finistère)
Type d'appareil	CAP 10B modifié C
Organisme	Marine nationale

AVERTISSEMENT

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.

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.

CRÉDITS

	BEA-É	Page de garde
Figure 1	Google Earth/BEA-É	8
Figure 2	BEA-É	9
Figures 3 à 7	BEA-É	14 à 16
Figure 8	Marine nationale et BEA-É	20
Figures 9 et 10	BEA-É	21 à 23
Figures 11 à 13	DGA et BEA-É	24 et 25
Figure 14	Marine nationale et BEA-É	25
Figure 15	BEA-É	26
Figures 16 à 21	DGA et BEA-É	26 à 29
Figure 22	BEA-É	30
Figure 23	DGA et BEA-É	31
Figure 24	DGA et BEA-É	33
Figure 25	BEA-É	35

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	9
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur l'équipage	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Aide à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aéroport	13
1.11. Enregistreurs de bord	13
1.12. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef	13
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	17
1.14. Incendie	17
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	17
1.16. Essais et recherches	18
1.17. Renseignements sur les organismes	18
1.18. Renseignements supplémentaires	19
2. Analyse	23
2.1. Expertises techniques	23
2.2. Séquence de l'évènement	32
2.3. Recherche des causes de l'évènement	32
3. Conclusion	43
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	43
3.2. Causes de l'évènement	43
4. Recommandations de sécurité	45
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	45
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	49
ANNEXES	52
ANNEXE 1 EXTRAIT DU PROGRAMME D'ENTRETIEN CAP 10	53
ANNEXE 2 CARTE D'AÉRODROME LANVÉOC-POULMIC	54
ANNEXE 3 EXTRAIT DU BULLETIN DE SERVICE N° 030404	55
ANNEXE 4 EXTRAIT DE LA CHECK LIST PILOTES MCE AN111	56
ANNEXE 5 EXTRAIT DE L'INSTRUCTION MINISTÉRIELLE FRA-145	57
ANNEXE 6 EXTRAIT DE L'INSTRUCTION N° 2011-161278/DEF/DGA/DT/ST/DGA-IP/ASA	58

GLOSSAIRE

ALAVIA	commandement de la force de l'aéronautique navale
APRS	approbation pour remise en service
BAN	base d'aéronautique navale
CATS	CASSIDIAN <i>Aviation Training Services</i>
CEAPR	Centre Est Aéronautique Pierre Robin
CEMPNA	centre d'expertise médicale du personnel navigant de l'aéronautique
CRFT	compte rendu de fait technique
CRM	compte rendu matériel
DGA EP	direction générale de l'armement - Essais propulseurs
DGA TA	direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques
DMAé	direction de la maintenance aéronautique (anciennement nommée SIMMAD)
DSAÉ	direction de la sécurité aéronautique d'État
EIP	école d'initiation au pilotage
FEA	fiche d'évènement aérien
Kt	<i>knot</i> , nœud (1kt \approx 1,85 km/h)
OGMN	organisme de gestion du maintien de la navigabilité
PEA	programme d'entretien d'aéronef
SSLIA	service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes
SIMMAD	structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques de la défense

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 22 juin 2018 à 13h35

Lieu de l'évènement : base d'aéronautique navale (BAN) de Lanvéoc-Poulmic

Organisme : marine nationale

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

Unité : école d'initiation au pilotage et escadrille 50S (EIP/50S)

Aéronef : CAP 10B modifié C¹ (voilure carbone) n° 111 F-YSDC

Nature du vol : mission de sélection en vol

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le vendredi 22 juin 2018, un moniteur et un élève pilote doivent réaliser une série de tours de piste dans le cadre d'une mission de sélection en vol. Lors du roulage pour rejoindre le seuil de piste 05, l'élève rencontre des difficultés pour maintenir l'axe de roulage. Le moniteur reprend les commandes et dirige l'avion vers le point d'attente. Détectant une odeur de brûlé et des fumées, le moniteur décide d'annuler le décollage et de rentrer au parking par la piste. Après quelques mètres de roulage, un incendie se déclare. Le moniteur ordonne l'évacuation de l'appareil. L'avion s'embrase. L'équipe de secours intervient et parvient à éteindre l'incendie. L'avion est fortement endommagé. L'équipage est indemne.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- deux enquêteurs de première information (EPI) ;
- un officier pilote ayant une expertise sur CAP 10B ;
- un officier technicien de la BAN.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Essais propulseurs (DGA EP) ;
- direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques (DGA TA).

¹ Les CAP 10B modifiés C sont communément appelés CAP 10M dans la marine nationale.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne militaire à vue en zone d'aérodrome

Type de mission : sélection en vol

Dernier point de départ : BAN de Lanvéoc-Poulmic

Heure de départ : 13h23

Point d'atterrissage prévu : BAN de Lanvéoc-Poulmic

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

L'élève pilote est en période de sélection à l'EIP. Il est évalué, en vol et au sol, sur sa motivation et son potentiel pour devenir pilote dans l'aéronautique navale. Il a déjà réalisé cinq missions au cours desquelles il a découvert le roulage et le pilotage de base sur CAP 10B. Le vendredi 22 juin 2018, il doit s'initier à l'atterrissage lors d'une mission de tours de piste. Il est évalué sur sa capacité à effectuer le roulage de l'avion sans l'aide du moniteur.

Le briefing avant le vol porte principalement sur la description des tours de piste, des repères à acquérir et sur les méthodes de rattrapage de plan et d'axe.

Au moment de partir en vol, le moniteur apprend que l'avion sur lequel il devait voler n'est plus disponible. En remplacement, il va utiliser le CAP 10B n° 111 sur lequel une opération de maintenance programmée s'est terminée la veille. En arrivant dans le hangar, il explique à l'équipe d'agents de piste le changement d'avion. La visite journalière sur le CAP 10B n° 111 a été exécutée en début de journée et l'avion est encore dans le hangar. L'avion est sorti en le poussant à la main, dans l'axe, sans difficulté.

Pendant que l'élève s'installe à bord et prépare l'avion, le moniteur fait la visite extérieure avant le vol, au cours de laquelle aucune anomalie n'est constatée.

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

L'élève met en route et effectue les actions après mise en route. Le moniteur prend les commandes pour sortir de l'emplacement de parking. Il relâche le frein de parking et effectue le test des freins dans l'axe. Il constate que, pour obtenir un freinage symétrique, il est nécessaire d'enfoncer davantage la pédale de frein gauche que celle de droite. Il connaît bien ce problème qui existe depuis longtemps sur cet avion. Le moniteur sort de l'emplacement de parking et transfère les commandes à l'élève. Celui-ci reprend le roulage, effectue un test de freins à son tour et ne remarque rien d'anormal.

Le roulage se poursuit vers le point d'attente A. Le moniteur fait remarquer à son élève qu'il roule un peu vite sur cette portion de taxiway. L'élève s'arrête au point d'attente A, avant la piste et maintient l'avion à l'arrêt environ deux minutes, pieds sur les freins. Lorsqu'il est autorisé à traverser la piste, il effectue un virage à gauche, puis un virage à droite en s'aidant d'un petit coup de frein, pour rejoindre le taxiway F.

Au début du taxiway F, il s'arrête de nouveau quelques instants, pieds sur les freins, pour émettre un message radio. Lorsqu'il reprend le roulage, il ressent la nécessité de mettre du palonnier à droite pour maintenir l'axe. Progressivement, il doit braquer à fond le palonnier et appliquer quelques brefs coups de freins à droite pour obtenir un roulage rectiligne.

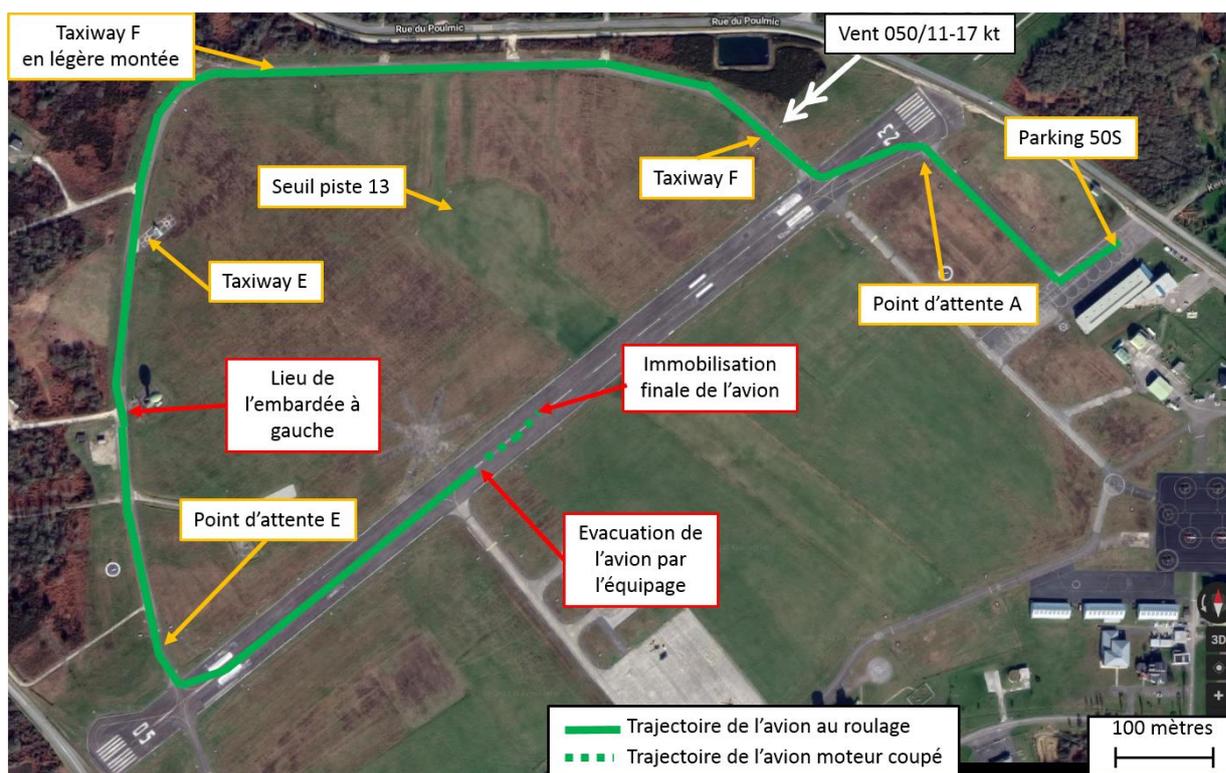


Figure 1 : représentation du roulage de l'avion

En passant dans l'axe de la piste 13, le taxiway est en légère montée. Pour maintenir une vitesse de roulage habituelle, l'élève est obligé d'afficher une puissance supérieure à l'habitude, de l'ordre de 1400 à 1500 tr/min pour un régime nominal de 1300 tr/min. Un autre CAP 10B, qui les suit, a tendance à les rattraper. Arrivant sur le taxiway E, en redescendant, l'élève éprouve moins de difficulté pour contrôler le roulage. L'avion accélère un peu. L'élève le freine, puis quand il relâche les freins, l'avion ralentit de lui-même. Il rajoute un peu de moteur, puis du pied à droite jusqu'à être en butée du palonnier. Mais l'avion fait une embardée à gauche, que l'élève n'arrive pas à contrer même avec le frein à droite. Le moniteur reprend les commandes, ramène l'avion sur l'axe en braquant le palonnier à fond à droite et en appliquant un peu de frein à droite puis termine le roulage sans difficulté jusqu'au point d'attente E. Il place l'avion en épi face à l'est puis perçoit une odeur de chaud. Il demande au moniteur dans l'avion stationné à sa gauche s'il constate une anomalie. Celui-ci indique voir un peu de fumée s'échapper du côté du train gauche.

Le moniteur soupçonne un échauffement du bloc de frein. Il décide d'annuler le décollage, demande l'intervention de l'équipe de secours et reprend le roulage pour ventiler les freins. Il emprunte la piste 05 en direction du parking de la 50S. L'élève annonce qu'il voit apparaître des fumées sous son siège, qui commencent à masquer le tableau de bord. Au même moment, les contrôleurs et l'équipage de l'autre avion annoncent à la radio voir des flammes au niveau du train gauche. Le moniteur décide d'évacuer l'avion. Sans freiner, il coupe le moteur et aide son élève à évacuer sur l'aile gauche puis sort par la droite. Une fois les deux pilotes hors de l'appareil, le moniteur décide de faire avancer l'avion pour éviter que les flammes ne remontent sous l'aile. Les pilotes se placent chacun en bout d'aile et poussent l'avion en avant dans l'axe de piste. Le moniteur constate alors qu'il n'a pas coupé l'alimentation électrique. Il remonte dans le cockpit pour couper la batterie.

En redescendant, il voit les flammes apparaitre autour de la jambe de train gauche. Il décide de continuer à pousser l'avion. Les flammes deviennent alors très importantes. Les pilotes laissent l'avion s'immobiliser sur la ligne centrale de la piste et se mettent en sécurité en bordure de piste, à l'arrière droit de l'avion.

Les pompiers arrivent quelques instants plus tard et attaquent l'incendie qui s'est propagé à l'intrados de l'aile gauche et à la partie inférieure du fuselage. Ils entendent une déflagration à l'arrière de l'avion. Après plusieurs minutes, les pompiers maîtrisent l'incendie.



Figure 2 : vue générale de l'avion

1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Finistère
- commune : Lanvéoc
- coordonnées géographiques : N 48° 17'/O 004° 26'
- altitude du lieu de l'évènement : 88 mètres

– Moment : jour

1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'aéronef est fortement endommagé.

1.4. Autres dommages

Quelques traces de matières fondues sont visibles sur la piste.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. Membres d'équipage

1.5.1.1. Commandant d'aéronef moniteur

- Âge : 32 ans
- Unité d'affectation : escadrille EIP/50S
- Formation :
 - qualifications : pilote de chasse embarquée, moniteur sur CAP 10B depuis octobre 2017
 - école de spécialisation : *US NAVY advanced training school*²
 - année de sortie d'école : 2010
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont CAP 10B	sur tout type	dont CAP 10B	sur tout type	dont CAP 10B
Total (h)	1 900	189	138	92	32	15

- Date du précédent vol comme pilote : 22 juin 2018

1.5.1.2. Elève pilote

- Âge : 22 ans
- Unité d'affectation : escadrille EIP/50S
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont CAP 10B	sur tout type	dont CAP 10B	sur tout type	dont CAP 10B
Total (h)	6	6	6	6	6	6

- Date du précédent vol comme élève pilote : 20 juin 2018

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : marine nationale
- Commandement d'appartenance : ALAVIA
- Base aérienne de stationnement : BAN Lanvéoc-Poulmic
- Unité d'affectation : escadrille EIP/50S
- Type d'aéronef : CAP 10B modifié C
 - Configuration : réservoir arrière vide

² École de perfectionnement de la marine des États-Unis d'Amérique.

- Caractéristiques : appareil biplace côte à côte, à aile basse et train d’atterrissage classique

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	CAP 10B modifié voilure carbone	111	7 594	GV ³ : 196	VI ⁴ : 0
Moteur	Lycoming AEIO-360-B2F	L-20834-51A	5 942	RG ⁵ : 1 263	VP ⁶ : 0

Le CAP 10B n° 111 a été modifié C en juin 2012. Il a bénéficié d’un remplacement de la voilure par une aile en bois et carbone. Cependant, toutes les modifications du Cap 10 C n’ayant pas été appliquées, l’appellation CAP 10B a été conservée. Le certificat d’examen de navigabilité est établi au 4 décembre 2015 et prolongé jusqu’au 19 décembre 2018.

1.6.1. Maintenance

1.6.1.1. Programme d’entretien de l’avion

La maintenance des CAP 10B de la marine nationale est confiée à la société *CASSIDIAN Aviation Training Services* (CATS) par le biais d’un marché public depuis janvier 2012.

Le programme d’entretien⁷ est conforme à la réglementation FRA M⁸. L’examen de la documentation témoigne d’un entretien conforme au plan de maintenance applicable.

Les mécaniciens de CATS ont réalisé une visite intermédiaire de la cellule (50 heures) et une visite périodique moteur (100 heures) du 14 au 21 juin 2018. Pour cette visite de la cellule, le programme d’entretien prévoit un contrôle visuel du train, des roues et du circuit de freinage (annexe 1). Le démontage du bloc de frein a été nécessaire pour réaliser ces contrôles. Le mécanicien a vérifié l’épaisseur des plaquettes. Bien qu’elles soient usées à gauche, leur épaisseur est dans la norme. Le disque est intègre.

1.6.1.2. Actes de maintenance sur le circuit de frein du CAP 10B n° 111

Plusieurs problèmes de freins avaient été rapportés par les pilotes dans le mois précédant l’évènement.

³ GV : grande visite réalisée à 2 000 heures ou 4 ans.

⁴ VI : visite intermédiaire après 50 heures de vol.

⁵ RG : révision générale.

⁶ VP : visite périodique après 100 heures de vol.

⁷ Au moment de l’évènement, le programme d’entretien en vigueur est celui rédigé par la marine nationale sous l’approbation n° 1708/DEF/DSAÉ/DIRNAV/NP du 30 avril 2014 édition 3 de septembre 2013. Le programme d’entretien PEA-06 édition du 11 juillet 2016, rédigé par l’organisme de gestion du maintien de la navigabilité (OGMN) CATS n’est pas approuvé par la direction de la sécurité d’aéronautique d’État (DSAÉ). Ce document a été approuvé le 28 septembre 2018.

⁸ Les FRA désignent la réglementation spécifique applicable par l’aéronautique d’État militaire visant à assurer le suivi, le contrôle et le maintien de navigabilité des aéronefs étatiques, en s’inspirant des règles appliquées en Europe pour l’aéronautique civile. La partie FRA M concerne l’organisme chargé de s’assurer de l’application des consignes de navigabilité (et autres données d’application impérative), qui détermine l’entretien de l’aéronef conformément au programme d’entretien et qui s’assure de la validité des documents de navigabilité.

Date	Observation du pilote	Réponse technique apportée
25 mai 2018	Frein gauche inefficace au poste de pilote droit.	Purge du circuit de frein gauche.
29 mai 2018	Pédale de frein droite au poste de pilote droit trop molle en fin de vol.	Remplacement des maitres-cylindres gauche et droit en place gauche ⁹ , remplacement des plaquettes de frein à droite, purge des freins, essais de freins.
1 ^{er} juin 2018	Frein droit au poste de pilote droit trop mou.	Remplacement du maitre-cylindre droit en place droite, purge du circuit de frein.
12 juin 2018	Frein droit au poste de pilote droit trop mou, pédale inefficace.	Vérification du circuit de freinage, resserrage du raccord de la tuyauterie au niveau du bloc de frein sur le train principal droit.

1.6.1.3. Date d'échange standard des pièces du circuit de frein depuis 2012

Maitres-cylindres

Maitre-cylindre gauche place pilote gauche : 30 mai 2018

Maitre-cylindre droit place pilote gauche : 30 mai 2018

Maitre-cylindre gauche place pilote droit : antérieur à 2012

Maitre-cylindre droit place pilote droit : 1^{er} juin 2018

Étrier de frein

Étrier de frein gauche : 2 juin 2014

Étrier de frein droit : juin 2012

Plaquettes de frein

Plaquettes de frein gauche : janvier 2015, janvier 2016, avril 2018

Plaquettes de frein droit : juin 2014, janvier 2016, mai 2018

1.6.2. Performances

Sans objet.

1.6.3. Masse et centrage

Masse : 770 kilogrammes

Le centrage est dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-18¹⁰
- Quantité de carburant au décollage : 60 litres
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 55 litres dans le réservoir principal. Le réservoir arrière est vide.

⁹ Le mécanicien avait détecté une anomalie sur les maitres-cylindres de la place gauche.

¹⁰ Désignation de l'Organisation du Traité de l'Atlantique nord (OTAN) F-18 : essence aviation de type 100LL.

1.6.5. Autres fluides

Fluide hydraulique de type Air 3520B (H515) utilisé pour le circuit de frein.

1.7. Conditions météorologiques

Les informations météorologiques transmises par les contrôleurs au moment de l'évènement font état d'un vent du 050° pour 11 à 17 kt. La température est de 17° C. Le ciel est clair, il n'y a pas de précipitations.

1.8. Aide à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

L'équipage est en contact radio, en VHF¹¹, avec les contrôleurs de la BAN sur la fréquence sol.

1.10. Renseignements sur l'aéroport

La plateforme de Lanvéoc-Poulmic est entièrement gérée par la marine nationale. Elle dispose d'une piste bitumée de 1 119 mètres de long et 40 mètres de large, d'une piste non revêtue traversant la piste principale et de taxiways de part et d'autre de la piste (annexe 2). Le service de contrôle aérien est assuré par des contrôleurs militaires. Une fréquence est dédiée aux mouvements au sol.

Le niveau SSLIA (service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes) est de niveau 4¹².

1.11. Enregistreurs de bord

Le CAP 10B ne dispose d'aucun moyen d'enregistrement de bord.

1.12. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef

1.12.1. Examen de la zone

L'avion s'est immobilisé sur la piste bitumée, entre le taxiway C et la piste non revêtue. Des traces de pneus sont visibles en amont de la position de l'avion et deux traces caractérisent la position de la roue gauche lors des deux premiers arrêts de l'avion : lors de l'évacuation de l'équipage et lorsque le moniteur est remonté sur l'aile pour couper l'alimentation électrique. Un segment de durite du circuit de freinage a été retrouvé 7 mètres avant la première trace d'arrêt.

¹¹ VHF : *very high frequency*, très haute fréquence.

¹² SSLIA niveau 4 : un camion et deux pompiers.

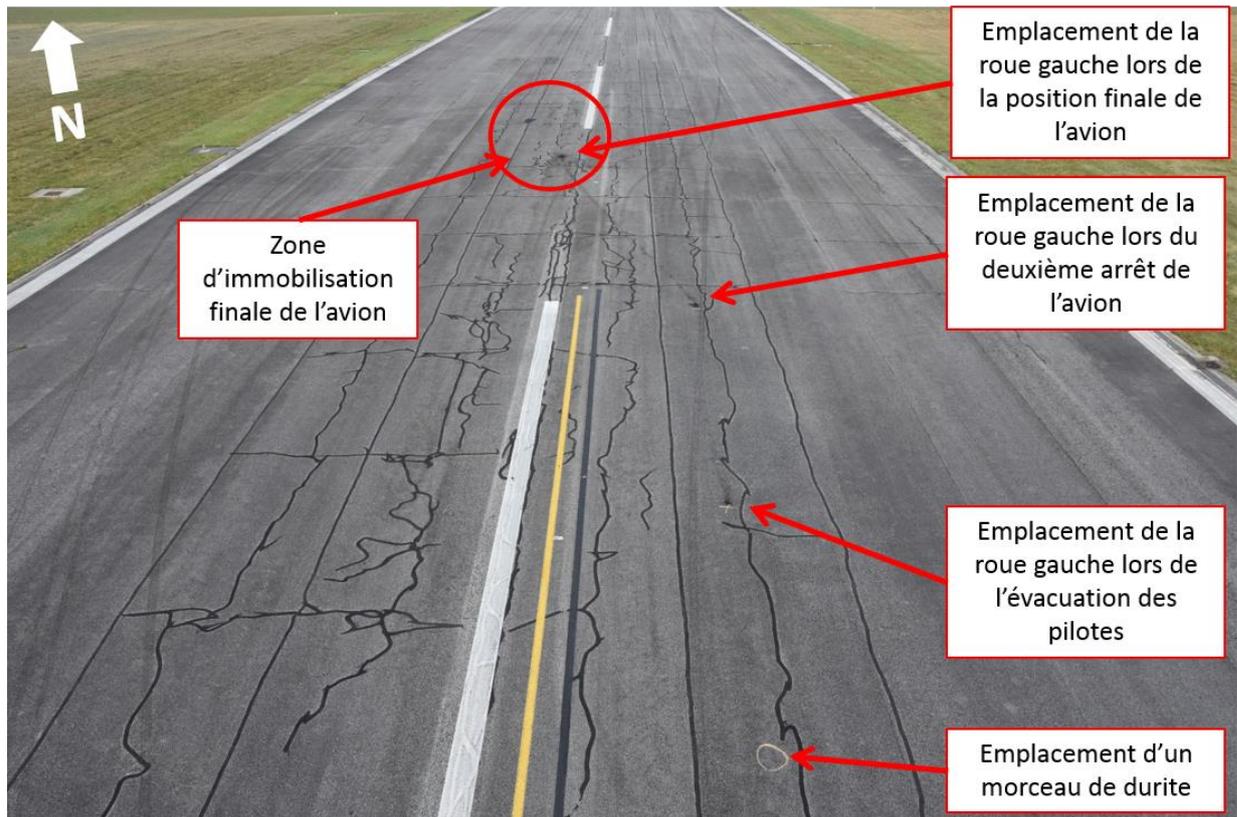


Figure 3 : traces visibles sur la piste

1.12.2. Examen de l'aéronef

Le CAP 10B présente les dégâts visuels suivants :

- le carénage de train gauche a brûlé et est détruit ;
- le carénage de la jambe de train est brûlé en partie, des traces de flammes sont visibles sur l'extérieur du carénage ;
- la partie de la tuyauterie de liquide de frein extérieure au carénage de jambe de train est brûlée. Un fragment de cette tuyauterie a été retrouvé en amont du lieu de l'arrêt de l'avion ;
- le pneu gauche est percé et brûlé ;



Figure 4 : train principal gauche



Figure 5 : roue gauche

- le bloc de frein présente un jeu important au niveau de ses fixations ;
- le raccord entre la tuyauterie hydraulique et le bloc de frein présente du jeu ;



Figure 6 : intrados de l'aile gauche et réservoir arrière

- la toile au niveau de l'intrados de l'aile gauche est brûlée ;
- le volet gauche est détruit ;
- le réservoir arrière est éventré ;
- la verrière en plexiglas est déformée ;
- l'arrière du fuselage est entièrement brûlé.



Figure 7 : état de l'arrière du fuselage

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage

1.13.1.1. Commandant d'aéronef moniteur

- Dernier examen médical¹³ :
 - type : visite semestrielle du personnel navigant le 23 mars 2018 (référence : centre d'expertise médicale du personnel navigant de l'aéronautique de Toulon (CEMPNA) du 12 janvier 2018)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.13.2. Elève pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite semestrielle du personnel navigant le 14 mars 2018 (référence : CEMPNA du 23 janvier 2018)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.14. Incendie

13h32' : Informé de fumées provenant du train principal gauche, le moniteur demande la sécurité. Le service des secours de la BAN est mis en « état d'alerte » pour un problème de frein. La caravane des pompiers se dirige vers le point d'arrêt B.

13h34' : Le moniteur demande l'intervention des pompiers et ordonne l'évacuation de l'avion.

13h36' : Les contrôleurs aperçoivent les premières flammes au niveau de la roue gauche. Ils déclenchent l'« état d'accident » pour un feu de train, transmis à l'aide du Stentofon¹⁴.

À son arrivée près de l'avion, le chef des secours s'attend à un feu localisé au niveau d'une roue. Il découvre un feu qui embrase l'aile et l'arrière de l'avion ce qui lui impose de modifier son dispositif pour attaquer l'incendie avec la lance frontale. Une explosion, qui surprend les pompiers, se produit derrière le cockpit à gauche, où l'incendie devient virulent.

13h44' : Le feu est maîtrisé.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Évacuation de l'équipage

L'équipage évacue par lui-même et se place dans l'herbe sur le côté droit de la piste en attendant les secours.

Il n'y a pas d'extincteur à bord du CAP 10B.

¹³ Selon l'instruction n° 0-35460-2017/ARM/DPMM/PRH du 13 novembre 2017 relative aux normes médicales d'aptitude d'admission et révisionnelles aux emplois du personnel navigant de l'aéronautique navale.

¹⁴ Stentofon : système d'interphonie permettant de relier un grand nombre d'utilisateurs.

1.15.2. Organisation des secours

L'annonce « état d'accident » est reçue simultanément par le service des secours, le service médical, la gendarmerie, le commandement de la BAN, le service de soutien opérationnel, le personnel du bureau de piste et le chef du service de contrôle aérien. Les personnels d'astreinte de chacun de ces services se rassemblent au pied de la tour de contrôle puis se rendent sur les lieux de l'accident aux ordres du chef des secours.

Dès l'annonce « état d'accident », le chef des secours fait équiper son personnel pour l'intervention sur un feu de frein. En roulant, les pompiers s'équipent avec les appareils respiratoires de type « araignée » qui se posent manuellement. Le temps nécessaire pour s'équiper est de l'ordre de 2 minutes. Les pompiers, pourtant entraînés, n'ont pas eu le temps de terminer de s'équiper avant d'arriver devant l'avion.

L'ambulance prend l'équipage en charge à 13h59 pour l'évacuer vers l'infirmerie.

1.16. Essais et recherches

DGA TA a réalisé :

- une expertise du circuit de frein du CAP 10B n° 111, ainsi que des essais sur le circuit de frein complet d'un autre CAP 10B ;
- des expertises sur chacun des composants du circuit de frein ;
- une expertise sur l'inflammabilité du carénage de roues et de la toile de l'aile et du fuselage de l'avion.

DGA EP a conduit une expertise sur les propriétés du liquide de frein.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Exploitant

L'école d'initiation au pilotage adossée à l'escadrille 50S (EIP/50S), implantée sur la base d'aéronautique navale de Lanvéoc-Poulmic, dispose de six CAP 10B et de plusieurs Cirrus SR20. L'école sélectionne les candidats pilotes pour l'aéronautique navale et assure la formation aéronautique initiale des spécialités du personnel navigant. Onze pilotes instructeurs issus des trois composantes de l'aéronautique navale (chasse, multimoteurs, hélicoptère) y sont affectés.

Les CAP 10B sont la propriété de la marine nationale.

1.17.2. Société de maintenance

En 2012, la société CATS est devenue titulaire du marché d'entretien et de mise à disposition d'aéronefs de la défense, dont les CAP 10B de la marine nationale. Une équipe de techniciens de CATS assure ces tâches dans un local dédié sur la BAN.

Suite à la mise en application de la réglementation relative à la navigabilité, en mars 2015, la société CATS est agréée organisme de gestion du maintien de la navigabilité¹⁵ (OGMN) pour les CAP 10B. La maintenance est assurée par l'équipe de mécaniciens de CATS agréée en tant qu'organisme d'entretien OE FRA-145¹⁶ CATS.

1.17.3. Fournisseur de pièces détachées

Par contrat avec CATS, la société Daher est l'unique fournisseur de pièces détachées pour les CAP 10B de la marine nationale. Cette société intègre également un organisme d'entretien OE-FRA 145 agréé¹⁷ pour la remise en état de certaines pièces détachées.

1.17.4. Détenteur du certificat de type

La société Centre Est Aéronautique Pierre Robin (CEAPR), basée à Dijon, est détentrice du certificat de type des CAP 10 depuis le 21 septembre 2015. Elle assure le suivi du référentiel d'entretien applicable et la fourniture des pièces détachées pour les exploitants des CAP 10 ainsi que pour Daher.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Spécificités du CAP 10B marine

La marine nationale s'est dotée de plusieurs CAP 10B en 1980. Ces avions ont été modifiés entre 2012 et 2014 avec une voilure bois-carbone, un train d'atterrissage de type APEX¹⁸, un bloc de frein à étrier flottant Cleveland neuf et un nouveau type de roue. La modification de la configuration de l'avion a été approuvée par la DGA en tant qu'autorité technique.

Cependant, toutes les modifications du CAP 10C n'ayant pas été appliquées¹⁹, l'appellation CAP 10B a été conservée.

1.18.2. Circuits de frein du CAP 10B

Le circuit de frein du CAP 10B est un système simple, conçu selon un montage en série. Il est constitué de quatre pédales de frein qui poussent chacune un maître-cylindre, d'un système de frein de parc, d'un étrier de frein flottant et d'un disque de frein intégré à la jante pour chaque roue.

¹⁵ En tant qu'OGMN, CATS est en charge du suivi du référentiel d'entretien applicable, ordonne les travaux à effectuer à un organisme d'entretien puis enregistre les opérations effectuées dans le logiciel de suivi de l'entretien.

¹⁶ Conformément aux exigences de la navigabilité, l'équipe de maintenance CATS basée à Lanvéoc est agréée « organisme d'entretien d'aéronefs FRA 145 ». L'OGMN CATS confie la maintenance des CAP 10B à cet organisme d'entretien basé à Lanvéoc, dans les mêmes locaux.

¹⁷ Cet organisme d'entretien, partie intégrante de la société Daher, est agréé pour régénérer du potentiel sur certaines pièces d'aéronef référencées sur une liste de capacité.

¹⁸ *APEX industries* : société spécialisée dans la conception et la fabrication de pièces métalliques, notamment pour la construction de trains d'atterrissage.

¹⁹ En particulier, le CAP 10C est équipé de série des nouveaux maîtres-cylindres et d'un tableau de bord différent.

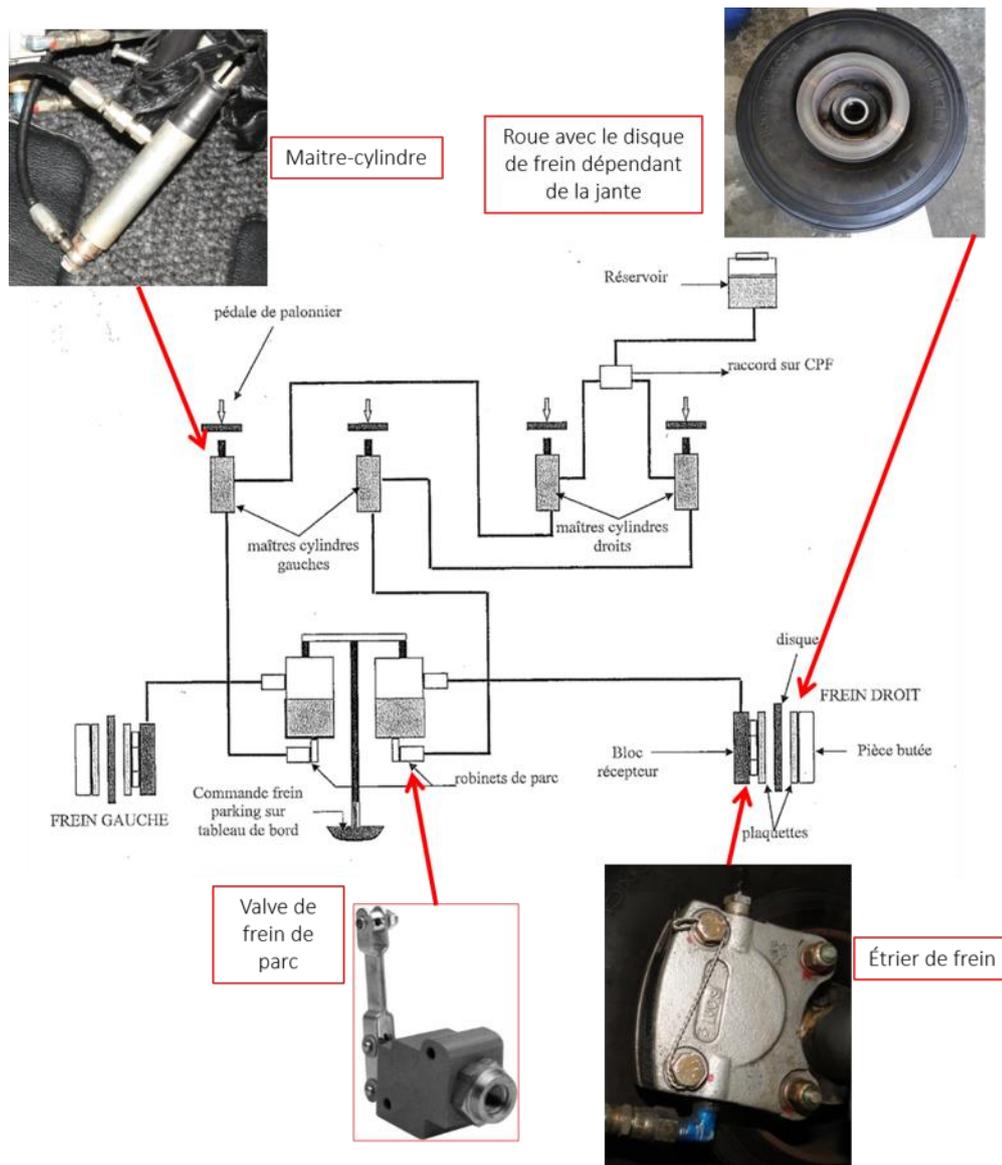


Figure 8 : schéma du circuit de frein

1.18.3. Ergonomie du système de freinage

Les pédales de frein de chaque pilote sont positionnées au-dessus des palonniers, côté extérieur. Elles sont de petite taille et particulièrement sensibles. Pour obtenir un meilleur ressenti des actions sur ces pédales, la marine nationale a récemment équipé ses pilotes de chaussures spécifiques, très souples. Les pilotes portaient ces chaussures lors de l'évènement.

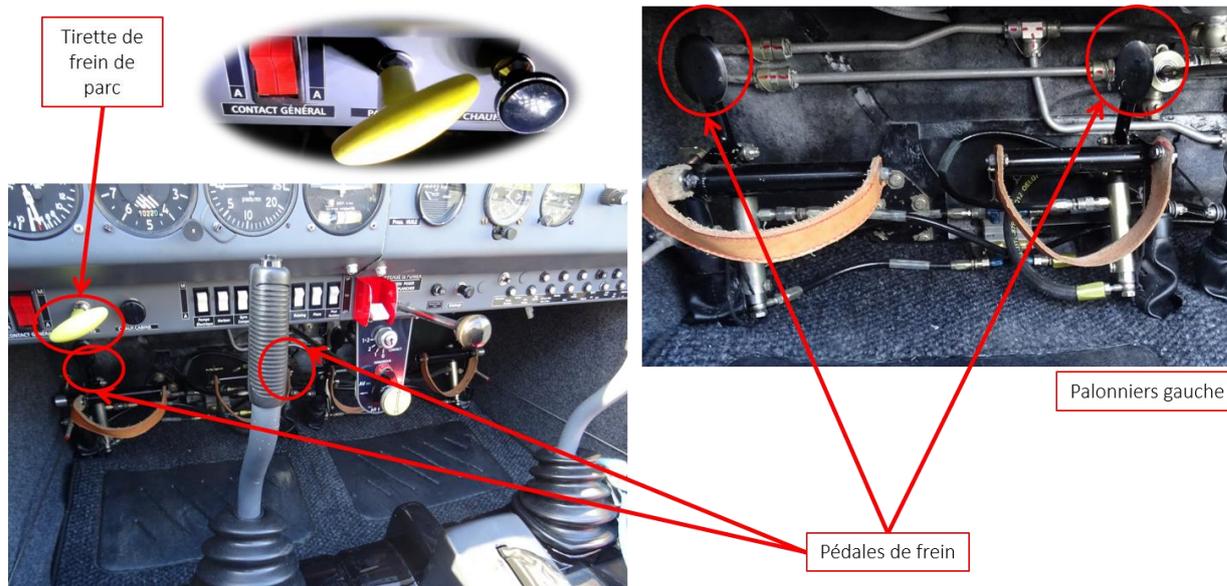


Figure 9 : position des commandes de frein

1.18.4. Particularités du CAP 10B en phase de roulage

Le CAP 10B est un avion léger équipé d'un train classique. La roulette de queue est conjuguée à la gouverne de direction. Par vent de travers, le profil de l'avion présente une prise au vent, qui, couplée à la facilité de roulage de la roulette de queue, tend à faire pivoter l'avion dans le vent. Une action aux freins, en complément du braquage complet de la gouverne de direction dans le sens opposé, est parfois nécessaire pour rouler dans l'axe.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

L'analyse est composée de trois parties. La première partie expose les résultats des expertises techniques, la deuxième décrit la séquence de l'évènement et la troisième identifie les causes de l'accident.

2.1. Expertises techniques

Les expertises techniques concernent les pièces du CAP 10 n° 111, impliqué dans l'évènement, ainsi que des pièces du CAP 10 n° 214 qui a subi des symptômes de pression de frein résiduelle sur sa roue droite à trois reprises en septembre 2018 et en mars 2019.

2.1.1. Examen du système de frein

2.1.1.1. Examen des maitres-cylindres

Fonctionnement des maitres-cylindres

Chaque maitre-cylindre est constitué d'une tige de poussée, d'un piston et d'un ressort de rappel. Le système est rendu étanche par plusieurs joints.

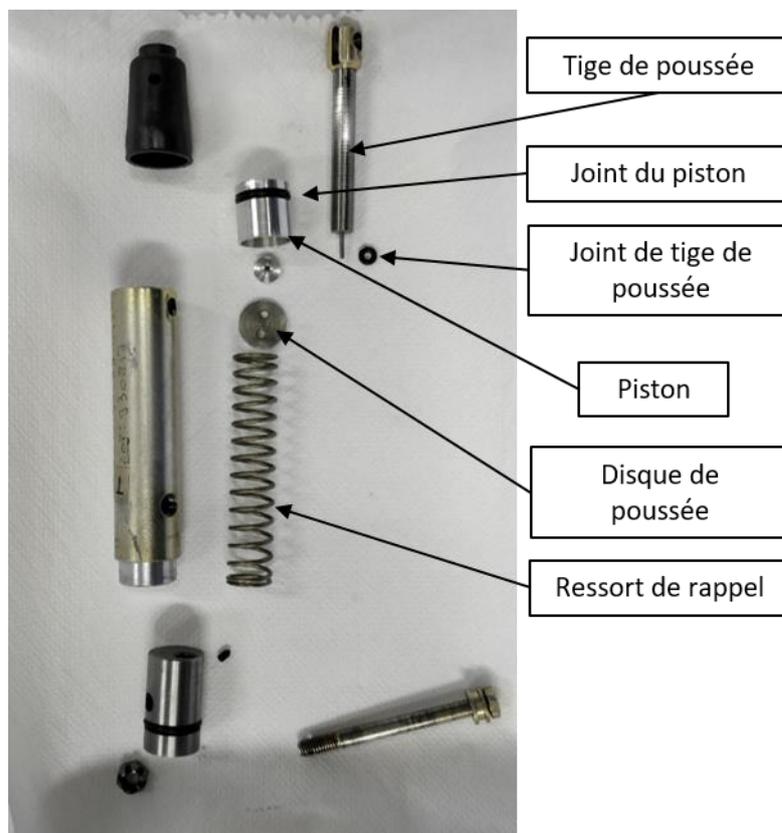


Figure 10 : maitre-cylindre

Lors d'une action de freinage, la pédale pousse la tige de poussée, qui enfonce le piston du maître-cylindre en appliquant une pression sur le liquide hydraulique. En relâchant la pression sur la pédale, le piston est repoussé par le ressort de rappel et la pression hydraulique dans le circuit.

Test au banc hydraulique

Suite à une mise en pression du circuit par les freins de la place gauche, une pression résiduelle anormale reste dans l'étrier gauche après le relâchement des freins. Elle est maintenue par le maître-cylindre gauche de la place droite, alors qu'il n'est pas sollicité.

Lors de la mise en pression par les freins de la place droite, le maître-cylindre gauche n'opère aucune mise en pression.

Comportement interne des maîtres-cylindres en pression

Les maîtres-cylindres ont été radiographiés lors de leur mise en pression. Dans certains cas, le disque de poussée se place en biais et entraîne le piston dans cette même position, notamment en cas de forte pression du pilote sur les pédales. Le piston peut alors avoir des difficultés à remonter et maintenir une pression résiduelle dans le circuit.

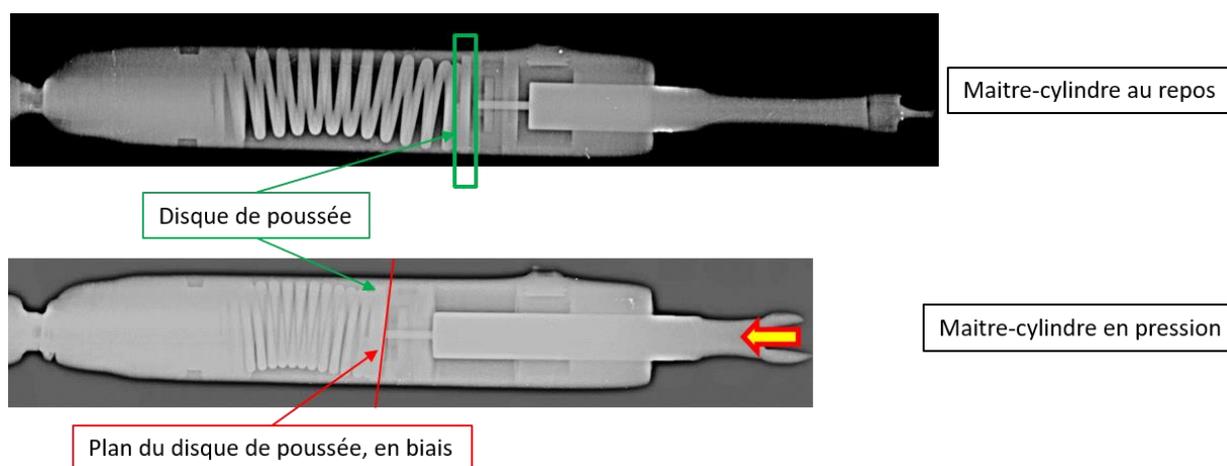


Figure 11 : disque de poussée en biais

Sur plusieurs maîtres-cylindres démontés, le piston présente des traces de frottement.

Composition interne des maîtres-cylindres

La composition interne des quatre maîtres-cylindres n'est pas identique. Le maître-cylindre gauche de la place droite est équipé d'un ressort souple tandis que les trois autres sont équipés d'un ressort plus raide.

Expertise du maître-cylindre gauche de la place droite

Le joint du piston ainsi que celui de la tige de poussée de ce maître-cylindre sont détériorés, engendrant une fuite interne.

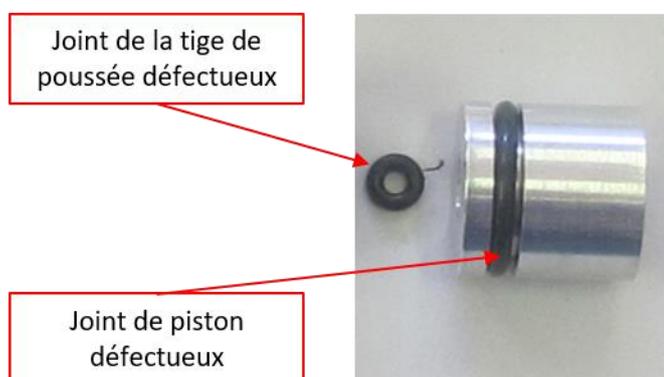


Figure 12 : composition interne d'un maître-cylindre, joints défectueux

Le pointeau de la tige de poussée est désaxé. La tige peut être sortie de son logement et avoir exercée une pression sur le dessus du piston en l'empêchant de remonter.

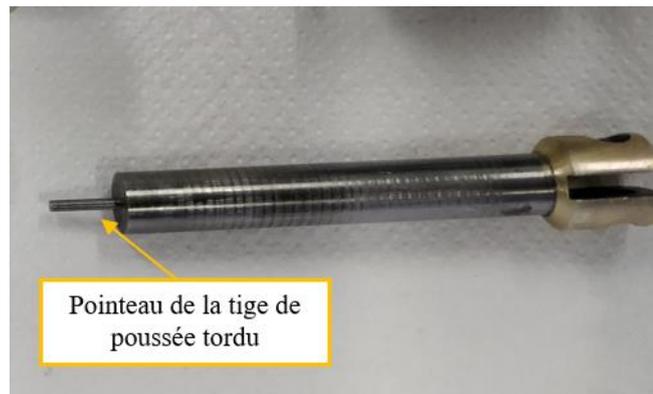


Figure 13 : pointeau de la tige de poussée tordu

Le maître-cylindre gauche de la place droite est inopérant ; il peut avoir maintenu une pression résiduelle dans le circuit.

2.1.1.2. Descriptif du bloc de frein

Le bloc de frein Cleveland, équipant les CAP 10B de la marine nationale, est composé d'un étrier, de deux plaquettes et d'une pièce de butée.

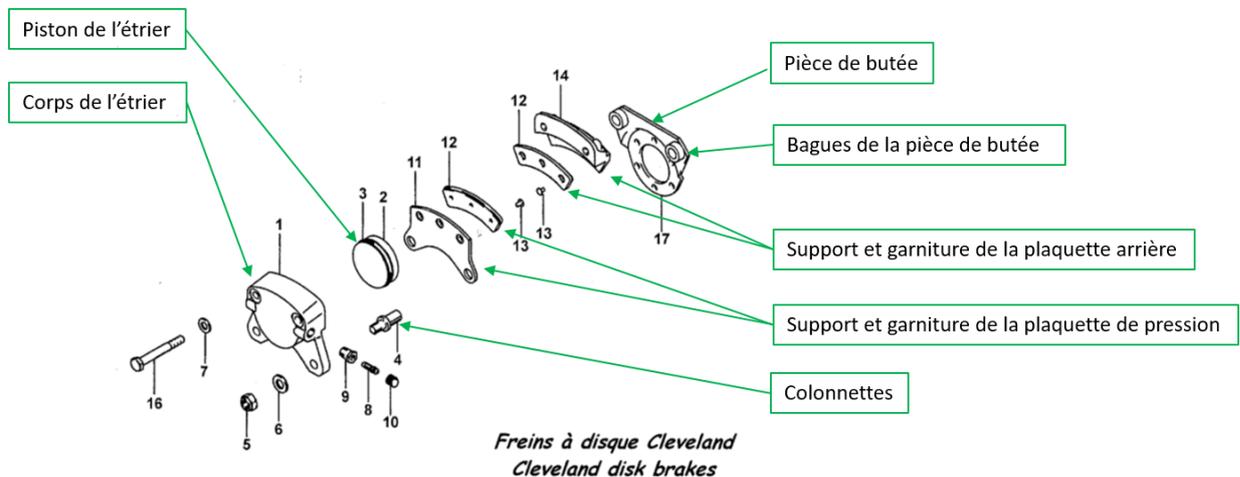


Figure 14 : éclaté d'un bloc de frein Cleveland

2.1.1.3. Examen de la pièce de butée gauche

Une pièce soudée sur chaque fusée de la jambe de train sert de fixation à l'étrier de frein par l'intermédiaire d'une plaque appelée « pièce de butée ». Cette dernière est percée de deux trous équipés de bagues dans lesquelles l'étrier vient coulisser par l'intermédiaire des deux colonnettes.

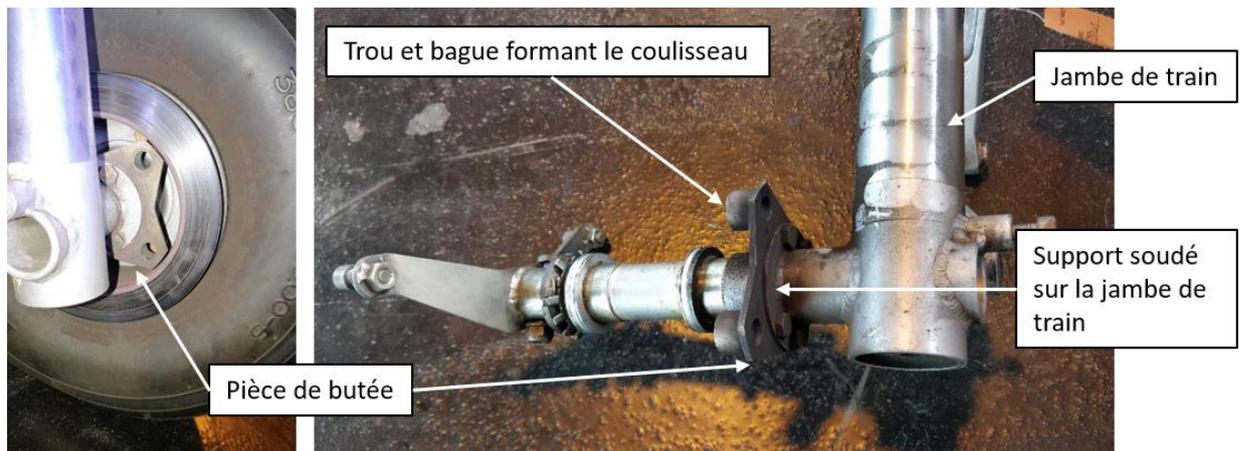


Figure 15 : pièce de butée

Les bagues de la pièce de butée sont légèrement ovalisées, selon un même axe d'orientation.

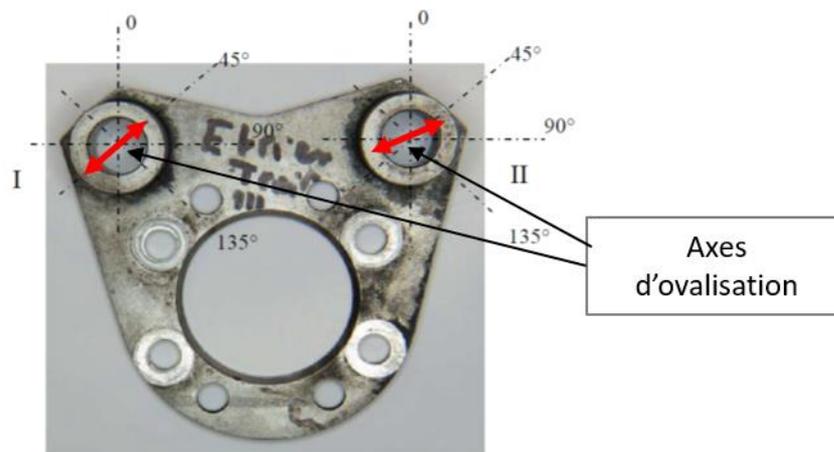


Figure 16 : ovalisation des bagues de la pièce de butée

La pièce de butée a été usée par le coulissement en biais des colonnettes.

2.1.1.4. Examen de l'étrier de frein gauche

Sur l'épave, le bloc de frein gauche du CAP 10 n° 111 présentait un jeu notable, pouvant être dû à son niveau d'usure ou à la détérioration subie lors de l'incendie. L'expertise porte sur les pièces de cet étrier et sur celles du CAP 10 n° 214, qui présentait un jeu similaire.

Fonctionnement de l'étrier flottant

Le bloc de frein est équipé de deux plaquettes de frein. La plaquette arrière est fixée à l'étrier de frein. La plaquette avant, ou plaquette de pression, coulisse sur les colonnettes. En pression, le piston de l'étrier de frein pousse la plaquette de pression jusqu'à ce qu'elle atteigne le disque puis, sous la poussée, l'étrier recule ce qui met alors la plaquette arrière en contact avec le disque.

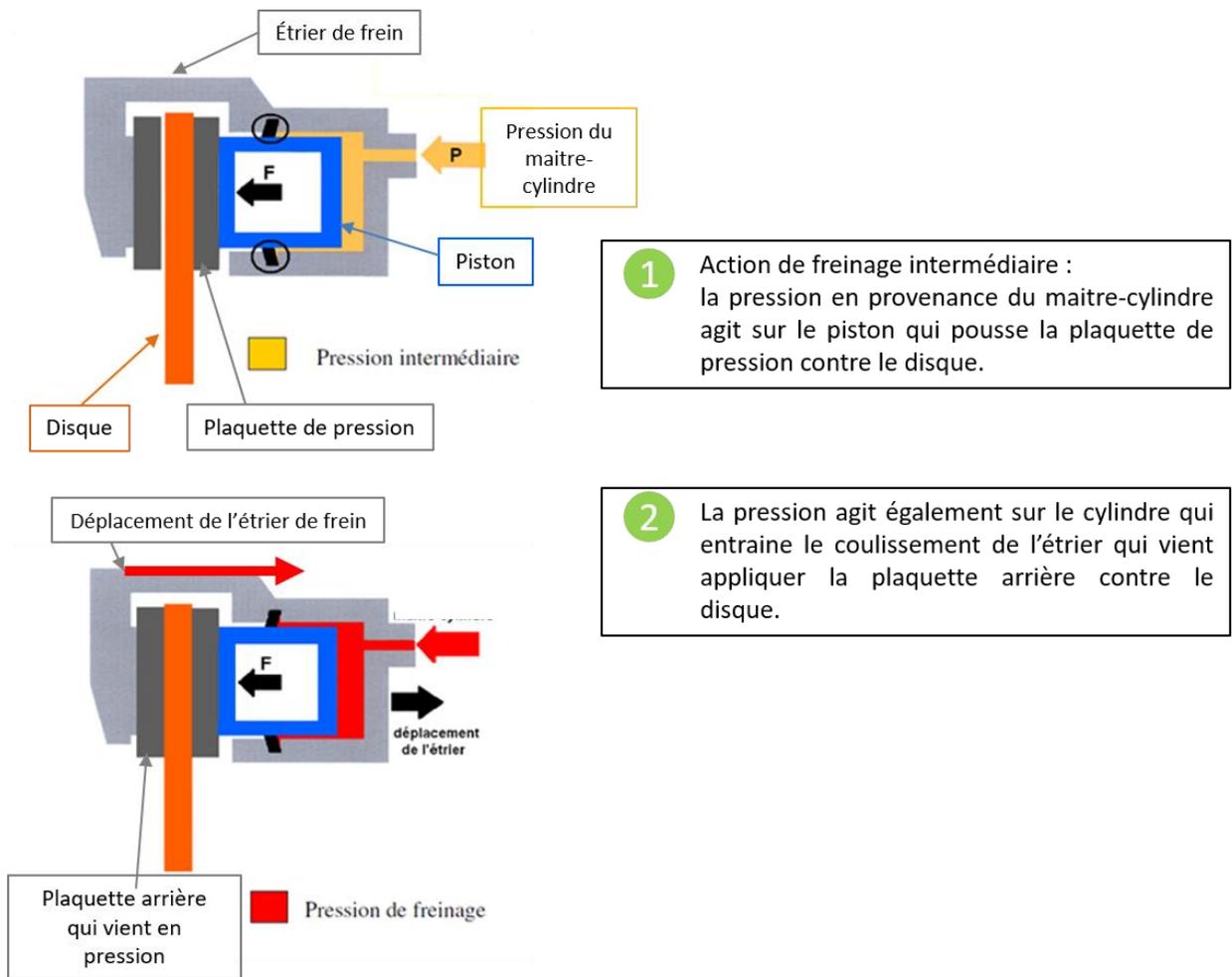


Figure 17 : séquence de fonctionnement de l'étrier flottant

Colonnnettes

Sur l'étrier de frein gauche, les colonnettes présentent des traces de frottement, qui montrent un contact de celles-ci en biais dans la pièce de butée. La plaquette de pression ne coulisse pas facilement sur les colonnettes qui sont légèrement encrassées, voire corrodées.

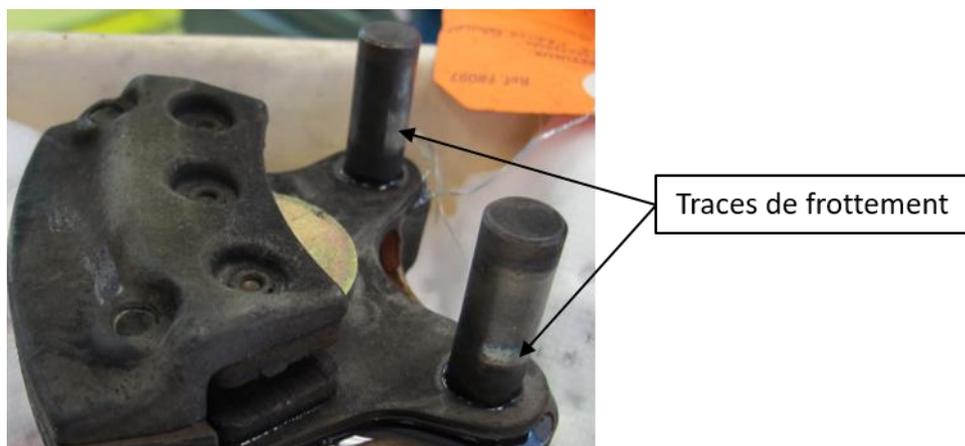


Figure 18 : traces de frottement sur les colonnettes

Piston de l'étrier de frein

L'étrier de frein gauche présente une fuite au niveau du piston. Le joint du piston est coupé, brûlé et n'assure plus l'étanchéité.

Le bord interne du piston de l'étrier gauche est marqué par une trace de frottement, en biais.

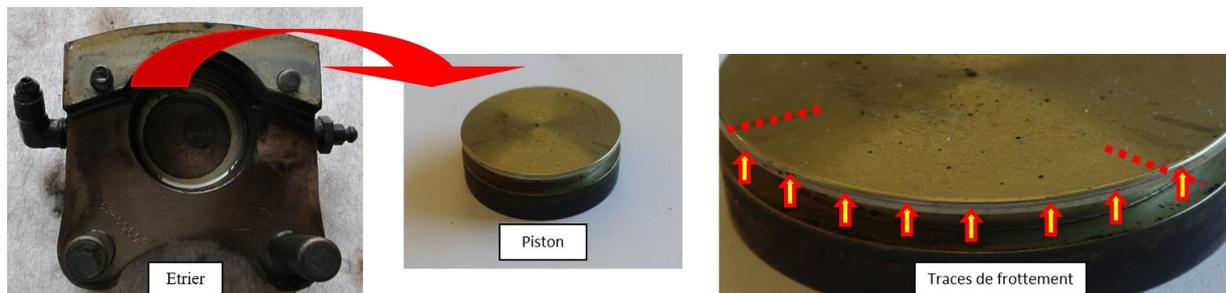


Figure 19 : traces de contact sur le piston de l'étrier gauche

Les plaquettes de frein à gauche sont usées, donc plutôt fines. Le piston est contraint de sortir davantage pour les appliquer sur le disque. La trace d'usure identifiée sur le piston indique qu'il s'est mis de travers lors du fonctionnement. Toutefois, les blocs de frein n'étant pas suivis en vieillissement, il n'est pas possible de certifier que cette trace soit apparue depuis le montage de ce bloc de frein sur le CAP 10 n° 111 en avril 2014.

Plaquettes de frein

L'épaisseur moyenne de la plaquette de pression est de 4,2 mm, supérieure à l'épaisseur minimale recommandée par le constructeur (2,54 mm). Les plaquettes présentent des rayures. Leur usure n'est pas uniforme.

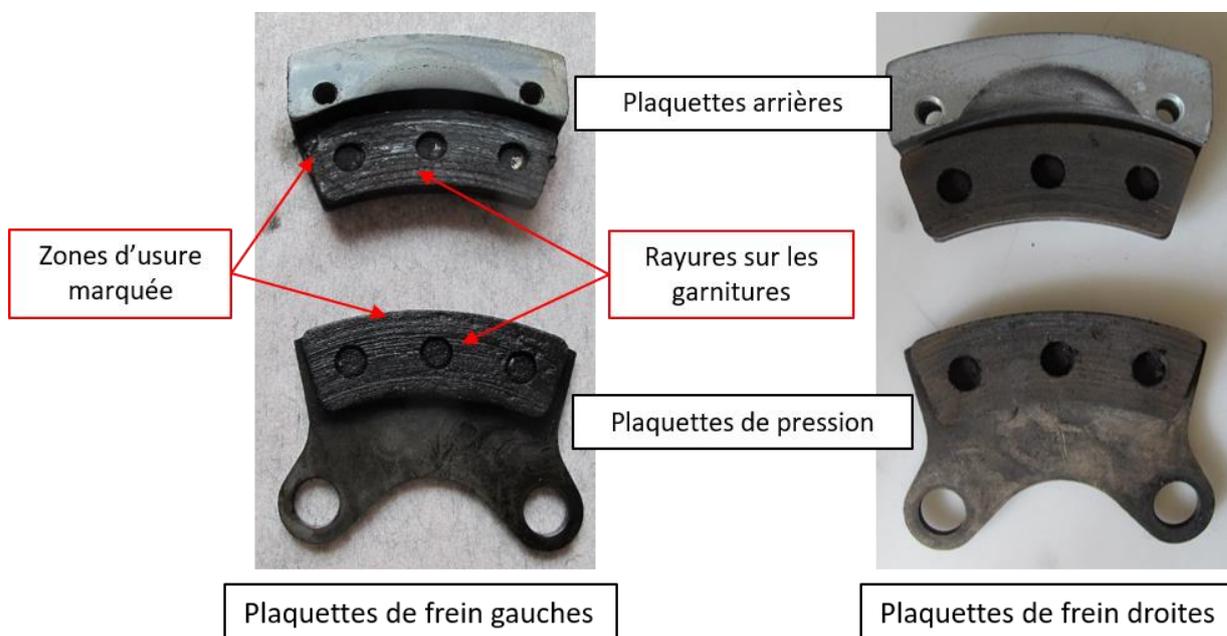


Figure 20 : plaquettes de frein

Usure de l'étrier de frein gauche

L'étrier de frein gauche présente un jeu important. La dissymétrie d'usure des plaquettes, les traces de contact sur une partie du bord extérieur du piston ainsi que les traces d'usure sur les colonnettes prouvent que, lors de la mise en pression, l'étrier se désaligne par rapport à l'axe du disque et entraîne la mise en travers du piston et de la plaquette de pression. Dans cette position, le piston ou la plaquette sont susceptibles de se verrouiller et de ne pas reculer lors de la reprise du roulage.

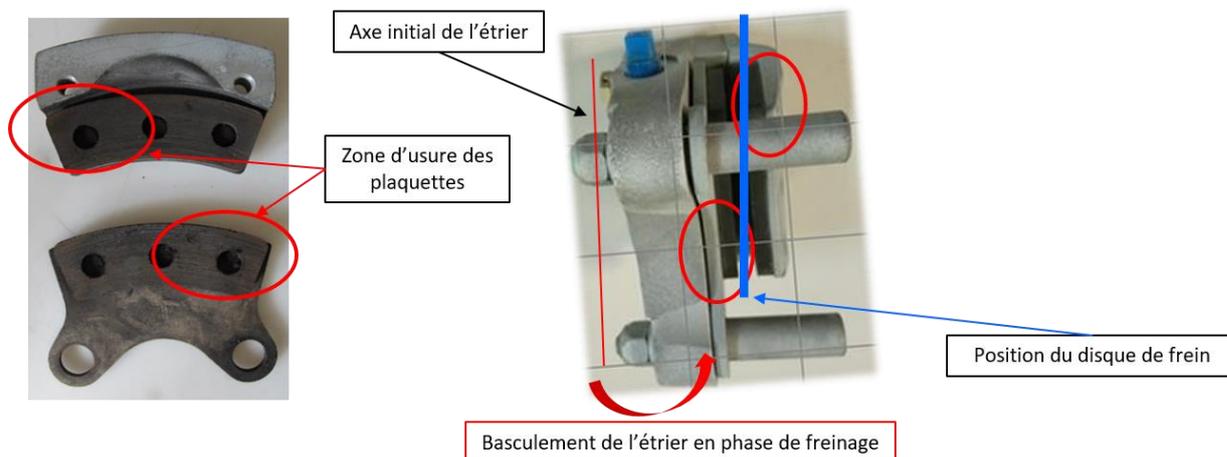


Figure 21 : positionnement de l'étrier gauche lors d'une action de freinage

Les colonnettes et le piston de l'étrier de frein ont des traces de frottement en biais. L'usure non uniforme des plaquettes est liée à une mise en biais de l'étrier lors du freinage.

2.1.1.5. Examen de la valve de frein de parc et des disques de frein

Les valves de frein de parc ont été prélevées sur l'avion et testées sur le banc hydraulique. Leur fonctionnement est correct.

Particularités du disque de frein

Le disque de frein est une partie intégrante de la jante. Le bloc de frein n'est pas équipé de système de rappel des plaquettes. À la reprise du roulage, c'est le voilage du disque de frein qui repousse les plaquettes et le piston de l'étrier en position de repos. Entre la position de repos et celle en pression, la plaquette de pression se déplace sur une très faible longueur. Les plaquettes restent très proches du disque même en position de repos.

L'étude du voilage et de la planéité des disques de frein n'a révélé aucune anomalie. Le disque de frein gauche a une épaisseur moyenne de 4,3 mm, supérieure à l'épaisseur minimale recommandée par le constructeur.

Le fonctionnement des valves de frein de parc et l'état du disque de frein sont conformes à l'attendu.

2.1.2. Expertise de l'incendie

2.1.2.1. Tuyauteries du liquide de frein

Les tuyauteries du circuit de frein, à l'origine en élastomère, ont été remplacées en 1990 par des tuyauteries en polyamide qui n'ont pas de date de péremption. Aucune trace de rupture ou de détérioration n'a été identifiée.

Les analyses de matériaux effectuées sur un échantillon de la tuyauterie montrent un point de fusion relativement bas. La protection extérieure enroulée autour de la tuyauterie, de type RISLAN, fond à 185° C. Le conduit en fibre de polyester fond à 260° C. Le matériau est susceptible de fondre rapidement en cas d'élévation de la température. La fonte de la tuyauterie au niveau du raccord a provoqué une fuite du liquide hydraulique susceptible de s'enflammer.

La tuyauterie du côté gauche a été détériorée par le feu. Elle est rompue en deux endroits, près du raccord avec l'étrier de frein et au niveau du bas du carénage de la jambe de train. Le fragment de cette tuyauterie retrouvé sur la piste est brûlé et fondu. La partie de tuyauterie qui était recouverte par le carénage de la jambe de train est en bon état.



Figure 22 : morceau de tuyauterie retrouvé sur la piste

Le matériau composant la tuyauterie de liquide de frein ne résiste pas à l'élévation de température. La tuyauterie a fondu. Elle peut avoir provoqué une fuite de liquide hydraulique qui s'est enflammé.

Caractéristiques du liquide de frein

Les analyses du fluide montrent qu'il correspond à un liquide hydraulique de type H-515-9, conformément aux préconisations du constructeur. Aucune pollution n'a été mise en évidence dans ce liquide.

Selon ses caractéristiques, lorsque la température s'élève au-delà de 90° C, la dilatation du liquide H-515-9 augmente la pression dans le circuit lorsque celui-ci est fermé.

Ce fluide hydraulique est réputé pour être particulièrement inflammable. Le risque d'auto-inflammation existe lorsque la température atteint 230° C.

La nature et la composition du liquide utilisé dans le système de frein sont conformes à l'attendu.

Au-delà de 90° C, le coefficient de dilation devient important et contribue à augmenter la pression dans le circuit.

Le liquide H-515-9 est fortement inflammable.

2.1.2.2. Examen du carénage de roue

Le carénage de roue, en matériau composite, est celui qui équipait les CAP 10B avant le changement de voilure. Il est constitué de deux parties assemblées : le carter intérieur enveloppe la roue, l'autre forme le carénage extérieur.

Les essais de réaction au feu ont révélé que le matériau composant les carénages (résine, peinture) s'enflamme rapidement et brûle de manière vive jusqu'à une combustion complète. Le carénage de roue droite est recouvert de deux couches de peinture alors que celui de gauche en a reçu quatre. Le carénage de roue gauche brûle plus vite que celui de droite.

Lors de l'incendie, l'ouverture du carénage suite à la combustion de la résine a favorisé l'alimentation en air du foyer et contribué à la propagation rapide du feu. Le foyer initial de l'incendie est situé dans le carénage intérieur de roue.



Figure 23 : carénages de roue

**Le foyer initial de l'incendie est situé dans le carénage de la roue côté bloc de frein.
Les matériaux utilisés dans la composition du carénage sont fortement inflammables.
Le nombre de couches de peinture appliquées sur le carénage augmente le risque d'incendie.**

2.1.2.3. Examen de la cellule

La forme de la zone brûlée sur l'intrados de la voilure présente une orientation fortement influencée par le vent. L'arrière du fuselage, uniquement constitué d'une toile peinte sur une structure légère, a entièrement brûlé.

Le vent a favorisé la propagation de l'incendie à la cellule et à l'arrière du fuselage.

2.1.2.4. Examen du réservoir arrière

Le réservoir arrière, utilisé ponctuellement lors de vols de transit long, ne peut pas être vidé entièrement. Une faible quantité de carburant est susceptible de rester dans le bas du réservoir et de produire des vapeurs. Ces dernières, sous l'élévation de la température, ont provoqué l'explosion du réservoir et ont alimenté l'incendie.

L'explosion du réservoir arrière a alimenté l'incendie.

2.2. Séquence de l'évènement

Au début du roulage sur le taxiway F, le maître-cylindre gauche de la place droite ne libère pas correctement la pression dans le circuit de frein gauche. Les plaquettes de frein à gauche restent en contact avec le disque et provoquent un échauffement de l'étrier de frein. Confiné dans le carénage de roue, le bloc de frein emmagasine la chaleur et la transmet au liquide hydraulique qui se dilate, ce qui accentue la pression appliquée par le piston. Ce dernier se place légèrement en biais. Son joint se détériore et fuit.

Arrivant au début du taxiway E, le freinage de la roue gauche est tel que le pilote ne parvient plus à garder l'avion sur le taxiway. Le moniteur reprend les commandes. En freinant, il débloque le maître-cylindre. Le piston de l'étrier, en biais, reste en position intermédiaire. Les plaquettes sont maintenues légèrement en pression sur le disque ce qui entretient le processus de frottement.

Tant que l'avion roule, le vent relatif limite l'élévation de la température dans le carénage. Au point d'arrêt E, la température augmente et fait fondre la tuyauterie. Le liquide hydraulique fuit et s'enflamme. Lors de la reprise du roulage, un fragment de tuyauterie brûle et tombe sur la piste juste avant le premier arrêt de l'avion. Le carénage de roue s'enflamme. Attisées par le vent, les flammes remontent le long de la jambe de train. L'avion est dans l'axe du vent qui pousse les flammes vers l'intrados de l'aile, le volet puis le dessous du fuselage arrière. Les pompiers attaquent l'incendie avec la lance à haute pression. L'incendie atteint l'arrière de l'avion et provoque l'explosion du réservoir arrière dans lequel il restait des vapeurs. Ces dernières alimentent l'incendie qui devient difficile à maîtriser.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes techniques

2.3.1.1. Origine des pièces détachées

Par contrat, la marine nationale a mis son stock de pièces détachées dédiées aux CAP 10B à disposition de Daher. Certaines de ces pièces, dont les maîtres-cylindres et les blocs de frein, n'ont pas de durée de vie et ne portent donc pas de numéro de série. Leur vieillissement est inconnu. Elles ne disposent d'aucun document libératoire²⁰ et sont livrées à CATS avec un « tag jaune²¹ ». Les éventuelles réparations effectuées avant le stockage chez Daher n'y sont pas inscrites.

Il n'y a pas de suivi de vieillissement pour les pièces détachées équipant le circuit de frein des CAP 10B de la marine nationale. L'organisme d'entretien CATS n'a pas connaissance de l'historique des pièces qui lui sont fournies.

²⁰ Un document libératoire est associé à chaque pièce détachée d'aéronef. Ce document comporte le numéro de série de la pièce et indique tous les actes de maintenance qu'elle a reçus pour permettre à l'organisme d'entretien de s'assurer que les pièces ne compromettent pas la navigabilité de l'aéronef.

²¹ Pour les pièces issues du stock, dont le vieillissement n'est pas connu, par dérogation, le document libératoire peut être remplacé par un « tag jaune ». Ce document ne contient pas d'information permettant de connaître l'historique de la pièce.

2.3.1.2. Maitres-cylindres

Stockage des maitres-cylindres

Les maitres-cylindres en stock ne sont pas accompagnés de documentation propre. Il est impossible de connaître leur durée effective de stockage antérieure au contrat avec Daher. Aucune consigne de stockage n'est donnée au logisticien pour leur conservation.

De 2013 à 2016, tous les maitres-cylindres de rechange ont été pris sur le stock. Avant la livraison à CATS, le technicien de Daher vérifiait l'absence de fuite extérieure par un contrôle visuel, sans effectuer de contrôle interne de l'état d'étanchéité des joints.

En l'absence de consigne de stockage et de critères de vérification des joints internes, une éventuelle fuite interne dans le maitre-cylindre n'est pas décelable. Certains maitres-cylindres fournis à CATS par Daher peuvent donc présenter un défaut de qualité.

Caractéristiques techniques des maitres-cylindres

Les pièces détachées d'origine permettant de réparer les maitres-cylindres sont épuisées. Depuis 2016, certains maitres-cylindres ont été réparés par l'organisme d'entretien Daher, à l'aide d'un nouveau ressort et de joints de remplacement adaptables à ce modèle. Ces maitres-cylindres sont livrés à CATS accompagnés d'un document libératoire qui ne précise pas la nature des actes de dépannage (changement du ressort ou seulement des joints). Sans numéro de série, ils ne sont pas différenciables une fois installés sur l'avion. Par conséquent, il est possible de trouver sur un même avion des maitres-cylindres non révisés et d'autres réparés.

Bien que leur nomenclature soit identique, le ressort permettant la réparation des maitres-cylindres est plus raide que le ressort équipant les maitres-cylindres à l'origine et n'offre pas la même résistance à la pression.

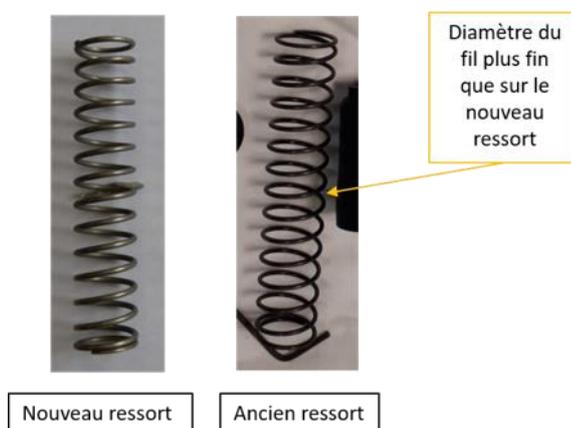


Figure 24 : comparaison des ressorts équipant les maitres-cylindres

De ce fait, pour obtenir un freinage symétrique, et maintenir l'axe, les pilotes peuvent être amenés à appliquer une pression différente d'une pédale à l'autre. Le maitre-cylindre gauche de la place droite n'a pas été réparé à l'aide du nouveau ressort. Il est donc plus souple que celui de droite.

Les maitres-cylindres réparés et ceux non réparés n'ont pas les mêmes caractéristiques techniques. Ils ne sont pas différenciés lorsqu'ils sont avionnés.

2.3.1.3. État de l'étrier de frein

Contrôle de l'étrier de frein

Le bloc de frein gauche présente un jeu important en lien avec l'usure des colonnettes et de la pièce de butée. Lors du freinage, l'étrier se désaligne par rapport au disque.

Les blocs de frein défectueux sont transmis à l'organisme d'entretien Daher pour réparation. L'atelier effectue un contrôle visuel et change le joint du piston, si nécessaire, puis reconditionne les blocs de frein pour les remettre en stock. Le constructeur ne fournit pas de critères de tolérance précis pour vérifier une éventuelle déformation ou un état d'usure des colonnettes, du corps de l'étrier ou du piston.

Lors de la grande visite de l'avion réalisée par l'organisme d'entretien CATS, l'état de l'étrier est vérifié par contrôle visuel. Le programme d'entretien ne donne pas de valeur de tolérance à respecter sur une éventuelle déformation. CATS effectue un échange standard en cas de fuite ou de corrosion.

Les blocs de frein des CAP 10 sont reconditionnés par Daher après un contrôle visuel. Les organismes d'entretien CATS et Daher n'appliquent pas de critère précis pour estimer l'usure des colonnettes.

Usure des plaquettes

Les plaquettes de frein à gauche ont été changées en avril 2018. Fin juin, après 50 heures de vol, elles sont proches de la limite de tolérance d'usure. En moyenne, les plaquettes de frein sur CAP 10 sont changées toutes les 400 heures de vol, soit un peu plus d'un an. Le taux d'usure des plaquettes de frein à gauche, plus important que la moyenne, montre qu'elles restent en contact avec le disque. Ce taux d'usure excessif aurait pu permettre aux mécaniciens d'avoir un doute sur le circuit de frein gauche. Le phénomène de frottement constant des plaquettes sur le disque s'était déjà produit avant l'évènement.

Les actes de maintenance n'ont pas permis de déceler un taux d'usure excessif des plaquettes de frein gauche.

2.3.1.4. Vétusté de la pièce de butée

La pièce de butée, constitutive du bloc de frein, a été montée sur la jambe de train lors du changement de la voilure et n'a pas été changée depuis, contrairement à l'étrier de frein. Les blocs de frein fournis par Daher ne contiennent pas cette pièce. Lorsque l'organisme d'entretien CATS dépose le bloc de frein, il ne démonte pas la pièce de butée. Aucun des deux organismes d'entretien n'a remarqué l'absence de cette pièce lors de l'échange standard du bloc de frein. Pourtant, l'ensemble « bloc de frein » vendu par le fabricant Cleveland intègre la pièce de butée.

Les bagues dans lesquelles s'insèrent les colonnettes sont ovalisées. Le programme d'entretien utilisé par les mécaniciens de CATS ne fournit pas de consigne pour contrôler l'état de cette pièce.

La pièce de butée du bloc de frein gauche est usée. Les bagues sont légèrement ovalisées par un frottement des colonnettes en biais, ce qui a instauré un jeu dans l'étrier de frein. Le plan d'entretien utilisé par les mécaniciens ne fournit pas de critère pour juger de l'état de cette pièce de butée. Daher ne fournit pas cette pièce avec l'étrier de frein. La pièce de butée n'est pas démontée lors de l'échange standard du bloc de frein.

2.3.1.5. Caractéristiques de l'environnement du bloc de frein

Le carénage de roue est peu propice à une ventilation efficace du bloc de frein.



Figure 25 : carter de roue intérieur

Ce confinement autour du bloc de frein favorise une élévation rapide de la température du carter. Le matériau composite utilisé est très inflammable alors que, par principe de précaution, il est nécessaire de prévoir une dissipation de la chaleur dans les zones sensibles pour limiter les risques d'incendie.

La température d'auto-inflammation du liquide hydraulique est alors rapidement atteinte en cas de frottement continu des plaquettes sur le disque de frein.

La configuration du carénage de roue a favorisé l'élévation de température. Le liquide hydraulique s'est enflammé. Le matériau utilisé pour la fabrication du carénage et la peinture qui le recouvre ont favorisé le départ et le développement de l'incendie.

2.3.2. Causes environnementales

2.3.2.1. Vent traversier

Le vendredi 22 juin 2018, le vent souffle en rafale jusqu'à 17 kt. La vitesse maximale de vent au-delà de laquelle le stagiaire ne peut plus assurer le roulage de l'avion est de 18kt. Ce vent est traversier pendant toute la première partie du roulage, sur le taxiway F. Le moniteur, qui doit laisser le stagiaire assurer le roulage seul, s'attend à ce qu'il ait des difficultés à le maîtriser.

Tenant compte des particularités météorologiques du jour, le moniteur n'est pas surpris de constater que le stagiaire utilise le plein débattement de la gouverne de direction pour rouler.

2.3.2.2. Pente du taxiway

En face du seuil de la piste 13, le taxiway est en légère montée. Sur ce passage, le moniteur sait qu'il est nécessaire de rajouter un peu de puissance pour conserver une vitesse constante. Il n'est donc pas surpris par le régime moteur affiché.

Le moniteur s'attend à l'utilisation d'un régime moteur supérieur sur ce parcours et ne l'associe pas à un freinage résiduel.

2.3.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

2.3.3.1. Nature de la mission

Les missions de sélection des futurs pilotes de l'aéronautique navale sont organisées pour assurer un apprentissage progressif. Les premières missions permettent au stagiaire de découvrir le pilotage de base, tout en se familiarisant avec le roulage. Lors de cette cinquième mission, dédiée à l'apprentissage des tours de piste, il est évalué sur sa capacité à restituer le roulage de l'avion, sans l'aide du moniteur, alors que le vent est fort. De son côté, le moniteur doit laisser le stagiaire réaliser le roulage seul, en acceptant certaines imperfections et sans lui apporter d'aide pour respecter l'équité entre les élèves.

Sur cette mission d'évaluation sur le roulage, l'élève n'est pas enclin à exprimer ses difficultés de roulage au moniteur. Le moniteur doit laisser les commandes au stagiaire. La nature de la mission est susceptible d'avoir retardé l'identification du problème par le moniteur.

2.3.3.2. Préparation de la mission

Le briefing de la mission porte principalement sur la réalisation des tours de piste et sur les nombreux paramètres à respecter pour réussir l'atterrissage. Bien que les conditions de vent du jour soient aux limites pour le stagiaire, la phase du roulage est brièvement abordée. L'élève ne reçoit pas de consignes particulières pour réaliser le roulage par fort vent de travers. Il ne lui est pas demandé de décrire dans quel sens il devra manœuvrer la gouverne de direction en fonction du vent et des différentes phases du roulage.

Cette absence de briefing sur le roulage par vent de travers n'a pas permis aux deux pilotes d'être sensibilisés à cette difficulté.

Les particularités du roulage par fort vent de travers n'ont pas été abordées lors du briefing.

2.3.3.3. Expérience de l'équipage

Le moniteur, pilote de chasse de l'aéronautique navale, est affecté à l'escadrille 50S pour une année dite « d'aération²² » entre septembre 2017 et l'été 2018. Sa formation sur le CAP 10B, orientée sur la maîtrise de l'avion en vol, ne s'attarde pas sur la maîtrise du roulage d'un avion à train classique. Les fiches de débriefing de la formation du moniteur ne précisent pas les exercices réalisés, au roulage ou en vol, ni les difficultés rencontrées.

Lors du début de roulage sur le taxiway F, l'élève s'applique à maintenir l'avion dans l'axe. À cause du freinage résiduel à gauche, il est amené à pousser le palonnier à fond à droite, alors que l'effet du vent de travers droit devrait l'obliger à braquer la direction à gauche. L'élève pilote n'a pas d'expérience aéronautique en général. Le briefing ne l'a pas amené à visualiser ce point. Il n'a pas identifié l'anomalie.

Le moniteur, qui n'a pas beaucoup d'expérience sur les avions à train classique, n'identifie pas le problème.

Le manque d'expérience et de connaissances de l'équipage sur un avion à train classique ne lui a pas permis d'identifier le braquage de la gouverne de direction à l'opposé de l'attendu pour corriger le vent de travers.

2.3.3.4. Connaissance du circuit de frein par le moniteur

Les pilotes de la 50S considèrent le système de freinage du CAP 10B comme simple. Le moniteur a été instruit sur ce système par un pilote expérimenté de l'escadrille sans que les particularités techniques du système ne soient abordées. Les pilotes connaissent mal le fonctionnement du circuit de frein et peuvent être amenés à avoir des actions inappropriées sur les commandes. En revanche, ils sont sensibilisés au risque d'appliquer un freinage non souhaité si les pieds reposent sur les pédales de frein.

Les moniteurs de l'escadrille connaissent mal le fonctionnement et les fragilités du système de frein.

2.3.3.5. Traitement des défaillances du circuit de frein

Compte rendu des défaillances du système de frein

Les CAP 10B de la marine connaissent fréquemment des dysfonctionnements du circuit de frein, notamment des phénomènes de « pédale molle » ou de freinage résiduel. Bien que certains dysfonctionnements soient signalés sur le compte rendu matériel (CRM) par les pilotes, il est arrivé que la panne se reproduise. En effet, après un échange standard de maître-cylindre fourni par Daher, une fuite interne peut intervenir. Le dépannage est alors rendu inefficace, ce qui induit une incompréhension du mécanicien et discrédite l'acte de maintenance aux yeux des pilotes.

²² Dans l'aéronautique navale, le personnel peut bénéficier d'une période à terre, pour se ressourcer en s'éloignant du rythme opérationnel soutenu de la flottille embarquée. Dans ce cadre, ce pilote s'est vu confier une mission de monitorat pour une année.

En conséquence, pour éviter d'impacter inutilement la disponibilité des avions, les pilotes ne signalent pas systématiquement sur le CRM les anomalies rencontrées. Pourtant, le bon fonctionnement du circuit de frein sur CAP 10 ne peut être vérifié que par les pilotes. Les mécaniciens ne disposent pas de moyen pour tester ce système de façon dynamique.

Le bénéfice des dépannages effectués sur le système de frein n'étant pas flagrant, les pilotes ne signalent pas systématiquement les défaillances constatées sur le formulaire de compte-rendu matériel.

Banalisation des défaillances du circuit de frein

La fréquence des défauts du système de frein conduit les pilotes à s'adapter à ces problèmes. Les pilotes considèrent que la fiabilité du système est acceptable tant que l'appareil reste contrôlable. Selon eux, ce fonctionnement erratique est devenu normal. Ils partagent entre eux les solutions qu'ils ont pu trouver de façon empirique pour remédier aux problèmes rencontrés. Cependant, pour un moniteur moins expérimenté, la distinction entre un freinage résiduel lié à une défaillance technique et un dosage inadapté des actions de l'élève au palonnier reste délicate.

Dès le début du roulage, le moniteur constate que sa pédale de frein gauche s'enfoncé anormalement. Il considère néanmoins que c'est un fonctionnement habituel et donc acceptable sur cet avion.

Ne connaissant pas de critère précis de bon fonctionnement du circuit de freinage, les pilotes banalisent les défauts de freinage et sous-estiment les risques associés.

Compréhension de la situation par les pilotes

Lors des dépannages, les mécaniciens sont amenés à changer des plaquettes ou un disque de frein d'un seul côté. Les maitres-cylindres, selon qu'ils aient été réparés ou pas, intègrent un ressort d'une raideur différente. Cette dissymétrie induit une sensation de freinage différente d'un côté par rapport à l'autre, susceptible de brouiller la compréhension de la situation par les pilotes. Pourtant, le fonctionnement normal du système de frein implique la symétrie des efforts.

La dissymétrie induite par la maintenance sur les organes du système de frein perturbe la compréhension de la situation par les pilotes.

2.3.3.6. Action de freinage prolongée

Pour l'élève, la mission présente un enjeu important. Il est jugé sur sa capacité à maîtriser le roulage alors que le vent est fort. Après avoir tenu les freins aux pieds pendant plus de deux minutes, il a subi une certaine fatigue musculaire. En reprenant le roulage, il peut avoir inconsciemment appliqué une légère action à freiner sur la pédale gauche. Pour corriger la trajectoire, il braque le palonnier à fond à droite. Cette position est de nature à provoquer une gêne en flexion du pied gauche et peut avoir contribué à entretenir ce freinage non conscientisé. L'ergonomie du cockpit empêche le moniteur de voir la position des pieds de l'élève. N'ayant pas identifié l'inversion de braquage de gouverne de direction dès le début du roulage sur le taxiway F, le moniteur n'a pas demandé à l'élève de vérifier la position de ses pieds vis-à-vis des pédales de frein. Ainsi, l'action à freiner pourrait avoir été maintenue jusqu'à l'embarquée de l'avion sur le taxiway E.

Une action de freinage maintenue à gauche par l'élève pilote, durant le roulage, ne peut être exclue, compte tenu de l'ergonomie des commandes.

2.3.3.7. Prise de décision du moniteur

Au point d'arrêt E, le moniteur suspecte une surchauffe du bloc de frein à gauche liée à une action de freinage prolongée de l'élève. Il reçoit la confirmation par son collègue d'un dégagement de fumée. Le moniteur se souvient d'une procédure « surchauffe frein » applicable sur d'autres appareils, qui indique de s'éloigner des autres avions et de poursuivre le roulage pour ventiler le bloc de frein. Subissant un biais d'habitude²³, il décide de poursuivre le roulage en direction du parking de la 50S, tout en demandant la mise en alerte de l'équipe de sécurité. Se fiant à ses connaissances aéronautiques liées à d'autres aéronefs, le moniteur n'a pas immédiatement appliqué la check-list d'urgence « fumée ou feu au sol » (annexe 4), qui recommande d'arrêter l'avion, de couper toutes les alimentations et d'évacuer.

Le moniteur méconnaît les risques liés à un freinage résiduel sur le CAP 10B. Il applique une procédure destinée aux aéronefs équipés de freins en carbone. L'expérience aéronautique du moniteur sur d'autres avions ainsi que la banalisation des risques de surchauffe des freins ont perturbé son analyse de la situation. Sa prise de décision étant biaisée, le moniteur n'applique pas la check-list « fumée au sol » à l'apparition des premières fumées.

²³ En facteur humain, un biais d'habitude est une distorsion dans le traitement cognitif d'une information visant à privilégier les solutions les plus familières au détriment de la solution optimale. Ici, le moniteur prend sa décision en transposant une procédure connue sur un autre avion dans une situation similaire et rencontrée précédemment, tout en omettant de prendre en compte d'autres informations susceptibles de lui indiquer que cette solution n'est pas adaptée au cas rencontré.

2.3.3.8. Absence de déclaration d'évènement aéronautique

Le personnel de l'escadrille, qui a rencontré plusieurs événements liés au système de frein dans les années précédentes, n'a pas rédigé de déclaration initiale d'évènement aéronautique²⁴ depuis 2014. Ces fiches sont systématiquement suivies d'un compte rendu de fait technique (CRFT) rédigé par l'organisme de maintenance à destination de l'autorité technique (DGA) et du constructeur.

Au sein de l'escadrille 50S, le consensus d'acceptation des défaillances du système de frein sur CAP 10 a conduit à une absence de remontée de l'information vers l'autorité technique et le constructeur.

2.3.3.9. Absence de compte rendu de fait technique

L'instruction de navigabilité FRA-145 (paragraphe A60) exige de tout organisme de maintenance ou exploitant d'aéronef de rédiger un compte rendu (CRFT) en cas d'évènement susceptible de porter atteinte à la sécurité des vols (annexe 5). Les événements liés au système de frein entrent dans cette définition.

Le contrat signé par CATS avec la SIMMAD en date du 1^{er} décembre 2011 précise la procédure de transmission des CRFT pour tous les constats de faits techniques touchant à la sécurité des vols, dont ceux liés à la dirigeabilité de l'avion ou à son système de frein.

Par une lettre de service du 1^{er} juillet 2015²⁵, CEAPR rappelle à ses clients le devoir de rendre compte de tout évènement concernant le système de frein au moyen d'un rapport d'évènement de navigabilité.

Une instruction²⁶ de la DGA (annexe 6) précise la nature de tous les événements qui doivent faire l'objet d'une remontée d'information à l'autorité technique. Les problèmes liés à la dirigeabilité ou au système de freinage en font partie.

Les mécaniciens de CATS ont constaté certains défauts du système de frein, mais n'ont jamais envoyé de CRFT à la DGA ou à CEAPR. De plus, le bureau technique de CATS n'a pas identifié la récurrence des événements liés à ces systèmes. Il ne réalise pas de travail statistique sur les pannes.

Ni l'autorité technique, ni CEAPR, ni ALAVIA n'ont reçu de compte rendu d'évènement lié aux freins sur les CAP 10 depuis 2014.

Malgré l'observation de défaillances du système de frein, la société CATS n'a jamais rédigé de CRFT à l'attention de l'autorité technique ni du détenteur de certificat de type.

²⁴ Instruction permanente n° 81.0.00 ALAVIA/BMRA/NP du 24 juillet 2013 paragraphe 3.4.1 « déclaration initiale d'évènement aéronautique ».

²⁵ Lettre de service n° 050902R1 du 1^{er} juillet 2015 : information à remonter au détenteur du certificat de type.

²⁶ Instruction n° 2011-161278/DEF/DGA/DT/ST/DGA-IP/ASA du 31 mai 2011 précisant, pour les aéronefs militaires et les aéronefs appartenant à l'Etat et utilisés par les services de douanes, de sécurité publique et de sécurité civile, les événements techniques devant être portés à la connaissance des détenteurs de certificats de type, des détenteurs de certificats de type supplémentaires, des équipementiers et de l'autorité technique.

2.3.3.10. Bulletin de service

En 2004, le détenteur du certificat de type des CAP 10²⁷ avait émis un bulletin de service²⁸ (annexe 3) recommandant le remplacement des maitres-cylindres²⁹ des CAP 10 pour améliorer la fiabilité du circuit de freinage. N'ayant pas eu de remontée d'information concernant des problèmes liés au circuit de frein sur les CAP 10 à cette période, la marine n'a pas souhaité appliquer ce bulletin de service.

CEAPR a diffusé ce bulletin de service à deux autres reprises. La dernière diffusion en janvier 2018 apportait une correction de référence sur les pièces de remplacement. En tant qu'OGMN, CATS est chargé d'analyser et de proposer ces bulletins de service à l'autorité technique avec des arguments permettant d'en évaluer la pertinence. Estimant que la dernière diffusion du bulletin de service n'apportait pas de nouveauté sur la résolution technique du problème, CATS n'a pas proposé le bulletin de service à l'étude de l'autorité technique.

Le bulletin de service recommandant le remplacement des maitres-cylindres par un modèle plus récent n'a pas été appliqué.

2.3.3.11. Critère d'évaluation du jeu de l'étrier

Sur les avions légers, certaines tâches à réaliser relèvent des « règles de l'art ». En particulier, la mesure du jeu nécessaire dans l'étrier de frein doit être estimée par le mécanicien. Il n'y a pas de valeur publiée pour le mesurer. Il est probable qu'avec l'usure de ces pièces la notion de jeu maximal admissible ait évolué dans l'esprit des mécaniciens.

En l'absence de critère défini, le jeu dans l'étrier de frein est estimé de manière empirique par les mécaniciens dont la perception a pu évoluer au cours du temps.

2.3.3.12. Programme d'entretien d'aéronef

En ce qui concerne le circuit de frein, le programme d'entretien propose une vérification visuelle pour la plupart des pièces, sans valeur précise à contrôler. La vérification de l'état d'usure de la pièce de butée n'est pas explicitement demandée, ni lors du contrôle du circuit de frein, ni lors de celui de la jambe de train. Les cartes de travail ne donnent pas davantage de précisions.

Le programme d'entretien d'aéronef ne donne pas de valeur précise de vérification de l'état d'usure des pièces qui constituent le circuit de frein. L'état de la pièce de butée n'est jamais vérifié.

²⁷ Le certificat de type était détenu par la société APEX à cette époque.

²⁸ Communication de sécurité, technique, ou informative, émise par le détenteur du certificat de type à destination des exploitants, qui peut porter la mention « recommandé » ou « obligatoire ».

²⁹ Bulletin de service maitres-cylindres 030304 du 19 octobre 2004.

2.3.3.13. Navigabilité

Tout élément d'aéronef doit être accompagné d'un document attestant de sa navigabilité. Les éléments d'aéronefs relatifs au circuit de frein (pièces détachées) fournis par Daher sont étiquetés d'un « tag jaune », navigable par dérogation.

Les sociétés CATS et Daher avaient signé le contrat d'entretien des CAP 10B de la marine avant la date d'obligation de mise en application des termes de la navigabilité, fixée au 6 mai 2013. À ce titre, elles ont bénéficié de dispositions transitoires, notamment en ce qui concerne les éléments provenant du stock fourni par l'état, ce qui explique que ces pièces aient été livrées à CATS sans document libératoire³⁰.

Par ailleurs, l'instruction FRA-145 précise que tout organisme d'entretien doit assurer un contrôle des pièces livrées et qu'il est en droit de les refuser. Les maitres-cylindres sont livrés à CATS sans qu'il soit possible de tracer leur vieillissement et sans contrôle interne des joints. Le bloc de frein est livré sans la pièce de butée qui, à l'achat chez le fabricant Cleveland, est pourtant incluse dans l'ensemble.

En qualité d'organisme d'entretien et en constatant une variation de qualité des pièces fournies par Daher, CATS aurait pu émettre des réserves auprès de son fournisseur.

Dans le processus d'envoi et réception du bloc de frein, chaque organisme d'entretien (CATS et Daher) aurait dû assurer un contrôle du bloc de frein comprenant la pièce de butée.

Dans le cadre du maintien de la navigabilité, l'organisme d'entretien CATS aurait pu refuser les pièces détachées dont il ne peut avoir la certitude qu'elles soient intègres.

2.3.3.14. Intervention de l'équipe des secours

Le chef de l'équipe de secours, les pompiers et le service médical ignorent la présence de matière carbone dans l'avion. Lorsque le chef des secours prend en charge l'équipage, il n'a pas conscience des risques liés à l'émanation de poussières de carbone.

L'équipe de secours et le service médical ignorent les risques liés au carbone contenu dans l'avion.

³⁰ Un document libératoire est associé à chaque pièce détachée d'aéronef. Ce document comporte le numéro de série de la pièce et indique tous les actes de maintenance qu'elle a reçus pour permettre à l'organisme d'entretien de s'assurer que les pièces ne compromettent pas la navigabilité de l'aéronef.

3. CONCLUSION

L'évènement est un incendie de l'avion au sol consécutif à l'échauffement du bloc de frein gauche.

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

Le moniteur, affecté pour une courte durée à l'escadrille, est peu expérimenté sur le CAP 10B.

Les particularités de roulage par fort vent de travers n'ont pas été abordées au briefing.

L'élève étant jugé sur son aptitude au roulage, il évite d'exprimer ses difficultés au moniteur.

Les pilotes de l'escadrille 50S banalisent les défaillances du circuit de frein.

Les moniteurs connaissent mal le circuit de frein sur CAP 10B.

Les pièces détachées proviennent d'un stock ancien, sans suivi de vieillissement.

Les maitres-cylindres étant stockés sans consigne particulière, ils peuvent présenter une fuite interne.

Les quatre maitres-cylindres du CAP 10 n° 111 ne sont pas identiques et présentent une dissymétrie de freinage.

La pièce de butée, qui n'est jamais vérifiée dans le programme d'entretien, est usée.

Les mécaniciens jugent sans référence précise le jeu dans les étriers.

Le phénomène de frottement s'était déjà produit avant l'évènement.

L'organisme d'entretien CATS n'a pas refusé des pièces du circuit de frein livrées incomplètes, alors que les principes de la navigabilité lui permettent de le faire.

Les pompiers ne disposent pas des équipements les plus récents et n'avaient pas fini de s'équiper en arrivant à proximité de l'avion.

L'équipe de secours ignore les risques liés au carbone contenu dans l'avion.

3.2. Causes de l'évènement

Les éléments suivants ont contribué à l'évènement :

- la banalisation des problèmes de frein conduisant à une absence de remontée de l'information ;
- la non application du bulletin de service conduisant à conserver des maitres-cylindres anciens sur les CAP 10B ;
- le cumul de plusieurs anomalies du circuit de freins à l'origine du maintien d'une pression résiduelle de frein à gauche et l'absence de critère de jugement de l'usure des maitres-cylindres et des blocs de frein ;
- l'absence de dépose et de contrôle de la pièce de butée, oubliée des deux organismes d'entretien ;
- la poursuite du roulage par le moniteur bien que sa pédale de frein gauche soit très molle ;
- le braquage de la gouverne de direction à l'opposé de l'attendu non identifié par l'équipage ;
- le carénage de roue favorisant l'élévation de température autour du bloc de frein ;
- le matériau de la tuyauterie du liquide de frein ne résistant pas à l'élévation de température et provoquant une fuite de liquide hydraulique en fondant ;
- le liquide de frein et les matériaux utilisés dans la composition du carénage de roue, fortement inflammables ;
- la non application par le moniteur de la check-list « fumée au sol » ;
- le vent favorisant la propagation de l'incendie à la cellule et à l'arrière du fuselage.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Formation des moniteurs de l'escadrille 50S

4.1.1.1. Connaissance du circuit de frein

La formation des moniteurs sur les circuits de l'avion est faite par un moniteur de l'escadrille et ne précise pas les fragilités du système ni les conséquences d'actions inappropriées sur les commandes. Sur d'autres bases, l'acculturation des pilotes aux systèmes de l'avion est faite par des mécaniciens, permettant l'acquisition d'une connaissance technique plus fine et actualisée de l'aéronef.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale d'associer les mécaniciens à la formation des moniteurs sur les circuits et systèmes du CAP 10B.

R1 – [M-2018-08-A]

4.1.1.2. Utilisation du système de frein

La conception du système de frein sur CAP 10B, muni d'un disque de petite taille et situé dans une zone peu ventilée ne permet pas d'absorber une grande quantité d'énergie. Il doit être utilisé comme un ralentisseur en complément d'une décélération naturelle de l'avion. De plus, les pièces qui le constituent sont de conception peu robuste, notamment les maitres-cylindres, et ne supportent pas une action en force. Le système doit être utilisé avec souplesse.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de rappeler aux pilotes de CAP 10B les particularités du circuit de frein et de leur imposer un usage adapté de ce système.

R2 – [M-2018-08-A]

4.1.1.3. Application des procédures d'urgence

Après avoir identifié un échauffement du bloc de frein gauche et une émanation de fumée, le moniteur n'a pas appliqué la check-list « fumée au sol ». Il a repris le roulage, au risque d'accentuer l'échauffement du frein.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de rappeler à ses équipages d'appliquer strictement les procédures d'urgence.

R3 – [M-2018-08-A]

4.1.2. Analyse des défaillances techniques sur CAP 10B

4.1.2.1. Absence de déclaration d'évènement aéronautique

L'absence de remontée d'informations concernant les défaillances du circuit de frein par l'escadrille n'a pas permis à l'autorité technique ou à CEAPR de prendre des mesures pour remédier à ces problèmes.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de rappeler aux équipages l'obligation de consigner sur le CRM tout défaut ou dysfonctionnement et de rédiger une déclaration initiale d'évènement lorsque le système de frein présente une anomalie.

R4 – [M-2018-08-A]

4.1.2.2. Absence de CRFT

Les techniciens de l'organisme d'entretien CATS n'ont pas rédigé de CRFT à destination de l'autorité technique ou de CEAPR.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CATS d'appliquer les exigences du contrat en rédigeant un CRFT lorsque l'un des circuits ou équipements cités dans cette documentation présente une anomalie.

R5 – [M-2018-08-A]

4.1.2.3. Identification des pannes récurrentes

Le bureau technique de CATS n'assure pas de suivi de la récurrence des pannes sur la flotte des CAP 10B. Ce suivi aurait permis de mettre en évidence la récurrence des défaillances de frein sur ce CAP 10B en particulier.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CATS, dans le cadre de la veille technique, d'étudier plus précisément la récurrence des pannes et des dépannages, et d'en tirer les conséquences.

R6 – [M-2018-08-A]

4.1.3. État des pièces constituant le circuit de frein

4.1.3.1. Vétusté des maitres-cylindres

Le maitre-cylindre gauche de la place droite, non réparé, a provoqué un maintien de la pression sur le bloc de frein. En l'absence de suivi de vieillissement des maitres-cylindres et de consignes précises du constructeur pour contrôler leur état interne, il est difficile de juger de leur état d'usure.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction de la maintenance de l'aéronautique (DMAé) de faire appliquer le bulletin de service n° 030404 recommandant le remplacement des maitres-cylindres d'origine par le modèle proposé par CEAPR.

R7 – [M-2018-08-A]

4.1.3.2. Caractéristiques internes des maitres-cylindres

Bien que le ressort recommandé pour les réparations des maitres-cylindres porte la même nomenclature que les anciens, il n'a pas la même raideur. Les maitres-cylindres ne présentent pas les mêmes caractéristiques internes selon qu'ils ont été réparés ou non, ce qui est susceptible de brouiller la compréhension de la situation par les équipages.

En conséquence, dans l'attente de la mise en œuvre de la recommandation R7-[M-2018-08-A], le BEA-É recommande :

à Daher de contrôler et de réparer tous les maitres-cylindres en stock en les équipant, notamment, du nouveau ressort.

R8 – [M-2018-08-A]

4.1.3.3. Remplacement de la pièce de butée

La pièce de butée, mise en place lors du remplacement de la voilure, n'a jamais été changée sur les CAP 10B de la marine. Daher ne la fournit pas avec l'étrier de frein. CATS ne démonte jamais cette pièce lors de la dépose du bloc de frein.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à Daher de proposer à CATS des blocs de frein comprenant la pièce de butée.

R9 – [M-2018-08-A]

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CATS de déposer le bloc de frein dans son ensemble, comprenant la pièce de butée, lors d'un échange standard.

R10 – [M-2018-08-A]

4.1.3.4. Contrôle de l'état des pièces du circuit de frein

Le plan d'entretien des CAP 10B ne demande pas de vérification de l'état d'usure de la pièce de butée, qui fait pourtant partie des pièces constituant le bloc de frein. Il est peu précis sur la vérification de l'état du bloc de frein. Pourtant, la documentation constructeur précise des points à surveiller avec des critères de contrôle et de mise au rebut.

À la lecture de cet évènement, il peut être intéressant d'envisager un plan d'entretien plus détaillé sur le contrôle des pièces du circuit de frein et de leur fixer une limite de fonctionnement maximale.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'autorité technique, en concertation avec CEAPR, de fixer des limites de fonctionnement maximales pour l'étrier de frein, la pièce de butée et les maitres-cylindres.

R11 – [M-2018-08-A]

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CEAPR d'apporter des précisions sur le contrôle de l'état des pièces, notamment de la pièce de butée, dans son programme recommandé d'entretien (PRE).

R12 – [M-2018-08-A]

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CATS de faire évoluer les cartes de travail des mécaniciens selon les préconisations du constructeur pour accentuer le contrôle de l'état d'usure de l'étrier de frein et de la pièce de butée.

R13 – [M-2018-08-A]

4.1.3.1. Identification des pièces de rechange

L'absence de numéro de série sur les pièces détachées du circuit de frein ne permet pas le suivi du vieillissement de ces pièces.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CATS de demander à son fournisseur de mettre en place un système d'identification et de suivi des pièces.

R14 – [M-2018-08-A]

4.1.3.2. Inflammabilité des matériaux

Le matériau du carénage de roue est particulièrement inflammable alors qu'il est situé dans une zone susceptible de subir un échauffement. La peinture appliquée sur ces carénages accentue encore ce risque.

Le matériau employé pour la tuyauterie du liquide de frein est peu résistant à la chaleur et fond à basse température. Ceci est susceptible de provoquer une fuite de liquide en cas d'échauffement du bloc de frein.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à CEAPR de proposer une référence de tuyauterie plus résistante à l'élévation de température.
R15 – [M-2018-08-A]

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de remplacer les carénages de roues existants par un modèle actuel, plus résistant à l'inflammation et dont le profil enveloppe moins la roue.
R16 – [M-2018-08-A]

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

4.2.1. Connaissance des risques par les pilotes

L'enquête a mis en évidence que l'instruction permanente de sécurité des vols³¹ applicable au CAP 10M, documentation de référence pour les pilotes, n'aborde pas le risque d'incendie au sol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale d'ajouter un paragraphe concernant les risques d'incendie au sol dans le chapitre « situation de détresse » de l'instruction permanente de sécurité des vols.
R17 – [M-2018-08-A]

4.2.2. Enrichissement de la check-list

La check-list « fumée ou feu au sol » est générale pour tous les types d'incendie. En cas de suspicion d'échauffement du frein, il n'est pas recommandé de ne pas utiliser les freins.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de préciser sur la check-list d'éviter d'utiliser les freins en cas d'échauffement de frein.
R18 – [M-2018-08-A]

³¹ Instruction permanente n° 81.3.62 ALAVIA/MDRA/NP.

4.2.3. Débriefing de la formation moniteur

L'exploitation des fiches de débriefing de la formation du moniteur n'a pas permis de comprendre les instructions qu'il avait reçues sur le roulage et sur l'utilisation du système de frein. Ces fiches de débriefing ne donnent aucune précision sur les exercices abordés.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de mettre en place des fiches de débriefing détaillées pour toutes les formations, au sein de la 50S, y compris pour celle des moniteurs, et de standardiser leur exploitation.

R19 – [M-2018-08-A]

4.2.4. Contrat avec la société CATS

Le contrat signé entre la SIMMAD, devenue DMAé, et CATS stipule qu'en cas de destruction d'un aéronef, les responsabilités seront recherchées en fonction des conclusions de l'enquête de sécurité du BEA-É. Cette clause est totalement contraire aux traités internationaux, ainsi qu'aux lois et aux règlements relatifs aux enquêtes de sécurité.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DMAé de modifier le contrat pour faire disparaître la clause faisant référence à la recherche de responsabilités à partir des rapports du BEA-É.

R20 – [M-2018-08-A]

4.2.5. Formation et équipement de l'équipe de secours

4.2.5.1. Equipement des pompiers

Malgré un entraînement rigoureux et une réactivité immédiate lors de l'évènement, les pompiers n'avaient pas terminé de revêtir leur équipement complet à leur arrivée sur les lieux de l'incendie. En effet, le temps de pose des équipements de protection respiratoire, de conception ancienne, est proche de deux minutes, notamment lorsque le personnel est déjà dans les véhicules. Un temps précieux a alors été perdu pour lutter contre l'incendie.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de doter ses équipes de secours de tenues permettant un équipement plus rapide.

R21 – [M-2018-08-A]

4.2.6. Connaissance des dangers par les équipes de secours

Lors de leur intervention sur l'incendie, les pompiers de la BAN ignoraient la présence d'un réservoir à l'arrière de l'avion. Ils ont été surpris par l'explosion de ce réservoir. De plus, les services de secours ignoraient la présence de carbone dans la voilure et n'ont donc pas pris les mesures de sécurité adaptées.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la marine nationale de s'assurer que les équipes de secours sur les BAN et sur les bâtiments porte-hélicoptères connaissent les dangers liés aux aéronefs sur lesquels ils sont susceptibles d'intervenir.

R22 – [M-2018-08-A]

ANNEXES

Annexe 1 EXTRAIT DU PROGRAMME D'ENTRETIEN CAP 10	53
Annexe 2 CARTE D'AÉRODROME LANVÉOC-POULMIC	54
Annexe 3 EXTRAIT DU BULLETIN DE SERVICE N° 030404.....	55
Annexe 4 EXTRAIT DE LA CHECK LIST PILOTES MCE AN111	56
Annexe 5 EXTRAIT DE L'INSTRUCTION MINISTÉRIELLE FRA-145	57
Annexe 6 EXTRAIT DE L'INSTRUCTION N° 2011-161278/DEF/DGA/DT/ST/DGA-IP/ASA	58

ANNEXE 2
CARTE D'AÉRODROME LANVÉOC-POULMIC

CARTE D'AERODROME

MIL fermé à la CAP

LANVEOC POULMIC

AD2 LFRL MIL A

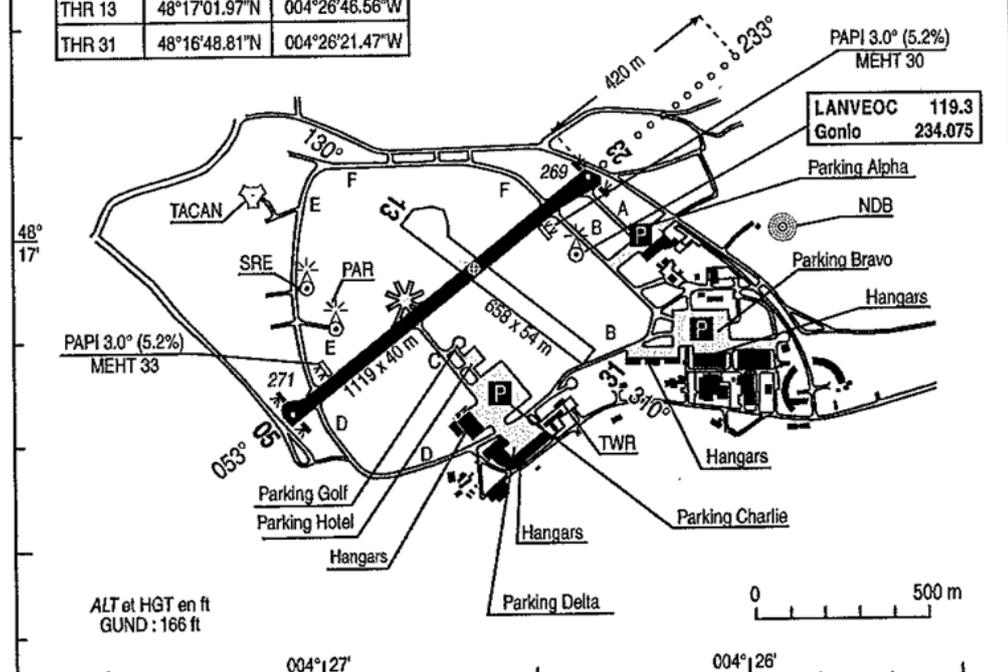
ALT AD : 287 (11 hPa)

21 JUN 18

48 16 57 N - 004 26 37 W

ATIS LANVEOC : 143.475 LANVEOC SOL : 121.9	AVT : HOR ATS F18 - F34 O133-O135-O138-O150-O156 O159-H515	BDP/BIA : HOR ATS ☎ 02.98.23.30.11	VAR 2° W (15)
---	---	------------------------------------	---------------------

TYPE	LATITUDE	LONGITUDE
THR 05	48°16'43.05"N	004°27'03.43"W
THR 23	48°17'05.78"N	004°26'21.18"W
THR 13	48°17'01.97"N	004°26'46.56"W
THR 31	48°16'48.81"N	004°26'21.47"W



RWY	BALISAGE		DISTANCES DECLAREES				NAT.	RESI.	MINIMUMS TKOF (RVR en m)			
	APPROCHE	PISTE	TORA	TODA	ASDA	LDA			CAT A	CAT B	CAT C	CAT D
05	NIL	HI	1119	1119	1119	1119	Revêtu	250	250	250	-	
23	HI	HI	1119	1119	1119	1119	13 F/C/W/T	250	250	250	-	
13	NIL	NIL	658	658	658	658	-	-	-	-	-	
31	NIL	NIL	658	658	658	658	-	-	-	-	-	

DEPARTS OMNIDIRECTIONNELS

RWY 05 : Monter RM 053° jusqu'à 1300 (1013), puis route directe en montée jusqu'à l'altitude minimale de sécurité en route.
Ne pas tourner avant la DER.
RWY 23 : Monter RM 233° jusqu'à 1300 (1013), puis route directe en montée jusqu'à l'altitude minimale de sécurité en route.
Ne pas tourner avant la DER.

<p>BALISAGE : RWY 05/23 : Seuil V TWY PRKG : BL ATS : Lun/Jeu 0700/1530 Ven 0700/1430 Sam/Dim/JF O/R avant 1400 le dernier jour ouvrable (ETE - 1H).</p>	<p>OBSERVATIONS : TWY D réservé aux aéronefs basés. Si RVR < 550 m, la circulation des A/C, au DEP ou à l'ARR, de ou vers le PRKG CHARLIE, ne s'effectue que sur le TWY C. Seul le TWY C est utilisable par les aéronefs de code supérieur à A. Roulage prudent sous surveillance renforcée de la part des équipages des aéronefs de code supérieur à B. Restriction roulage: voir carte MOUVEMENTS A LA SURFACE</p>
---	--

DIRCAM

AMDT 08/18 CHG : Révision.

ANNEXE 3
EXTRAIT DU BULLETIN DE SERVICE N° 030404



030404

APEX Aircraft Bureau de Navigabilité 1, route de Troyes 21121 D'ARROIS - France Tel +33 380 35 65 10 Fax +33 380 35 65 15 www.apex-aircraft.com	BULLETIN SERVICE N° 030404
CAP10B - Atterrisseur - Maître-cylindre de frein	ATA : 32
Annulé et remplacé : sans objet	

APPLICABILITE

Modèles	Numéro de série
CAP10B	Tous sauf n/s 300

Pour information: la modification correspondant à ce Bulletin Service a été appliquée sur le CAP10B n/s 300.

CLASSEMENT

RECOMMANDE

DELAI D'APPLICATION

En cas de besoin.

RAISON

Améliorer la fiabilité du système de freinage en montant un autre modèle de maîtres-cylindres.

DESCRIPTION

Ce BS fournit la procédure de mise en place des maîtres-cylindres « nouveau modèle ».

APPROBATION

Ce Bulletin Service correspond à la modification MINEURE 030404 qui a été approuvée par l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne AESA.

MCE AN111

FUMEE OU FEU

FUMEE OU FEU AU SOL

- 1- Arrêter l'avion
 - 2- Robinet carburant Fermé
 - 3- Freiner fortement
 - 4- Mélange Plein Riche
 - 5- Puissance Plein gaz
- Après arrêt du moteur
- 6- Contacts magnétos Coupés, clé retirée
 - 7- Contact général Coupé
 - 8- **U10** EVACUATION AU SOL

ANNEXE 5
EXTRAIT DE L'INSTRUCTION MINISTÉRIELLE FRA-145

FRA-145.A.60. Compte rendu d'événements.

- a) L'organisme rapporte à l'autorité technique, à l'organisme de gestion du maintien de la navigabilité, à l'autorité de sécurité aéronautique d'Etat, au détenteur du certificat type et/ou détenteur du certificat de type supplémentaire (STC) et/ou détenteur d'un certificat spécifique équipements tout état de l'aéronef ou de l'élément d'aéronef, tout défaut constaté par l'organisme qui a provoqué ou peut provoquer une condition qui porte atteinte à la sécurité des vols.
- b) L'organisme établit un système interne de comptes-rendus d'événements tel que détaillé dans le manuel des spécifications de l'organisme d'entretien permettant de recueillir et d'évaluer ces comptes-rendus, y compris d'évaluer et d'extraire les événements à rapporter conformément au paragraphe a). Cette procédure identifie les tendances négatives, les actions correctives entreprises ou à entreprendre par l'organisme pour signaler des déficiences et inclure une évaluation de toutes les informations pertinentes connues relatives à ces événements et une méthode pour faire circuler les informations si nécessaire.
- c) L'organisme effectue ces comptes-rendus, selon une procédure établie par l'autorité technique et s'assure qu'ils contiennent toutes les informations pertinentes relatives à l'état et aux constats d'évaluation connus de l'organisme.
- d) Lorsque l'organisme agit, par ordre ou par contrat, pour le compte d'un organisme de gestion du maintien de la navigabilité pour effectuer l'entretien, l'organisme rapporte également à l'organisme de gestion du maintien de la navigabilité tout état affectant l'aéronef ou un élément de l'aéronef, tout défaut constaté par l'organisme qui a provoqué ou peut provoquer une condition qui porte atteinte à la sécurité des vols.
- e) L'organisme produit et soumet ces comptes rendus dès que possible, et en tout état de cause dans les 72 heures après que l'organisme a identifié l'état faisant l'objet du rapport.

ANNEXE 6
EXTRAIT DE L'INSTRUCTION N° 2011-161278/DEF/DGA/DT/ST/DGA-IP/ASA

précisant, pour les aéronefs militaires et les aéronefs appartenant à l'Etat et utilisés par les services de douanes, de sécurité publique et de sécurité civile, les événements techniques devant être portés à la connaissance des détenteurs de certificats de type, des détenteurs de certificats de type supplémentaires, des équipementiers et de l'autorité technique.
Du 31 mai 2011

LISTE DES ÉVÉNEMENTS TECHNIQUES DEVANT ÊTRE PORTÉS À LA CONNAISSANCE DE L'AUTORITÉ TECHNIQUE.

GÉNÉRALITÉS.

Un événement technique (événement relatif à des pannes, des mauvais fonctionnements ou des défauts de tout produit, pièce ou équipement) doit être porté à la connaissance de l'autorité technique lorsque celui-ci peut conduire à une situation à risque.

...

COMPORTEMENT GLOBAL DE L'AÉRONEF.

a) perte de contrôle ou difficulté à contrôler l'aéronef pouvant avoir pour origine un fonctionnement anormal de l'aéronef ou des qualités de vol en écart par rapport à celles certifiées ;

...

j) survenue répétée d'un type déterminé d'événements qui, pris isolément, ne seraient pas considérés comme devant être signalés mais qui, compte tenu de leur fréquence, constituent un risque potentiel ;

...

3.12. Trains/freins/pneus.

a) incendie de frein ;

b) importante perte de freinage ou freinage intempestif ;

c) déviation importante de la trajectoire due à un freinage dissymétrique ou à un problème de dirigeabilité liés à une défaillance de matériel ;

d) panne du système de descente du train secours (y compris lors d'essais programmés) ;

e) sortie/reentrée intempestive du train ou des trappes de train ;

f) éclatement d'un ou de plusieurs pneus.