

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2019-08-A

Date de l'évènement
Lieu
Type d'appareil
Organisme

25 juillet 2019
Aéroport de Perpignan-Rivesaltes (Pyrénées-Orientales)
Alphajet
Armée de l'air

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'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

CRÉDITS

	Patrouille de France	Page de garde
Figures 1 à 5	BEA-É	10 à 12
Figure 6	Monsieur Pierre Parera	13
Figures 7 et 8	BEA-É	15 et 16
Figures 9 à 17	DGA TA	17 à 20
Figures 18 et 19	BEA-É	21
Figures 20 à 22	DGA TA	21 et 22
Figure 23	BEA-É	23
Figure 24	DGA EV et BEA-É	24
Figure 25	DGA EV	24

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur le pilote	8
1.6. Renseignements sur l'aéronef.....	8
1.7. Conditions météorologiques	9
1.8. Télécommunications	9
1.9. Renseignements sur l'aéroport	9
1.10. Enregistreurs de bord.....	9
1.11. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef.....	10
1.12. Renseignements médicaux du pilote.....	12
1.13. Incendie	12
1.14. Questions relatives à la survie de l'occupant et à l'organisation des secours	13
1.15. Essais et recherches	14
1.16. Renseignements sur les organismes.....	14
1.17. Renseignements supplémentaires	15
2. Analyse.....	17
2.1. Expertises techniques.....	17
2.2. Séquence de l'évènement.....	25
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	25
3. Conclusion	31
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Causes de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	33

GLOSSAIRE

BA	Base aérienne
CAPs	<i>Critical action procedures</i> , procédures d'actions vitales
CPIP	Consignes permanentes d'instruction du personnel navigant
DGA EV	Direction générale de l'armement - Essais en vol
DGA TA	Direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques
EQPAA	Equipe de présentation de l'armée de l'air
ESTA	Escadron de soutien technique aéronautique
PAF	Patrouille de France
PEA	Plan d'entretien approuvé
RD	Route départementale
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
SSLIA	Service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes
UHF	<i>Ultra high frequency</i> , ultra haute fréquence
VHF	<i>Very high frequency</i> , très haute fréquence

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : jeudi 25 juillet 2019 à 11h15

Lieu de l'évènement : aéroport de Perpignan-Rivesaltes (Pyrénées-Orientales)

Organisme : armée de l'air

Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)

Unité : équipe de présentation de l'armée de l'air (EQPAA)

Aéronef : Alphajet n° 146 immatriculé FUHRR

Nature du vol : manifestation aérienne

Nombre de personnes à bord : 1

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le jeudi 25 juillet 2019, la Patrouille de France (PAF) réalise un vol de reconnaissance d'axe au large de Saint-Cyprien afin de préparer une manifestation aérienne qui doit se tenir l'après-midi. À l'issue de ce vol, la PAF atterrit sur l'aéroport de Perpignan-Rivesaltes vers 11h15. Pendant la phase de décélération, le pilote de l'Alphajet n° 146 constate une perte de freinage à gauche. Il est dans l'incapacité d'arrêter l'avion et sort de piste en bout de bande. À l'approche de la route départementale (RD) 117 qui longe au nord l'aéroport, et ne pouvant toujours pas stopper l'avion, il s'éjecte. L'avion est finalement immobilisé juste avant la RD 117, par le parapet de celle-ci. Le pilote retombe au sol au-delà de cette RD. Il est blessé. L'avion est fortement endommagé.

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) ;
- un expert technique du BEA-É ;
- un officier pilote ayant une expertise sur Alphajet ;
- deux sous-officiers mécaniciens ayant une expertise sur Alphajet ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique ;
- un expert parachutiste de la direction générale de l'armement - Essais en vol (DGA EV) ;
- un enquêteur de première information (EPI).

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques (DGA TA).

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne générale (CAG)

Type de mission : manifestation aérienne

Dernier point de départ : base aérienne (BA) 701 de Salon-de-Provence (LFMY)

Heure de départ : 10h05

Point d'atterrissage prévu : aéroport de Perpignan-Rivesaltes (LFMP)

1.1.1.1. Déroulement

1.1.1.1.1. Préparation du vol

Les pilotes de la PAF embauchent vers 8h30 le matin de l'évènement. À 9h05, ils se regroupent pour le briefing pré-vol. Celui-ci est précisément formaté. Certains pilotes sont en charge d'un thème particulier.

Pendant ce temps, un autre pilote des EQPAA décolle de Salon-de-Provence à 8h30 à bord d'un Alphajet. Il se pose sur l'aéroport de Perpignan-Rivesaltes à 8h50 et rejoint ensuite en véhicule le « point central »¹, lieu médian de l'axe de la présentation à Saint-Cyprien, afin d'assurer une coordination par radio UHF entre le sol et la PAF.

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

À la mise en route à Salon-de-Provence, le leader récupère les informations météorologiques sur l'axe d'entraînement grâce au pilote présent au « point central ».

Les huit Alphajet décollent de Salon-de-Provence à 10h05. Le créneau d'entraînement sur l'axe est prévu de 10h45 à 11h20. Après la reconnaissance d'axe, ils se présentent pour l'atterrissage en piste 33 sur l'aéroport de Perpignan-Rivesaltes à 11h15. Le pilote au « point central » transmet les informations météorologiques utiles à l'atterrissage au leader par radio UHF.

L'ordre d'atterrissage des huit Alphajet, par numéro d'indicatif Athos, est : 8, 6, 5, 7, 2, 4, Leader et 3. Les pilotes se posent alternativement sur la demi-bande gauche et droite et réalisent un test frein. Ceux de droite se rabattent ensuite sur la demi-bande gauche une fois que le pilote qui se pose juste derrière, sur la demi-bande gauche, a réalisé et annoncé à la radio son test frein.

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

Le pilote de l'Alphajet n° 146 se pose sur la demi-bande droite à une vitesse d'environ 130 nœuds². Une fois au sol, il vérifie par deux fois le bon fonctionnement de ses freins et l'annonce à la radio sur la fréquence inter-patrouille. Lorsque le pilote qui se pose juste derrière annonce qu'il a vérifié le bon fonctionnement de ses freins, le pilote de l'Alphajet n° 146 se rabat sur la demi-bande gauche et laisse rouler son avion en vue de prendre la *taxiway* en fin de piste. L'avion ralentit alors sans freinage vers une vitesse d'environ 50 nœuds.

Lorsque le pilote de l'Alphajet n° 146 sollicite à nouveau ses freins, il constate l'inefficacité du frein gauche, en normal et en secours. Seul le frein droit fonctionne, ce qui le déporte sur la demi-bande droite. Il est alors dans l'incapacité de freiner son avion et annonce « problème de freins » sur la fréquence inter-patrouille. L'avion dépasse les avions qui le précèdent. Les pilotes de ces avions voient des flammes sortir du frein gauche de l'Alphajet n° 146. L'un d'eux lui annonce que son train est en feu.

Arrivant en fin de piste, le pilote de l'Alphajet n° 146 sort de la bande roulable et poursuit sur 300 mètres. Il est toujours dans l'incapacité d'arrêter l'avion, qui franchit le grillage de l'aéroport. Il s'éjecte en voyant un dévers et deux RD situées sur sa trajectoire. L'avion continue sur une cinquantaine de mètres. Il traverse la RD 614, grimpe sur un talus entre les deux RD puis s'immobilise contre le parapet de la RD 117.

¹ Le premier rôle du pilote présent au point central est de garantir la sécurité des vols lors des évolutions de la patrouille, notamment en cas de panne. Il est en charge d'assurer la coordination entre les avions en vol et les différents intervenants aéronautiques environnants (contrôleurs, météorologues, pompiers, organisateurs, etc). Son second rôle est d'assurer le débriefing des évolutions en direct.

² Un nœud vaut environ 1,852 km/h.

Le pilote de l'Alphajet n° 146 se pose sous voile environ 200 mètres plus loin, hors de l'enceinte de l'aéroport et au-delà des deux RD. Il est rapidement pris en charge par les secours. Les pompiers de l'aéroport interviennent en quelques minutes pour éteindre l'incendie qui démarre au niveau de l'avion et aux abords de la piste.

1.1.2. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Pyrénées-Orientales
 - commune : Rivesaltes
 - coordonnées géographiques : N 42°45'62"/E 002°51'16"
 - hauteur du lieu de l'évènement : au sol
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Perpignan-Rivesaltes

1.2. Dommages corporels

Le pilote est gravement blessé des suites de l'éjection.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'aéronef est fortement endommagé.

1.4. Autres dommages

L'avion a traversé la clôture de l'aéroport, l'endommageant sur plusieurs mètres.

1.5. Renseignements sur le pilote

- Âge : 38 ans
- Unité d'affectation : EQPAA
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet
Total (h)	3 120	1 050	134	134	35	35

- Date du précédent vol sur Alphajet : 22 juillet 2019

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement d'appartenance : CFA
- Aérodrome de stationnement : BA 701 de Salon-de-Provence
- Unité d'affectation : EQPAA

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Alphajet	146	6 606	914 Visite 1 000 h le 02/09/2014	92 Graissage « G » le 10/04/2019
Moteur gauche	Larzac 04-C6	41177	3 667	/	/
Moteur droit	Larzac 04-C6	42159	5 259	/	/

1.6.1. Maintenance

La maintenance de niveau technique d'intervention 1 (NTI 1) des Alphajet est réalisée par les services techniques de la PAF. Les dépannages sont réalisés par l'équipe de dépannage. La mise en œuvre journalière des avions est réalisée par l'équipe de piste.

Les dépannages de niveau technique d'intervention 2 (NTI 2) ne sont pas réalisés par les services techniques de la PAF mais par l'escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) de Cazaux.

1.6.2. Performances

Compte tenu de la masse et des conditions de température et d'altitude de vol, l'appareil avait des performances compatibles avec la réalisation du vol.

La distance calculée de roulement était, dans les conditions du jour, d'environ 1 800 mètres.

1.6.3. Masse et centrage

- Masse à l'atterrissage : environ 3 850 kilogrammes
- Le centrage est dans les normes

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 1 960 litres
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 410 litres

1.6.5. Autres fluides

- Type de liquide hydraulique utilisé : H515
- Quantité d'hydraulique au décollage : cette quantité n'est pas reportée dans la documentation technique de l'avion ; elle n'est donc pas connue précisément.

1.7. Conditions météorologiques

La température est de 30 °C. Le ciel est clair, il n'y a pas de précipitation. La piste est sèche.

Le contrôleur donne plusieurs informations de vent pour l'atterrissage : les premières informations font état d'un vent du 100° de 6 à 15 nœuds ; la dernière information donne un vent du 80° pour 8 nœuds.

1.8. Télécommunications

L'Alphajet est équipé de deux boîtiers radio, un boîtier VHF et un boîtier UHF. Lors de l'évènement, le boîtier UHF est utilisé pour assurer les contacts inter-patrouille et le boîtier VHF est utilisé par le leader pour contacter les organismes de contrôle aérien.

1.9. Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport de Perpignan-Rivesaltes est un aéroport international, situé au nord de Perpignan. Son altitude de référence est de 144 pieds. Il dispose de deux pistes. La piste principale est la piste 15/33. Elle fait 2 500 mètres de long sur 45 mètres de large.

Le niveau SSLIA (service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes) est de niveau 7³.

1.10. Enregistreurs de bord

L'Alphajet n° 146 n'est pas équipé d'enregistreur de vol.

³ Au niveau 7, le SSLIA doit disposer d'au moins deux camions, quatre pompiers et un chef de manœuvre.

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

1.11.1. Examen de la zone de l'évènement

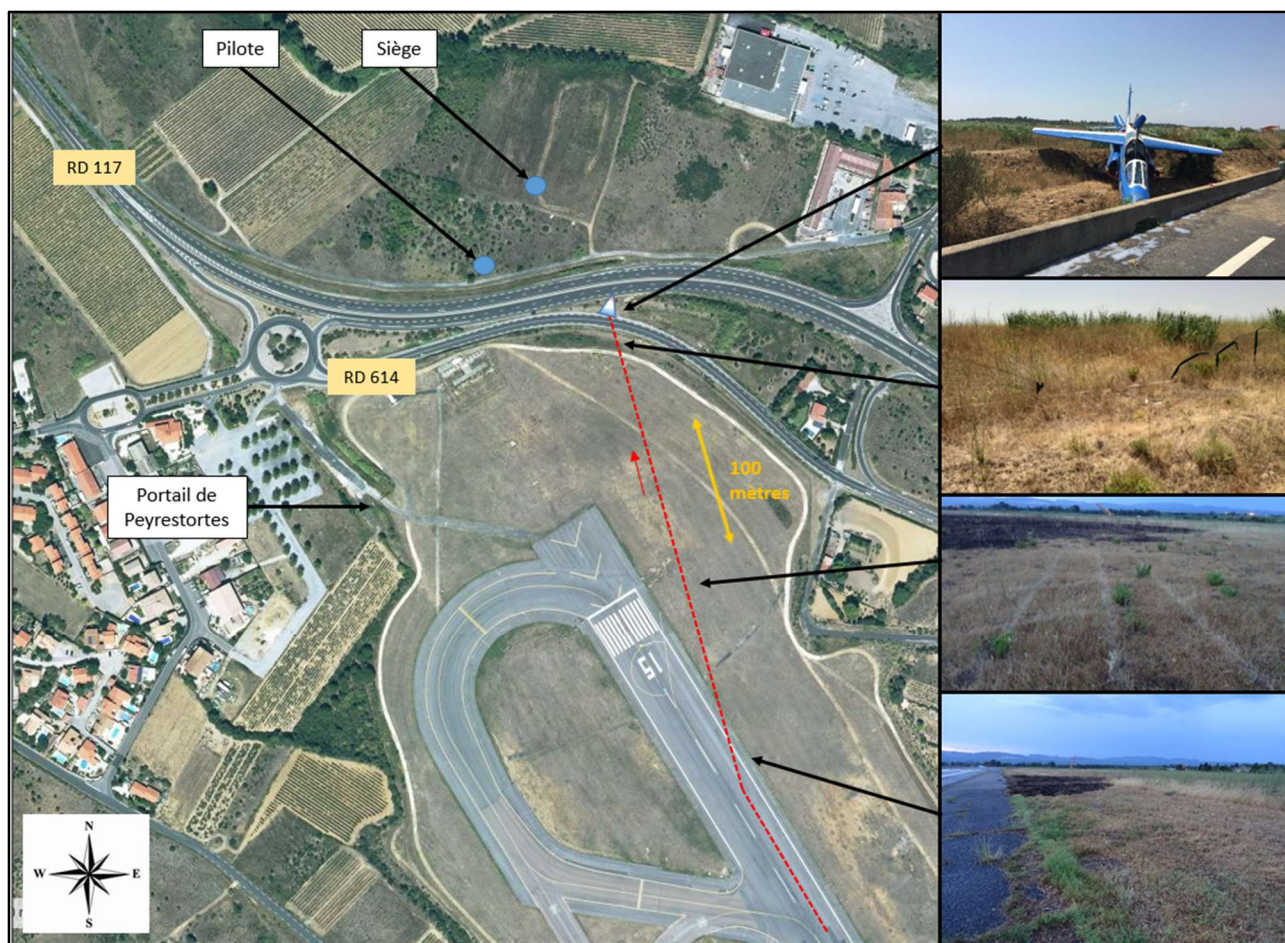


Figure 1 : vue générale de la zone de la sortie de piste

Des traces de roue ainsi que des traces d'incendie sont visibles sur la trajectoire de l'avion entre la piste et la clôture de l'aéroport. Sur cette portion, le terrain est en légère pente. Celle-ci s'accroît fortement sur les derniers mètres.

L'Alphajet a traversé la clôture de l'aéroport, l'endommageant sur plusieurs mètres.

Des traces de roue sont visibles sur le talus entre les deux RD ainsi que des traces de frottement sur la RD 614.

Des traces d'incendie sont visibles également là où l'avion s'est immobilisé.

En revanche, aucune trace ni débris n'est retrouvé sur la piste.

1.11.2. Examen de l'aéronef

1.11.2.1. Examen de la cellule

L'avion est très fortement endommagé. Il présente les dégâts suivants :

- le nez est enfoncé ;
- le train auxiliaire est plié ;
- le bloc de frein gauche est brûlé et présente des traces de fuite de liquide hydraulique.



Figure 2 : vue de l'aéronef



Figure 3 : détails de la roue gauche

L'avion est retrouvé dans la configuration aérofreins « sortis » et volets « sortis ».

Suite à l'éjection, la verrière avant est brisée et le canon du siège éjectable est sorti. Le siège est retrouvé au-delà de la RD 117. La commande de rappel de harnais est en position « bloqué », conformément à la procédure d'atterrissage.

1.11.2.2. Examen du cockpit

À l'intérieur du cockpit, en place avant, l'équipe d'enquête constate que :

- la poignée de frein secours est tirée et bloquée en position frein de parking ;
- le Modistop, système antidérapant du circuit de freinage, est en position ON ;
- les manettes des gaz sont en position « arrêt » ;
- la barrette de crash est abaissée ;
- sur la platine de démarrage, les bougies, les pompes carburant et les coupe-feux sont coupés.

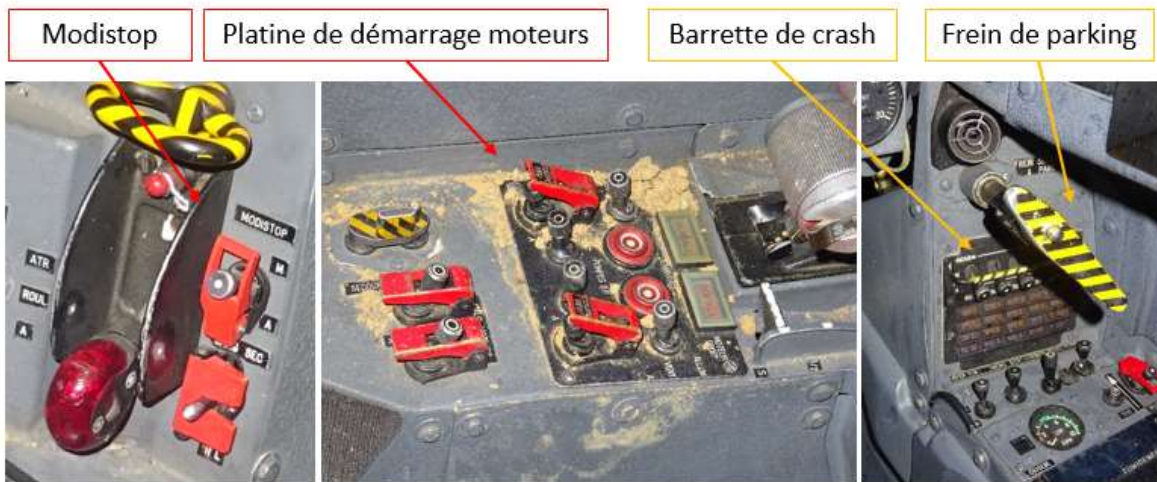


Figure 4 : détails du cockpit

1.11.2.3. Examen du circuit hydraulique

La quantité de liquide hydraulique dans la bête du circuit normal est de 4,3 litres. La bête du circuit secours est vide. Il n'y a aucune trace de fuite hydraulique autre que celle détectée au niveau du bloc de frein gauche.

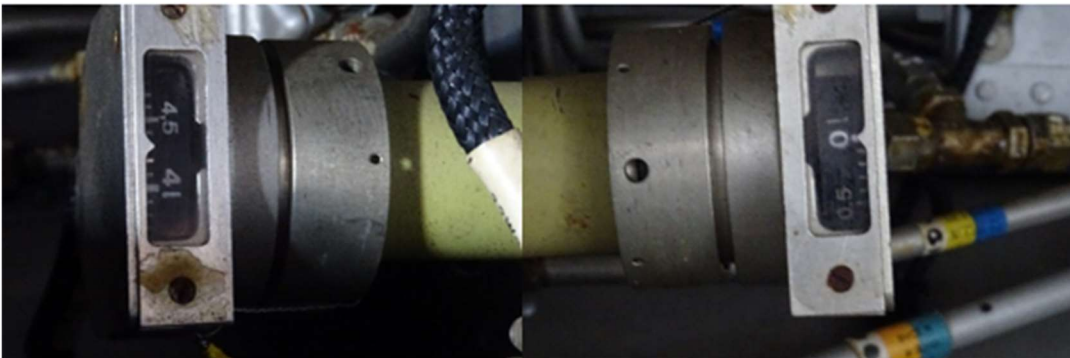


Figure 5 : indicateurs de quantité d'hydraulique : bêtes du circuit normal (à gauche) et du circuit secours (à droite)

1.12. Renseignements médicaux du pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité (VSU) : 17 juin 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : traumatisme du rachis de type fracture-tassement vertébral et traumatisme de l'épaule

1.13. Incendie

Plusieurs incendies ont démarré le long de la trajectoire hors de la piste de l'avion ainsi que sur la zone d'immobilisation de celui-ci. À l'arrivée des pompiers, le bloc de frein gauche était encore en feu. Ces incendies ont été maîtrisés par les pompiers de l'aéroport.

1.14. Questions relatives à la survie de l'occupant et à l'organisation des secours

1.14.1. Éjection



Figure 6 : photo de l'éjection prise par un *spotter*

- Type de siège éjectable : Martin Baker MK 10 LN-1 n° 127
- Données morphologiques :
 - taille : 1,85 m
 - poids : 80 kilogrammes
- Éléments au moment de l'éjection :
 - hauteur : au sol
 - vitesse : environ 40 nœuds
- Conséquences : le pilote est gravement blessé

La séquence d'éjection est initiée par l'activation de la poignée d'éjection. Seul le siège avant est éjecté car il n'y a pas de séquenceur sur l'Alphajet. La découpe de la verrière avant s'effectue correctement.

Lors de l'éjection, le pilote perd sa chaussure gauche.

La séparation siège/pilote se déroule de façon nominale.

Le pilote n'a pas eu le temps de libérer le paquetage de survie.

La descente sous voile dure environ quatre secondes et demi.

1.14.2. Organisation des secours

À 11h16mn44s, le leader demande sur la fréquence de la tour de contrôle « les pompiers pour une sortie de piste immédiate ». Le contrôleur actionne alors la sirène servant à prévenir le SSLIA. Les pompiers partent de leur base moins d'une minute plus tard. Il leur faut environ 1 minute et demi pour remonter la piste et atteindre la zone de l'évènement. Ils sont contraints de sortir de la limite de l'aéroport par un portail situé au nord, dit « portail de Peyrestortes » (Cf. figure 1), pour rejoindre la RD 614. À 11h20mn09s, ils demandent l'autorisation d'emprunter ce portail. Ils sortent en zone voisine de l'aéroport (ZVA), vers 11h21mn54s. Ils arrivent au niveau de l'avion 6 à 8 minutes après la première annonce du leader.

Une équipe se charge d'éteindre l'incendie qui s'est déclenché sur la zone tandis qu'une autre équipe rejoint le pilote. Ils demandent également le renfort du service départemental d'incendie et de secours (SDIS), de la gendarmerie et du SAMU.

À l'arrivée du SDIS, les pompiers de l'aéroport retournent vers la piste pour éteindre les feux de broussailles qui se sont déclenchés sur la trajectoire de sortie de piste de l'Alphajet.

1.14.3. Intervention à l'intérieur des *cockpits*

Une fois la situation maîtrisée, les pompiers entendent que des pompes sont toujours en fonctionnement⁴. Ils décident de les arrêter. Ne connaissant pas l'avion, un pompier est aidé par le commissaire militaire présent sur place et qui connaît l'Alphajet.

Ce dernier se charge de terminer la coupure du moteur. Il positionne :

- la manette des gaz gauche sur « arrêt » ; en effet, celle-ci était en position « plein réduit » ou en position « allumage »⁵ ;
- les bougies sur « VENT.⁶ » ;
- les coupe feux et les pompes carburant basse pression sur « arrêt ».

Ensuite, le commissaire militaire demande au pompier d'abaisser la barrette de crash située à droite dans le *cockpit* avant, juste en dessous de la poignée du frein de secours.

Aucune action n'est réalisée dans le *cockpit* arrière.

1.15. Essais et recherches

Le balancier et la roue gauche sont démontés pendant que l'avion est stocké provisoirement dans un hangar situé sur l'aéroport de Perpignan-Rivesaltes.

Les circuits hydrauliques de l'avion, une fois le balancier et la roue gauche démontés, sont testés. Aucune anomalie n'est constatée. Un échantillon du liquide hydraulique du circuit principal est prélevé.

Le balancier et le liquide hydraulique sont expertisés par DGA TA.

1.16. Renseignements sur les organismes

La PAF est la patrouille acrobatique officielle de l'armée de l'air française créée en 1953. Elle est stationnée sur la BA 701 de Salon-de-Provence.

Composée notamment de 9 pilotes et d'une quarantaine de mécaniciens, elle partage son emploi du temps entre la saison hivernale (entraînements), et la saison estivale (manifestations aériennes). Elle met en œuvre depuis 1981 des Alphajet spécialement préparés. Les démonstrations en vol sont réalisées avec 8 appareils.

⁴ Il s'agit des pompes à carburant.

⁵ Le témoin ne se souvient plus de la position exacte de la manette de gaz gauche. Elle était sur une de ces deux positions mais plus probablement en position « plein réduit ».

⁶ « VENT. » : ventilation.

1.17. Renseignements supplémentaires

1.17.1. Circuit de freinage

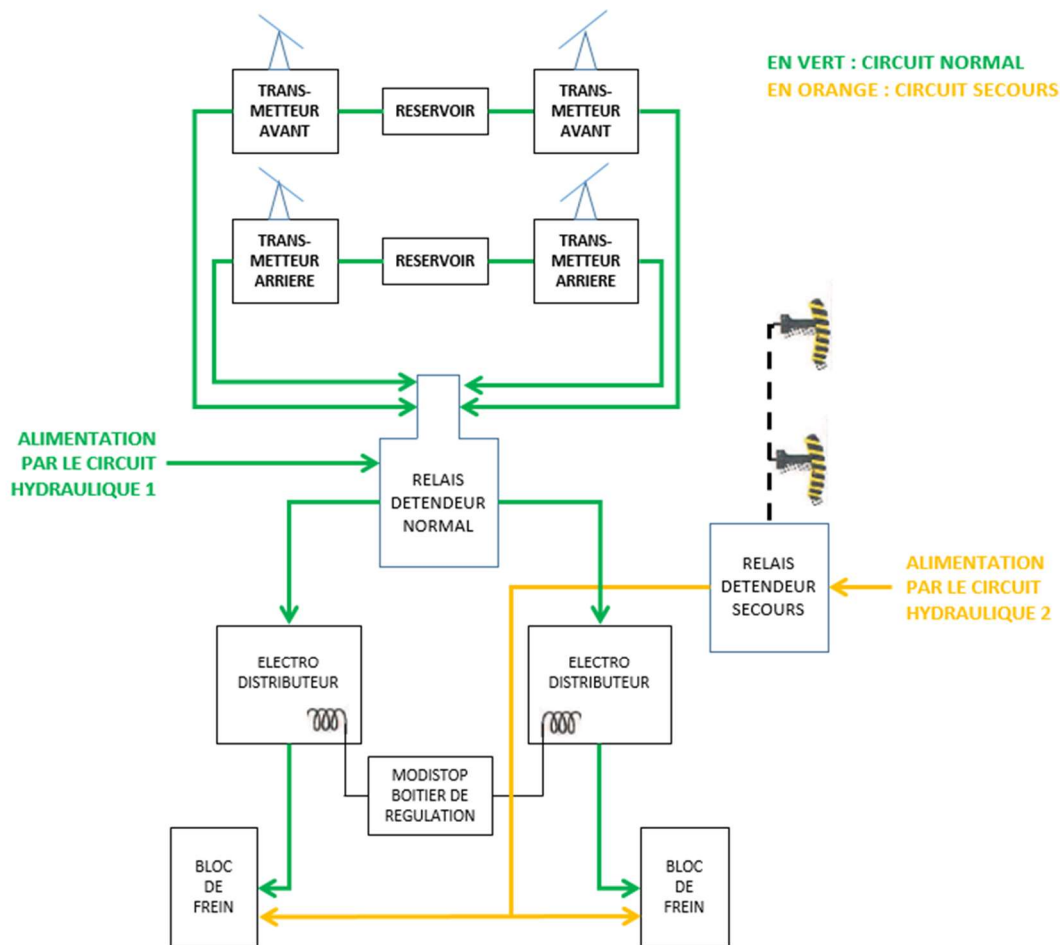


Figure 7 : schéma simplifié du circuit de freinage

Le système de freinage de l'Alphajet comporte deux circuits indépendants : un circuit de freinage normal (en vert) et un circuit de freinage secours (en orange). Chacun agit sur quatre des huit pistons des blocs de frein (Cf. § 1.17.2. page suivante).

1.17.1.1. Circuit de freinage normal

Le circuit de freinage normal est alimenté par le circuit hydraulique 1. Il est commandé par les pédales des palonniers avant et arrière. Le freinage est progressif : la pression délivrée par le relais détenteur de freinage normal est proportionnelle à l'effort exercé par le pilote sur les pédales. Il est différentiel car les pédales gauches agissent sur le frein gauche et les pédales droites sur le frein droit.

Il est contrôlé par un système antidérapant appelé « Modistop », au travers des électrodistributeurs. Celui-ci stoppe la pression hydraulique délivrée aux blocs de frein lorsqu'il détecte un freinage trop important des roues.

1.17.1.2. Circuit de freinage secours

Le circuit de freinage secours est alimenté par le circuit hydraulique 2. Il est commandé manuellement par une poignée dans chaque poste de pilotage, qui doit être tournée dans le sens horaire pour actionner le freinage. Celui-ci est alors progressif, en fonction de l'action sur les poignées, mais n'est pas contrôlé par le Modistop. De plus, il n'est pas différentiel. La même pression de freinage est envoyée aux blocs de frein gauche et droit. Lorsque la poignée du poste avant est tirée et manœuvrée d'un quart de tour dans le sens horaire, elle est verrouillée en position « frein de parking » avec une pression limitée.

1.17.2. Description d'un bloc de frein

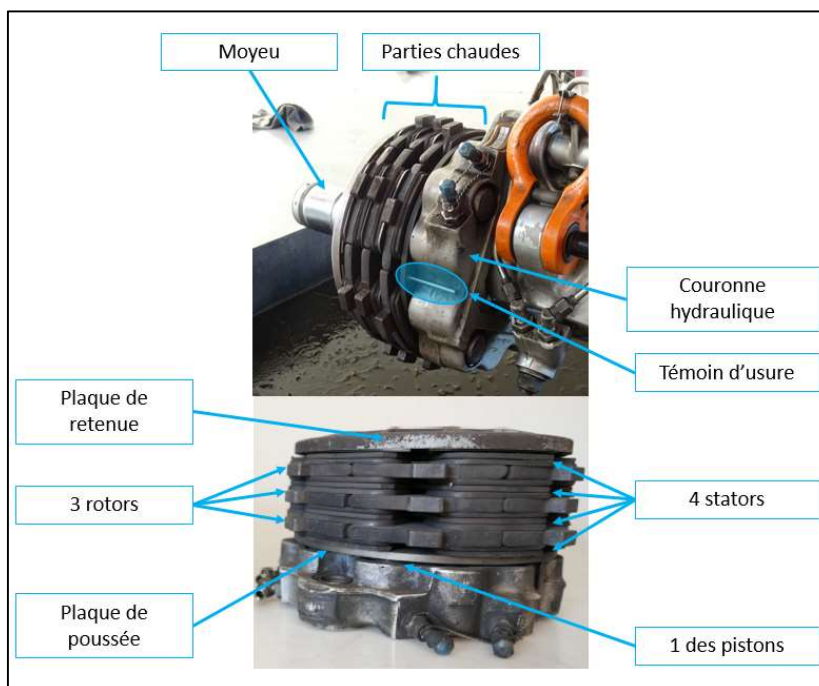


Figure 8 : bloc de frein intègre d'un autre Alphajet

Le bloc de frein est composé essentiellement :

- d'une couronne hydraulique comprenant les huit pistons, quatre pour le circuit de freinage normal et quatre pour le circuit de freinage secours ;
- d'un tube de torsion (non visible sur la figure 8) lié à la couronne hydraulique ;
- d'une plaque de poussée et une plaque de retenue ;
- d'un ensemble « parties chaudes » comprenant trois rotors liés à la roue et quatre stators, support de garniture de métal fritté, liés au tube de torsion.

Lorsque la pression de freinage arrive, soit aux pistons du circuit de freinage normal, soit aux pistons du circuit de freinage secours, ceux-ci compriment l'ensemble stators et rotors à l'aide de la plaque de poussée. L'ensemble est retenu par la plaque de retenue. Les rotors étant liés à la roue, celle-ci est alors freinée.

Lorsque la pression diminue, un ensemble de rappel repousse la plaque de poussée, ce qui provoque la rentrée des pistons. Un système de rattrapage d'usure de la garniture, comprenant 4 tiges de friction, limite le recul de la plaque de poussée de façon à conserver un jeu correct entre celle-ci et le premier stator.

Un témoin d'usure permet de vérifier avant chaque vol l'usure de l'ensemble « parties chaudes ».

1.17.3. Procédure freinage défectueux

La procédure à appliquer en cas de freinage défectueux est décrit comme suit dans la documentation en vigueur :

- « 1 - Relâcher la pression sur les freins.
 - 2 - Couper le Modistop.
 - 3 - Utiliser le freinage normal, sans pomper.
- Si nécessaire
- 4 - Utiliser le frein secours avec précaution. »

Cette procédure fait partie des *critical action procedures* (CAPs). Une CAP doit être connue par cœur et doit être réalisée immédiatement, sans utilisation de la *check-list*.

2. ANALYSE

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Circuits hydrauliques de l'avion

Des tests hydrauliques ont été réalisés sur l'avion. Le premier test, en présence du bloc de frein gauche, a révélé une fuite hydraulique au niveau de celui-ci. Les autres tests réalisés après le démontage du balancier et de la roue gauche de l'Alphajet (dont le bloc de frein) n'ont révélé aucune anomalie sur les circuits normal et secours, notamment aucune fuite hydraulique.

La quantité de liquide hydraulique au départ du vol n'est pas connue précisément car elle n'est pas renseignée sur la documentation technique de l'avion. Mais elle est vérifiée par les mécaniciens à chaque visite journalière et à chaque retour de vol. À la PAF, lorsque le niveau de liquide hydraulique dans la bêche d'un des circuits hydrauliques devient inférieur à 4,2 litres, les mécaniciens la re-complètent à 4,7 litres.

Sur l'épave, les quantités de liquide hydraulique relevées sur les indicateurs des bâches sont de 4,3 litres pour le circuit hydraulique 1 et 0 litre pour le circuit hydraulique 2. Il y a donc eu une fuite hydraulique du circuit 2 au niveau du bloc de frein gauche. Compte tenu de la quantité restante dans le circuit 1, une légère perte de liquide hydraulique est également probable.

**Il y a eu une fuite de liquide hydraulique du circuit 2 au niveau du bloc de frein gauche.
Une fuite du circuit 1 est également probable.
Les autres éléments des circuits hydrauliques de l'avion fonctionnent correctement.**

2.1.2. Modistop

Le Modistop a été testé, à gauche et à droite. Il fonctionne correctement. Il n'est donc pas en cause, contrairement aux autres sorties de piste survenues à la PAF. En effet, en 2016 et 3 semaines avant l'évènement, la PAF a connu deux sorties de piste dues au blocage du Modistop entraînant un freinage incontrôlé et dissymétrique.

Le Modistop fonctionne correctement au moment de l'évènement.

2.1.3. Expertise du bloc de frein gauche

2.1.3.1. Démontage du bloc de frein

Le balancier gauche, la roue et le bloc de frein ont été démontés et expédiés à DGA TA pour expertise.

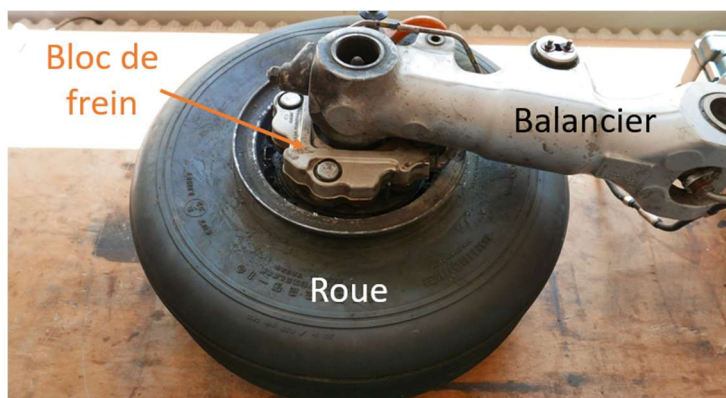


Figure 9 : pièces démontées pour expertise

Une fois la roue démontée, le bloc de frein a été séparé du balancier. Il est très détérioré. Certaines pièces sont bleuies ce qui indique qu'elles ont été soumises à une très forte température. Les garnitures des plaquettes de frein ont disparu, entraînant un écrasement de l'ensemble « parties chaudes ».

Du fait de cet écrasement, les pistons du circuit secours sont sortis au-delà de leur course habituelle, ce qui a probablement provoqué un défaut d'étanchéité des joints et donc la fuite du circuit hydraulique 2.



Figure 10 : bloc de frein déposé

2.1.3.2. Démontage de l'ensemble « parties chaudes »

L'ensemble « parties chaudes » a été séparé du bloc de frein et démonté.

Les rotors ainsi que les deux stators internes situés entre eux sont solidaires. La garniture des plaquettes de frein a disparu.



Figure 11 : ensemble « parties chaudes » démonté

La plaque de retenue est bleuie et légèrement voilée.



Figure 12 : plaque de retenue

Le stator latéral (côté plaque de retenue) est bleui, fissuré et la garniture a disparu.



Figure 13 : stator latéral, faces externe (à gauche) et interne (à droite)

Les trois rotors ainsi que les deux stators internes sont solidaires. Des amas de garnitures sont présents sur les côtés de cet ensemble. Les rotors sont fissurés. Les encoches permettant de lier les stators au tube de torsion sont effacées.



Figure 14 : rotors et stators internes avant séparation

Les différents éléments ont été séparés. Ils sont fortement endommagés et fissurés. Il n'y a plus de garniture sur les stators.



Figure 15 : rotors et stators internes après séparation

Le stator latéral (côté plaque de poussée) est bleui, déformé et fissuré. La garniture a disparu.



Figure 16 : stator latéral, faces externe (à gauche) et interne (à droite)

La plaque de poussée est bleuie et voilée. Elle est enfoncée au niveau des pistons du circuit de freinage secours. Cette déformation indique une activation du circuit de freinage de secours alors que la plaque de poussée est soumise à un échauffement supérieur aux limites des caractéristiques dimensionnelles de celle-ci. Cela confirme le positionnement de la poignée du circuit de freinage de secours en position frein de parking, alors que le feu s'est déclaré au niveau de l'ensemble « parties chaudes ».



Figure 17 : plaque de poussée

2.1.3.3. Démontage de la couronne hydraulique

La couronne hydraulique a été démontée. Les huit pistons et les quatre tiges de friction ont été démontés. Les pistons sont constitués de plusieurs éléments : le piston, une bague isolante, un joint, un racleur et un anneau d'arrêt.

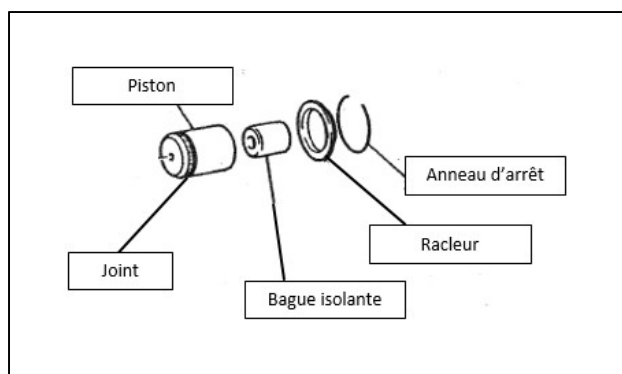


Figure 18 : détail d'un piston

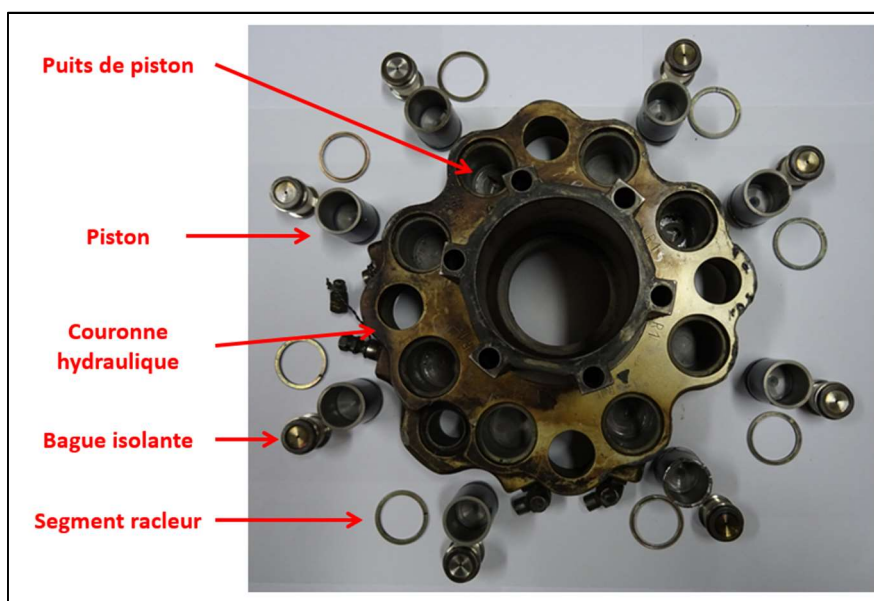


Figure 19 : couronne hydraulique démontée

Les quatre pistons du circuit de freinage secours étaient en position sorti. Trois des quatre pistons du circuit de freinage normal étaient en position rentré, le dernier était en position sorti. Le joint d'un des pistons du circuit de freinage normal a été retrouvé rompu. Un autre piston a son joint endommagé.

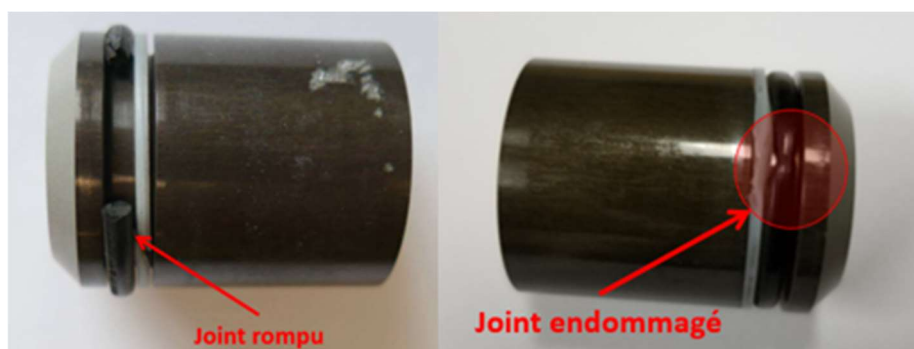


Figure 20 : piston avec le joint rompu (à gauche) et piston avec joint endommagé (à droite)

Les ensembles de rappel, comprenant les tiges de friction, ont été démontés et testés.



Figure 21 : ensembles de rappel (à gauche) et tiges de friction (à droite)

Les efforts de frottement de quatre tiges de friction ont été mesurés (valeur nominale comprise entre 170 et 210 daN⁷). Deux d'entre elles sont hors tolérance (140 daN) et les deux autres ont pour valeur 170 et 180 daN.

La présence de tiges de friction hors tolérances est courante. Lors des remises en état en atelier, les mécaniciens doivent systématiquement changer au moins une des tiges de friction. Cet écart n'a pas d'incidence sur l'évènement.

2.1.3.4. Essai du joint rompu sur un autre bloc de frein

DGA TA a réalisé un essai du joint rompu pour évaluer la fuite hydraulique en montant le piston correspondant avec ce joint sur un autre bloc de frein intègre. Du liquide hydraulique a été injecté dans le circuit normal de freinage à 120 bars. Le liquide hydraulique s'est échappé par la fuite et s'est répandu sur le bas de l'ensemble « parties chaudes ». Toutefois, malgré cette fuite, les pistons se déplaçaient lors de l'application de la pression. Ce test a été réalisé en statique. En mouvement et confiné dans la jante, le liquide hydraulique se serait répandu sur l'intégralité de l'ensemble « parties chaudes ».

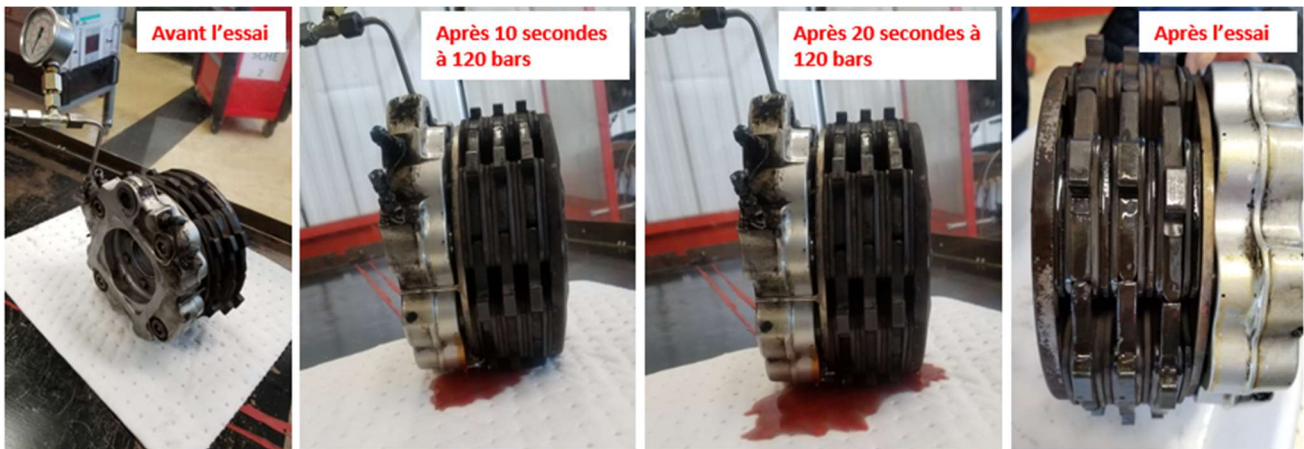


Figure 22 : essai du joint sur un bloc de frein intègre

2.1.3.5. Synthèse de l'expertise technique du bloc de frein

Les expertises du bloc de frein ont déterminé que :

- l'ensemble « partie chaudes » a été bleui ce qui indique qu'il a été soumis à une forte température ;
- les garnitures des plaquettes de frein ont disparu ;
- un joint d'un piston du circuit de freinage normal est rompu ; un autre joint est endommagé ;
- les pistons du circuit de freinage de secours sont sortis au-delà de leur course habituelle ;
- du fait du joint rompu, du liquide hydraulique a été aspergé sur l'ensemble « partie chaudes ».

⁷ daN : deca-Newton.

2.1.4. Liquide hydraulique

Des prélèvements de liquide hydraulique des circuits 1 et 2 ont été effectués. La couleur confirme qu'il s'agit bien de liquide hydraulique. Des analyses ont été réalisées pour déterminer la classe de pollution mais les résultats ne sont pas probants pour différentes raisons techniques.

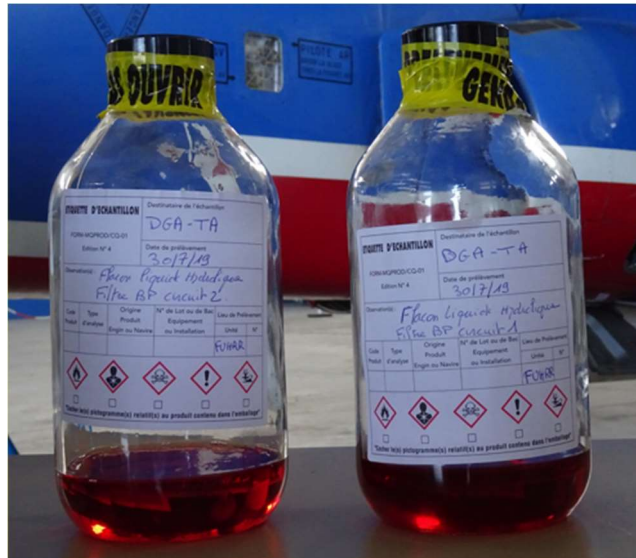


Figure 23 : prélèvements de liquide hydraulique

Le liquide hydraulique utilisé normalement pour l'Alphajet est le type OTAN H515. Il se caractérise notamment par :

- un point d'éclair⁸ d'environ 91 °C ;
- un point d'auto-inflammation⁹ d'environ 245 °C ;
- un pouvoir lubrifiant¹⁰ proche de celui d'une huile de lubrification.

Du fait des fuites hydrauliques, du H515 s'est répandu sur l'ensemble « parties chaudes ». Cela a réduit fortement le coefficient de frottement entre stators et rotors, réduisant alors la capacité de freinage de l'ensemble. Toutefois, la capacité de freinage résiduelle a entraîné une élévation de la température de l'ensemble « parties chaudes ». Le H515 s'est alors enflammé en présence d'une étincelle (phénomène fréquent dans les blocs de frein en métal) lorsque la température a dépassé son point d'éclair. Ou bien, le H515 s'est auto-enflammé lorsque la température a dépassé son point d'auto-inflammation.

Le feu hydraulique a engendré une forte montée en température de l'ensemble « parties chaudes » causant une dégradation significative des caractéristiques de résistance mécanique des matériaux.

Ce phénomène, conjugué aux contraintes du couple de freinage, a entraîné les fortes détériorations de l'ensemble « parties chaudes » et notamment l'effacement des encoches des stators internes et la disparition des garnitures de freinage. En l'absence de ces encoches, les stators internes sont libres de tourner avec les rotors et ils ne peuvent plus être freinés par les stators externes du fait de l'absence de garniture de freinage. La perte de l'efficacité du bloc de frein est ainsi quasi totale.

Les fuites à l'origine d'une aspersion de liquide hydraulique dans l'ensemble « parties chaudes » ont conduit au feu et à la perte d'efficacité du freinage.

⁸ Le point d'éclair est la température la plus basse à laquelle un liquide s'enflamme en présence d'une flamme nue.

⁹ Le point d'auto-inflammation est la température à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément dans l'atmosphère normale.

¹⁰ Le pouvoir lubrifiant est l'aptitude d'un produit pétrolier à lubrifier les équipements mobiles. Le liquide hydraulique étant une huile minérale incompressible, son pouvoir lubrifiant est proche de celui d'une huile de lubrification.

2.1.5. Expertise de la séquence d'éjection

L'examen des éléments retrouvés montre que le déroulement technique de la séquence d'éjection a été conforme à l'attendu. Néanmoins, plusieurs points concernant les actions du pilote ou son équipement ont été relevés.

2.1.5.1. Position au départ du siège

La mise en œuvre du siège éjectable s'est opérée par traction sur la commande d'éjection située en position basse, en avant du baquet. Du fait de la bascule avant de l'aéronef due au devers en fin de zone aéroportuaire, le pilote indique avoir incliné la tête pour localiser la poignée d'éjection. Il est donc possible qu'il ne se soit pas éjecté dans une position optimale. Cette mauvaise position au départ du siège pourrait être à l'origine du traumatisme du rachis.

2.1.5.2. Perte de la chaussure gauche

Le pilote a perdu sa chaussure gauche, qui n'a pas été retrouvée.

Les pilotes d'avions de chasse de l'armée de l'air portent des chaussures de vol modèle 73 adaptées aux contraintes qu'ils rencontrent en vol, en cas d'éjection et en cas de survie. Les pilotes de la PAF portent des chaussures type bottines qui leurs permettent de mieux ressentir les actions sur les palonniers et d'être plus à l'aise pendant les moments de représentation au sol.



Figure 24 : chaussure modèle 73 (à gauche) et bottine de la PAF (à droite, qui n'est pas celle perdue par le pilote)

Ces bottines tiennent aux pieds par des bandes élastiques latérales. L'expertise des photos de la chaussure droite, conservée par le pilote, montre que les bandes élastiques de celle-ci ont été endommagées par la chaleur voire par la flamme du moteur fusée pendant l'éjection. Il en a probablement été de même pour la chaussure gauche, ce qui explique sa perte.

2.1.5.3. Non libération du paquetage de survie

Le paquetage de survie du siège éjectable Mk10LN-1 équipant les Alphajet n'est pas doté d'un système de libération automatique (SLA) assurant sa libération 4 secondes après la séparation dite « siège/pilote ». Sa libération doit donc être réalisée par le pilote, par une action manuelle sur un des deux dégrafeurs rapides situés sur chaque côté du harnais parachute. La non libération du paquetage est susceptible de provoquer des blessures aux vertèbres lombaires lors de l'impact avec le sol.



Figure 25 : coque du paquetage de survie et libérateur de la sangle de retenue du paquetage de survie

La descente sous voile a duré quatre secondes et demi. Pendant ce court laps de temps, le pilote est accaparé par la zone d'atterrissage qui risque d'être sur la RD 117. Il n'a donc pas le temps de libérer le paquetage de survie.

2.1.5.4. Utilisation des commandes du parachute

Une fois sous voile, le pilote agit sur les deux élévateurs avants du parachute pensant ralentir la chute. Mais cette action a au contraire déformé la voilure et provoqué une accélération du taux de chute.

2.1.5.5. Synthèse de la séquence d'éjection

Lors de la séquence d'éjection, le pilote :

- a pu ne pas avoir une position correcte au départ du siège, cause possible du traumatisme du rachis ;
- a perdu sa chaussure gauche ;
- n'a pas eu le temps de libérer le paquetage de survie ;
- a accéléré la descente en effectuant une traction sur les élévateurs avants.

2.2. Séquence de l'évènement

Les expertises techniques ont permis d'identifier le scénario le plus probable d'endommagement du bloc de frein gauche, décrit ci-dessous, qui conduit à l'évènement.

Au départ du vol, aucune fuite n'a été détectée par le mécanicien de piste au parking et le circuit de freinage normal fonctionnait correctement. Le joint de piston retrouvé rompu ne l'était donc pas encore à ce moment. Il est peu probable qu'il se soit rompu pendant le vol car les freins n'y sont pas sollicités (excepté pour le freinage automatique à la rentrée du train) et le pilote n'y a détecté aucune anomalie au niveau des circuits hydrauliques.

Lorsqu'il réalise les tests du circuit de freinage normal juste après le poser, celui-ci fonctionne.

Lorsqu'il reprend le freinage en fin de piste, il constate que sa pédale de frein gauche est inefficace. Ceci est dû à une fuite hydraulique au niveau du circuit de freinage normal. À ce moment-là, le joint est donc rompu. Celui-ci a donc probablement rompu lors du test frein. Cette rupture entraîne une fuite de liquide hydraulique, qui est aspergé sur l'ensemble « parties chaudes ».

La présence de liquide hydraulique au niveau de l'ensemble « parties chaudes » limite le frottement entre stators et rotors, rendant le freinage inefficace.

Par la suite, lorsque le pilote actionne le circuit de freinage secours, celui-ci est opérant, les rotors et les stators sont comprimés. Mais il n'y a pas de freinage efficace du fait de la présence de liquide hydraulique sur l'ensemble « parties chaudes ». Le freinage reste effectif à droite, ce qui décale l'avion sur la demi-bande droite.

L'action sur le frein de secours fait monter en température l'ensemble « parties chaudes », provoquant l'inflammation du liquide hydraulique, lorsque la température dépasse son point d'auto-inflammation.

Le liquide hydraulique a pu également s'enflammer à cause d'une étincelle, phénomène courant dans les freins en métal, lorsque la température a dépassé son point d'éclair.

Le feu hydraulique détériore fortement l'ensemble « parties chaudes », provoquant une fuite au niveau du circuit de freinage de secours. Celle-ci est certainement due au débattement rendu trop important des pistons secours, au-delà du joint qui n'assurent donc plus l'étanchéité du circuit. Cette fuite est entretenue par le fait que le pilote a positionné la poignée de frein secours en position frein de parking. En conséquence, la bêche du circuit hydraulique 2 se vide intégralement.

Dépourvu de système de freinage à gauche, l'aéronef sort de piste et le pilote s'éjecte.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes environnementales

Les conditions environnementales étaient favorables à la mission :

- les conditions météorologiques étaient acceptables ; la température était élevée mais dans les normes ;
- la piste était plus longue qu'à l'accoutumée ;
- le vent était légèrement arrière.

Les conditions environnementales ne sont pas en cause dans l'évènement.

2.3.2. Causes techniques

2.3.2.1. Maintenance du bloc de frein gauche

La maintenance des blocs de frein des Alphajet est réalisée conformément à la notice technique du bloc de frein NCR 103¹¹. La fréquence des maintenances est fixée dans le plan d'entretien approuvé (PEA)¹² par la limite de fonctionnement des plaques de retenue et des tubes de torsion qui est de 1 800 atterrissages et par la limite de fonctionnement des couronnes hydrauliques qui est de 3 000 atterrissages. Toutefois, les blocs de frein sont révisés plus fréquemment suite à différentes pannes (essentiellement fuite hydraulique ou plaque de poussée de travers). La fréquence de retour constatée est de l'ordre de 460 atterrissages¹³.

Le bloc de frein gauche a été remis en état après stockage en janvier 2018 conformément à la notice technique du bloc de frein NCR 103. À cette occasion, les huit joints des pistons ont été changés. Les nouveaux joints provenaient d'un lot conforme valable jusqu'en 2029. Le bloc de frein a été ensuite monté sur l'Alphajet n° 146.

L'ensemble « parties chaudes » a été changé en juillet 2018 et juin 2019, selon la carte de travail CT 13-22-901 de l'YCE 116-13¹⁴, édition octobre 1978 (10/1978) mise à jour en septembre 2004 (09/2004).

La couronne hydraulique a subi 398 atterrissages entre la remise en état après stockage et l'évènement.

La maintenance du bloc de frein gauche a été réalisée conformément à l'attendu.

2.3.2.2. Rupture du joint d'un piston

La cause de l'évènement est d'ordre technique. Il s'agit de la rupture du joint d'un des pistons du circuit de freinage normal. Les causes possibles d'une telle rupture sont nombreuses (mauvais montage, endommagement lors du montage, séchage par défaut de lubrification, forte température, etc.).

Les huit joints ont été changés lors de la remise en état de la couronne hydraulique. Il n'existe pas de carte de travail pour cette opération, qui doit être faite selon les règles de l'art. Les joints étant considérés comme du consommable, il n'y a pas de suivi spécifique de ces éléments. L'enquête n'a donc pas pu déterminer précisément comment ces joints ont été montés ; un défaut de montage est donc possible.

Par ailleurs, les fuites hydrauliques au niveau des blocs de frein Alphajet, majoritairement de l'ordre du suintement, sont fréquentes. Sur 60 blocs de frein révisés à l'ESTA de Cazaux en 2019, 29 ont été envoyés pour révision pour cette raison (26 sur 73 en 2018).

Si ces blocs ont effectué en moyenne 460 atterrissages lorsqu'ils reviennent à l'atelier, les écarts sont importants, allant de plus de 900 atterrissages à moins de 200.

L'évènement est dû à la rupture d'un joint d'un piston du circuit de freinage normal. La cause de cette rupture n'a pas pu être déterminée.

Les fuites hydrauliques au niveau des blocs de frein, majoritairement de l'ordre du suintement, sont fréquentes.

2.3.3. Domaine relevant des facteurs humains et organisationnels

L'évènement est dû à la défaillance du système de frein. Aucune anomalie dans la maintenance n'ayant été détectée à ce stade, l'analyse des facteurs organisationnels et humains s'est portée uniquement sur la gestion de l'évènement par le pilote de l'Alphajet n° 146. Des écarts par rapport aux procédures ont été relevés. Cependant, ils ne sont pas à l'origine de l'accident et même si le pilote avait effectué les procédures correctement, il n'aurait pas pu reprendre le contrôle de la situation.

¹¹ NCR 103, notice technique du bloc de frein, édition originale en date de janvier 1979, mise à jour en date d'avril 2004.

¹² PEA Alphajet édition 4 du 30/09/2019.

¹³ Moyenne réalisée par l'ESTA de Cazaux sur l'année 2019.

¹⁴ YCE 116-13 : manuel d'entretien relatif aux dispositifs d'atterrissage, de décollage et de freinage.

2.3.3.1. Expérience et condition du pilote

Le pilote a une expérience aéronautique importante. Il totalise 3 120 heures de vol au total dont 1 050 heures sur Alphajet. Il vole sur cet appareil depuis 2015, d'abord en tant qu'instructeur à l'école de l'aviation de chasse puis comme démonstrateur technique et enfin comme pilote de la PAF depuis octobre 2018. L'évènement ayant lieu durant la saison des *meetings*, le pilote a une activité aérienne importante et régulière depuis deux mois.

Cette activité dense pourrait avoir engendré une certaine fatigue du pilote. Néanmoins, lors de l'entretien, celui-ci a affirmé ne pas ressentir d'état de fatigue et être en pleine possession de ses moyens.

Le pilote est très expérimenté sur Alphajet et a une activité aérienne importante et régulière. Il indique avoir été en pleine possession de ses moyens.

2.3.3.2. Application de la procédure

La PAF adopte des procédures d'atterrissage spécifiques afin de limiter l'encombrement de l'espace aérien et l'utilisation de la piste. Les pilotes se posent sans attendre que la piste ne soit évacuée par le précédent ; ils laissent rouler leur avion après un test des freins, et ne reprennent le freinage qu'en fin de piste.

Lorsque le pilote recommence à freiner pour prendre le *taxiway* en fin de piste, il constate l'inefficacité des freins. Il doit alors traiter cette panne et appliquer la procédure d'urgence (freinage défectueux).

La présence d'autres Alphajet sur la piste devant et derrière lui induit un risque important de collision avec l'un ou plusieurs d'entre eux, d'autant qu'il est à ce moment sur la bande lente. Le pilote doit alors contrôler sa trajectoire pour éviter les autres avions. Et il ne dispose que peu de temps pour cela car l'avion précédent est proche.

Dans cette situation, le pilote doit donc partager ses ressources cognitives entre le traitement de la panne et le contrôle de sa trajectoire ; et cela dans un temps très bref.

Le pilote dispose de peu de temps et d'une attention seulement partielle au traitement de la panne, ce qui favorise la survenue d'erreurs lors de l'application de la procédure.

2.3.3.3. Non coupure du Modistop

Lorsque le pilote constate l'inefficacité du frein gauche, il décide d'appliquer la procédure de freinage défectueux. Celle-ci prévoit de couper le Modistop. En effet, ce dispositif peut être à l'origine de la panne. Il peut notamment entraîner le blocage des freins, d'un côté ou des deux côtés. C'est ce qui s'est produit lors de précédentes sorties de piste d'Alphajet, notamment à la PAF en 2016 et le 4 juillet 2019, soit 3 semaines avant l'évènement concerné.

Lors de sa panne de frein à Perpignan, le pilote ne coupe pas le Modistop. Il estime en effet que cela n'est pas nécessaire car il n'a de toute façon plus de frein à gauche et qu'au contraire, la perte du système antidérapant à droite pourrait lui être préjudiciable.

Cette décision semble erronée car le Modistop est fréquemment la cause des pannes de frein. De plus, l'application stricte des procédures est recommandée. Néanmoins, elle est prise dans un temps très bref et elle lui évite de porter son regard en cabine pour trouver l'interrupteur du Modistop, qui n'est jamais manipulé. Il dispose alors de plus de ressources cognitives pour contrôler sa trajectoire et éviter les autres avions.

À posteriori, et compte tenu des expertises techniques qui ont montré que le Modistop n'était pas en cause, il s'avère que cette décision était adaptée à cette situation particulière. Toutefois, cela ne remet pas en question la procédure qui, hors de ce contexte particulier, doit être appliquée intégralement.

Soumis à une pression temporelle et un risque de collision, le pilote n'a pas réalisé intégralement la procédure de freinage défectueux. Il n'a pas coupé le Modistop. Cette décision n'a pas eu de conséquence sur la suite de l'évènement.

2.3.3.4. Application du frein de secours

L'analyse de l'aéronef a permis d'identifier une utilisation erronée de la poignée du frein de secours qui sert également à actionner le frein de parking. Celle-ci a été retrouvée tirée et bloquée, c'est à dire en position frein de parking. Or, la procédure de freinage défectueux ne demande pas l'usage du frein de parking mais seulement du frein de secours.

Pour les pilotes de la PAF, l'usage du frein de parking est très fréquent. Cette poignée est utilisée à plusieurs reprises avant le décollage et après l'atterrissage. À l'inverse, elle n'est utilisée en frein de secours qu'une fois au roulage et afin de tester le freinage de secours.

L'usage routinier de cette poignée comme frein de parking et à l'inverse l'usage ponctuel de celle-ci comme frein de secours ont probablement conduit le pilote à effectuer une action erronée. Le pilote n'a pas le souvenir de cette action ; elle était donc peut-être inconsciente. Il indique toutefois ne pas l'avoir tiré sur la piste mais plutôt en dernier réflexe avant l'éjection.

L'usage routinier de la poignée comme frein de parking et l'usage ponctuel de cette dernière comme frein de secours est probablement à l'origine d'une utilisation inconsciente de la poignée de frein de secours comme frein de parking.

2.3.3.5. Mécanisation aux procédures d'urgence spécifiques Alphajet

Les pilotes de la PAF réalisent avant le premier vol de chaque mois un test écrit de révision des CAPs.

Pour chacun d'entre eux, l'officier en charge de les préparer sélectionne certaines procédures d'urgence à revoir parmi une batterie de procédures spécifiques à la PAF ou à l'Alphajet. Elles ne sont pas toutes révisées chaque mois et la majeure partie des procédures revues concerne celles spécifiques à la PAF. Les procédures d'urgence spécifiques à l'Alphajet, et notamment la procédure de freinage défectueux, y sont donc moins fréquemment abordées.

Compte tenu de l'absence de simulateur sur la BA 701 et du planning contraint de la période d'entraînement hivernal, les pilotes de la PAF ne réalisent qu'une seule séance par an de simulateur (deux pour les autres pilotes Alphajet¹⁵) mais d'une durée d'une heure et demie. Cette séance dite « pré-carte + PAN » est adaptée afin de les entraîner au test à la qualification élémentaire au vol sans visibilité¹⁶ et de travailler certaines pannes. De ce fait, les pilotes de la PAF sont dispensés de la deuxième séance annuelle de simulateur dite de CAPs réalisée par tous les autres pilotes Alphajet. La panne de frein n'y est toutefois pas systématiquement réalisée.

De même, le passage au portique éjection, permettant de revoir les procédures sous voile, n'est pas régulier. Le CPMRA¹⁷ (tome chasse) impose un passage tous les six mois en fonction de la disponibilité du matériel. L'absence de portique sur la BA 701 ne favorise pas un passage régulier. Celui-ci est fait à Tours à l'occasion du test en vol et sous réserve d'en avoir le temps.

Du fait de l'organisation particulière de la PAF, les procédures d'urgence spécifiques à l'Alphajet sont moins revues, aussi bien au travers des tests écrits mensuels que des séances au simulateur. L'irrégularité de cet entraînement dans certains domaines spécifiques a pu contribuer aux différentes erreurs qui ont été commises lors de la gestion de l'évènement.

¹⁵ CIPN : consignes permanentes d'instruction du personnel navigant titre C Alphajet page 15, « contrôle au sol ».

¹⁶ CIPN titre C Alphajet page 16, « contrôle annuel en vol ».

¹⁷ CPMRA (tome chasse) : consignes permanentes de maîtrise du risque aérien, publication CFA-CFAS 2017.

2.3.3.6. Briefing avant atterrissage

Les briefings qui peuvent être réalisés avant une phase de vol comme l'atterrissage favorisent l'activation en mémoire des procédures d'urgence connues qui seront plus rapidement disponibles en cas d'incident. La procédure de freinage défectueux est revue au décollage mais pas systématiquement à l'atterrissage. En effet, les procédures spécifiques d'atterrissage de la PAF nécessitent déjà un briefing dense qui ne permet pas forcément aux pilotes de le compléter par un briefing sur les différentes pannes possibles à l'atterrissage, dont le freinage défectueux.

L'absence de remémoration de la procédure avant l'atterrissage a pu contribuer aux différentes erreurs commises lors de la gestion de l'évènement.

2.3.3.7. Éjection

Dans la procédure de sortie de piste de l'Alphajet, l'éjection est à l'appréciation du commandant de bord, en fonction de la vitesse et des obstacles. La vitesse n'étant pas élevée, le pilote n'initie pas immédiatement l'éjection, d'autant qu'il pense que l'avion sera stoppé par le revêtement du sol, une fois sorti de piste. Mais le sol est sec et en légère pente. De plus, tant que les moteurs ne sont pas coupés, ils délivrent une légère poussée au ralenti. Le pilote débute la procédure de coupure moteur par recul des manettes des gaz une fois sorti de piste mais le moteur gauche n'a probablement pas été coupé car la manette des gaz été retrouvée sur la position « ralenti ».

En conséquence, même une fois sorti de piste, l'avion ne ralentit pas.

Le pilote s'éjecte lorsque, percevant un devers devant lui et une RD, il comprend qu'il ne pourra pas s'arrêter avant cette route. Cette éjection tardive le fait atterrir au-delà de la RD.

Dans ce cas précis, le moment de l'éjection s'est avéré adapté à la situation.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est une sortie de piste à l'atterrissage d'un Alphajet de la PAF due à une panne du frein gauche, ayant conduit à l'éjection du pilote.

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

Après un vol de reconnaissance d'axe, la PAF se présente à l'atterrissage à Perpignan en piste 33. Afin de limiter l'occupation de la piste et de l'espace aérien, la PAF adopte une procédure spécifique permettant d'enchaîner les atterrissages. Les conditions météorologiques sont favorables. La piste est sèche, la température est de 30 °C et le vent est légèrement arrière.

Le pilote de l'Alphajet n° 146 se pose sur la demi-bande droite de la piste et réalise un test frein. Ce test étant valide, et après annonce du test de frein de l'avion qui se pose derrière, il se rabat sur la demi-bande gauche et laisse rouler son avion. Arrivé en fin de piste, il reprend le freinage et constate une absence de freinage à gauche.

Le pilote applique la procédure freinage défectueux et se déporte sur la demi-bande droite. Il ne coupe pas le Modistop. Le bloc de frein gauche prend feu, des flammes sont vues par plusieurs autres pilotes de la PAF sur la piste.

L'avion ne ralentit toujours pas et quitte la piste en fin de bande. Le pilote débute la procédure d'arrêt moteur. Voyant une route départementale à l'extrémité nord de l'aéroport, il décide de s'éjecter.

L'avion poursuit au-delà des limites de l'aéroport et s'arrête contre le parapet de la RD 117.

La séquence d'éjection s'effectue normalement. Cependant, le pilote est blessé au rachis, probablement lors du départ du siège ; il perd sa chaussure gauche et ne libère pas le paquetage de survie. Il atterrit au-delà de la RD 117 après quatre secondes et demi sous voile. Il est rapidement pris en charge par les secours.

Un feu se déclare au niveau de l'épave. Il est rapidement éteint par les pompiers de l'aéroport.

3.2. Causes de l'évènement

La cause de l'évènement est la rupture d'un joint d'un des pistons du circuit de freinage normal ayant engendré une fuite de liquide hydraulique sur l'ensemble « parties chaudes ». Ce liquide a empêché le freinage par diminution du frottement entre stators et rotors. Il s'est également enflammé provoquant la détérioration du bloc de frein gauche ainsi qu'une fuite hydraulique au niveau du circuit de freinage secours.

La cause exacte de la rupture de ce joint n'a pas pu être déterminée.

Des erreurs dans l'application des procédures d'urgence ont été relevées mais l'évènement n'aurait pas pu être évité sans ces écarts.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Les fuites hydrauliques au niveau des joints des pistons, majoritairement de l'ordre du suintement, sont fréquentes. La moyenne du nombre d'atterrissages réalisés entre deux échanges standards de ces joints sur les blocs présentant des fuites hydrauliques est de 460. Pourtant, la fréquence des maintenances est fixée dans le PEA par la limite de fonctionnement des plaques de retenue et des tubes de torsion (1 800 atterrissages) ou par la limite de fonctionnement des couronnes hydrauliques (3 000 atterrissages).

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'autorité technique, en liaison avec Safran, Dassault Aviation et l'armée de l'air, de poursuivre les investigations techniques afin de s'assurer de la bonne fiabilité des joints des blocs de frein des Alphajet et de la pertinence des procédures de changement de ceux-ci (fréquence et mode opératoire).

R1 – [A-2019-08-A] Destinataire : DGA

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

4.2.1. Procédure d'atterrissage de la PAF

Plusieurs procédures particulières d'atterrissage sont utilisées par la PAF pour éviter une occupation trop longue de la piste et un encombrement de l'espace aérien par la présence de nombreux avions en circuit de piste. L'espacement entre les aéronefs à l'atterrissage varie en fonction du risque consenti. Il était d'environ 300 mètres le jour de l'évènement. Ces procédures répondent aux besoins de la PAF mais les marges de manœuvre en cas d'évènement sont réduites.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air de réaliser une analyse des risques opérationnels pour conformer certaines des procédures particulières de la PAF au risque qu'elle accepte.

R2 – [A-2019-08-A] Destinataire : CEMAA

4.2.2. Entraînement aux procédures d'urgence

Des erreurs dans l'application des procédures d'urgence spécifiques de l'Alphajet ont été relevées. Ces procédures sont revues lors des test CAPs mais moins fréquemment que les procédures spécifiques PAF. Elles ne sont réalisées au simulateur au mieux qu'une fois par an, ce qui ne favorise pas la mécanisation. De même, le passage au portique éjection n'est pas régulier.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air de revoir la pratique des pilotes de la PAF aux différentes procédures d'urgence afin de s'assurer d'une meilleure mécanisation de celles-ci.

R3 – [A-2019-08-A] Destinataire : CEMAA

4.2.3. Équipements de vol spécifiques pour la PAF

La PAF est dotée de bottines spécifiques adaptées à la mission de cette unité. Lors de l'éjection, le pilote a perdu sa bottine gauche. Au moment de l'évènement, celles-ci n'avaient été ni testées ni validées par un organisme approuvé, notamment en phase d'éjection. La PAF utilise également d'autres équipements de vol spécifiques qui n'ont été ni testés ni validés.

Depuis l'évènement, un processus d'expérimentation et de validation de ces équipements a été lancé.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air de poursuivre le processus d'expérimentation et de validation afin de doter la PAF d'équipements de vol utilisables à bord de l'Alphajet.

R4 – [A-2019-08-A] *Destinataire : CEMAA*

Une recommandation équivalente a déjà été formulée à l'armée de l'air dans le rapport de l'évènement aérien BEAD-air-A-2010-05-A.

4.2.4. Séparateur automatique de paquetage de survie

Lors de l'éjection, le pilote n'a pas eu le temps de libérer le paquetage de survie. Or, cette action est nécessaire pour éviter un traumatisme à l'atterrissage et pour gonfler le canot de sauvetage lors d'une retombée dans l'eau.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air et à la DGA de doter les sièges éjectables des Alphajet d'un système de libération automatique du paquetage de survie.

R5 – [A-2019-08-A] *Destinataires : CEMAA, DGA*

Une recommandation équivalente a déjà été formulée à l'armée de l'air dans le rapport de l'évènement aérien BEAD-air-A-2010-05-A.