



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2018-07-A

Date de l'évènement	19 juin 2018
Lieu	Base aérienne d'Istres (Bouches-du-Rhône)
Type d'appareil	Diamond DA40 D
Organisme	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

	Aéroclub Rossi-Levallois	Page de garde
Figure 1	DIRCAM, BEA-É.....	Page 9
Figure 2	BA 125, BEA-É.....	Page 14
Figure 3	SARAA SA125.....	Page 14
Figures 4 à 6	BEA-É.....	Pages 15 et 16
Figure 7	BEA-É, DGA EP/DESA.....	Page 16
Figures 8 et 9	Energy institute, BEA-É.....	Pages 20 et 21
Figure 10	BEA-É.....	Page 23
Figures 11 à 14	DGA EP.....	Pages 24 à 26
Figure 15	Diamond Aircraft.....	Page 27
Figure 16	SEA.....	Page 36
Figures 17 à 24	DGA EP.....	Pages 48 à 50

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	6
1. RENSEIGNEMENTS DE BASE	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	12
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	13
1.12. Constatations sur la zone d'impact et l'épave	13
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	16
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. Résultats des expertises	23
2.2. Séquence de l'évènement	27
2.3. Recherche des causes de l'accident	28
3. CONCLUSION	39
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	39
3.2. Causes de l'évènement	40
4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ	41
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	41
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	44
ANNEXES	46
ANNEXE 1 EXTRAIT DE REC INFO N° 07/2007 ÉDITÉ PAR LE BEA	47
ANNEXE 2 EXPERTISE DU MOTEUR TAE 125-02-99 N° 02-02-04578	48
ANNEXE 3 CONSIGNES DE L'ARMÉE DE L'AIR CONCERNANT L'EXÉCUTION DES PLEINS EN CARBURANT	51
ANNEXE 4 CONSIGNE DU DEA D'ISTRES POUR L'AVITAILLEMENT D'UN AÉRONEF	55

GLOSSAIRE

ACRL	aéro-club Rossi-Levallois
AFM	<i>airplane flight manual</i> -manuel de vol de l'avion
ATPL(A)	<i>airline transport pilot license (airplane)</i> - licence de pilote de ligne (avion)
AVGAS	<i>aviation gasoline</i> - essence d'aviation
BA	base aérienne
BAAC	brigade aérienne de l'aviation de chasse
BEA	bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
CA	conducteur-avitailleur
CAM V	circulation aérienne militaire à vue
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CFA	commandement des forces aériennes
CMC	centre militaire de contrôle
CPL(A)	<i>commercial pilot license (airplane)</i> - licence de pilote professionnel (avion)
DCSEA	direction du service des essences des armées
DEA	dépôt essence air
DELPIA	direction de l'exploitation et de la logistique pétrolières interarmées
DESA	division évaluation des systèmes aéropropulsifs
DGA EP	direction générale de l'armement - Essais propulseurs
ECU	<i>engine control unit</i> - unité de contrôle moteur
FADEC	<i>full authority digital engine control</i> - régulation numérique à pleine autorité
ft	<i>feet</i> - pied (1 ft \approx 0,30 mètre)
GAA	groupement d'appui à l'activité
MAP	<i>manifold air pressure</i> - pression d'admission d'air
NTSB	<i>national transportation safety board</i> - agence nationale de la sécurité des transports
OCT	officier contrôleur tactique
OTAN	organisation du traité de l'atlantique nord
PCB	pilote commandant de bord
PCM	pilote chef de mission

SARAA	section aérienne de réserve de l'armée de l'air
SEA	service des essences des armées
SEP(T)	<i>single engine piston</i> - monomoteur à pistons (terrestre)
US gal	gallon américain (1 US gal \approx 3,7854 litres)

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : mardi 19 juin 2018 à 16h05

Lieu de l'évènement : base aérienne 125 (BA 125) d'Istres

Organisme : armée de l'air

Commandement organique/brigade : commandement des forces aériennes (CFA)/brigade aérienne de l'aviation de chasse (BAAC)

Unité : section aérienne de réserve de l'armée de l'air (SARAA)

Aéronef : Diamond DA40 D immatriculé F-HANS

Nature du vol : reconnaissance de zone et contrôle d'aptitude commandant de bord (PCB)

Nombre de personnes à bord : 4

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Après plus d'une heure et demie de vol, un DA40 D de la SARAA d'Istres rentre d'une mission de reconnaissance de zone. En dernier virage, l'équipage constate une perte de puissance qui ne lui permet ni d'atteindre le seuil de piste décalé en raison de travaux, ni le taxiway parallèle. L'équipage dirige alors l'avion vers la partie occasionnellement roulable entre la barrière d'arrêt et les travaux.

Le train du DA40 D entre en contact avec le sol dans la zone visée, puis l'aéronef poursuit sa course hors de la piste en longeant le chantier.

L'aéronef est détruit. 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) ;
- un enquêteur de première information (EPI) ;
- un officier pilote ayant une expertise sur les avions monomoteur à piston ;
- un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur les avions monomoteur à piston ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique ;
- un officier ayant une expertise sur les procédures d'exploitation pétrolières.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéropropulsifs (DESA) ;
- bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) ;
- centre d'expertise pétrolière interarmées (CEPIA) ;
- Technify Motors GmbH¹ ;
- Analytik-Service GmbH (ASG).

¹ *Gesellschaft mit beschränkter Haftung* (GmbH) : société à responsabilité limitée.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

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

Type de mission : reconnaissance de zone et contrôle PCB

Dernier point de départ : BA 125 d'Istres

Heure de départ : 14h15

Point d'atterrissage prévu : BA 125 d'Istres

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Avitaillement

La veille du vol, le 18 juin 2018, l'avion à moteur diesel DA40 D n° D4-170 est convoyé d'Eyguières à Istres par le commandant en second de la SARAA avec l'avitaillement existant (environ 20 US gal, soit 76 litres). L'après-midi, un entraînement est programmé au profit de trois pilotes de la SARAA.

En retour de mission, l'avion est garé comme prévu sur le parking de l'escale militaire à proximité de son abri. Un camion-citerne est en attente à proximité, suite à une demande d'un personnel de l'escale. Après l'arrêt du moteur de l'avion, un pistard² de l'escale fait signe au conducteur d'approcher. Celui-ci immobilise son camion en limite du périmètre de sécurité de l'avion. Sorti de l'avion, le pilote lit l'inscription « F-18 »³ sur le camion et interpelle ses collègues dont le PCB : « F-18, ça vous parle ? ». Sans entendre la question destinée aux autres membres de l'équipage, le conducteur-avitailleur tend le fil de masse et le pistolet carburant au pilote venu à sa rencontre, qui, surpris, prend les éléments en main. Sans attendre une réponse de ses collègues restés dans l'avion et pensant que le conducteur-avitailleur sait ce qu'il fait, le pilote verse 52 litres de F-18 dans les réservoirs de l'avion et signe le bon de livraison.

À l'issue de l'avitaillement, le PCB vérifie la quantité de carburant inscrite sur le bon de livraison sans remarquer la mention F-18. Il est 18h20.

1.1.2.2. Préparation du vol

Le 19 juin 2018, le commandant de la SARAA d'Istres réalise les formalités administratives liées à sa prise de fonction le jour même. La veille, le commandement était assuré par le commandant en second.

Une mission est programmée le matin même par le commandant en second de la SARAA d'Istres avec l'avion DA40 D n° D4-170. Elle conjugue une reconnaissance de zone au profit d'un contrôleur aérien fraîchement affecté au centre militaire de contrôle (CMC) d'Istres et un contrôle d'aptitude aux fonctions de pilote commandant de bord (PCB) d'un pilote de la SARAA. L'équipage est constitué en place gauche du pilote en évaluation, en place droite d'un PCB qui est l'examineur de ce pilote, en place arrière gauche du commandant en second de la SARAA en qualité de pilote chef de mission (PCM) et en place arrière droite du contrôleur. Les quatre membres d'équipage se retrouvent à 13h15 pour le briefing avant vol. L'avitaillement en carburant a été effectué la veille par l'équipage précédent à l'issue de sa mission. Les vérifications avant vol sont effectuées conformément à l'attendu.

² Les mécaniciens de piste ou pistards sont chargés de l'accueil et du départ des aéronefs depuis le parking.

³ Le F-18 est un carburant d'aviation de type essence d'aviation, qui n'est pas prévu d'être utilisé dans un moteur diesel.

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

Après décollage, l'équipage commence par une reconnaissance des points caractéristiques de la zone de l'aérodrome d'Istres, puis fait route vers l'aérodrome d'Aix-en-Provence où il réalise deux posés-décollés. L'équipage poursuit ensuite son vol vers l'aérodrome de Nîmes. En route, l'examineur simule une panne du moteur qui amène le pilote en évaluation à effectuer un encadrement sur l'aérodrome d'Eyguières. À l'issue de l'exercice, la navigation vers Nîmes est reprise où sont reconnus quelques points caractéristiques avant un retour à Istres par une intégration directe en étape de base main gauche piste 33.

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

Partant en dernier virage, le pilote remarque, en sollicitant la manette de puissance pour intercepter et suivre le plan de descente standard, que son action est sans effet sur le moteur qui reste au ralenti. Il rend compte au PCB. Tous deux constatent que les paramètres du moteur sont dans le secteur vert et que le voyant ambre « *engine* » du panneau d'alarmes est éteint. Le pilote bascule l'interrupteur ECU⁴ de la position « *automatic* » à « ECU B » et met l'interrupteur de transfert carburant sur « *on* ». Ces actions n'ayant pas d'effet sur le régime moteur, il met alors le sélecteur carburant de la position normale à celle de transfert d'urgence et se prépare à un atterrissage d'urgence.

La puissance disponible ne permettant pas d'atteindre le seuil de piste décalé en raison de travaux en entrée de piste 33, le pilote et le PCB envisagent de se poser sur le *taxiway* principal T, parallèle à la piste. Le pilote annonce la panne du moteur et ses intentions à la tour de contrôle. Le PCB confirme en complétant par le message « panne, panne, panne ». Comprenant que le *taxiway* T n'est pas atteignable, l'équipage décide finalement de se poser en diagonale sur le prolongement d'arrêt de la piste 15 entre la barrière d'arrêt et les travaux pour finir la course hors-piste. Le PCB annonce alors succinctement au contrôle que l'équipage va poser l'avion sur le chantier.

Les quatre membres d'équipage resserrent les ceintures de sécurité. Le pilote sort les volets en position atterrissage, coupe le moteur en basculant l'interrupteur *engine master*⁵ sur « *off* » et pose l'avion sur l'aire annoncée. L'avion sort de piste en laissant les travaux sur sa droite. En appuyant lui aussi sur les palonniers, le PCB aide le pilote à contrôler la trajectoire de l'avion entre des engins et des matériaux en retrait du chantier. Après plusieurs secousses provoquées par le sol accidenté, le train d'atterrissage se rompt. L'avion fait un tête-à-queue et finit sa course sur la bretelle L, contre des gaines, entre des tranchées et des engins de chantier.

Le pilote positionne l'interrupteur *electric master*⁶ sur « *off* » et les quatre membres d'équipage évacuent l'avion.

⁴ ECU : *engine control unit*, unité de contrôle moteur.

⁵ *Engine master* : interrupteur général moteur.

⁶ *Electric master* : interrupteur électrique général.

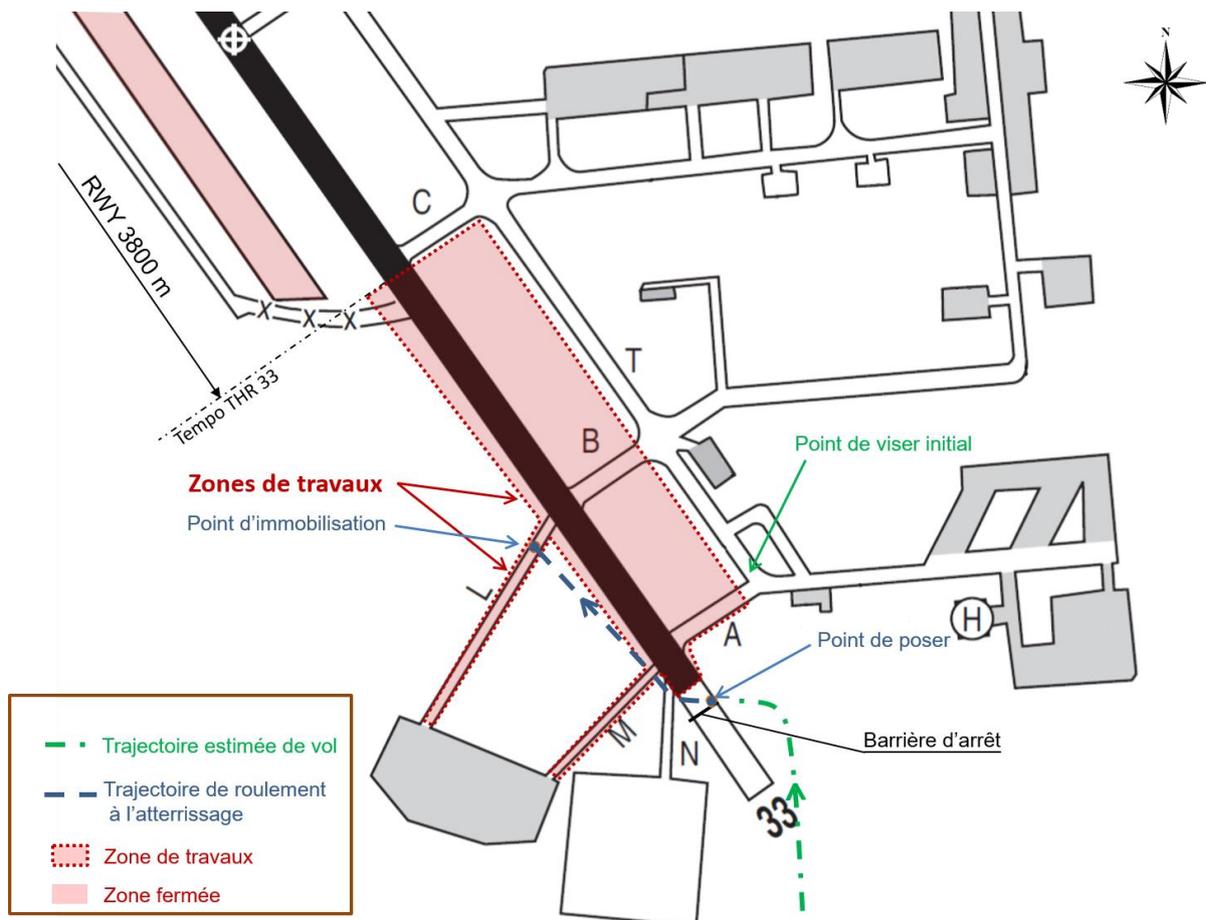


Figure 1 : représentation de la trajectoire de roulement à l'atterrissage

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Bouches-du-Rhône (13)
 - commune : Istres
 - coordonnées géographiques : N 43°30'/E 004°56'
 - hauteur du lieu de l'évènement : 600 ft
- Moment : jour

1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

1.3. Dommages à l'aéronef

Le DA40 D n° D4-170 est détruit.

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord

- Âge : 44 ans
- Unité d'affectation : groupement d'appui à l'activité (GAA)
- Qualifications : brevet militaire de pilote de chasse, licence de pilote professionnel CPL(A), qualification monomoteur à piston terrestre SEP(T), officier contrôleur tactique (OCT)
- Heures de vol comme pilote :

	Total	Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
Total (h)	3 084	32	0
Dont monomoteur à pistons essence	46	6	0
monomoteur à pistons diesel	12	4	0
Dont DA40 D	12	4	0

- Date du précédent vol comme pilote : 19 mai 2018 sur DA40 D

1.5.1.2. Pilote

- Âge : 39 ans
- Unité d'affectation : SARAA SA125
- Qualifications : brevet militaire de pilote d'avion « Estafette »⁷, licence de pilote de ligne ATPL(A), SEP(T)
- Heures de vol comme pilote :

	Total	Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
Total (h)	10 207	377	58
Dont monomoteur à pistons essence	1 738	11	0
monomoteur à pistons diesel	5	4	4
Dont DA40 D	4	4	4

- Date du précédent vol comme pilote : 18 juin 2018 sur DA40 D

⁷ Le brevet militaire de pilote d'avion « Estafette » est délivré au personnel militaire des réserves de l'armée de l'air par équivalence d'un brevet de pilote civil et sous réserve d'une expérience minimale.

1.5.1.3. Chef de mission

- Âge : 49 ans
- Unité d'affectation : SARAA SA125, en qualité de commandant en second
- Qualifications : brevet militaire de pilote de transport, ATPL(A), SEP(T)
- Heures de vol comme pilote :

	Total	Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
Total (h)	5 610	31	9
Dont monomoteur à pistons essence	275	3	0
monomoteur à pistons diesel	28	28	9
Dont DA40 D	9	9	9

- Date du précédent vol comme pilote : 18 juin 2018 sur DA40 D

1.5.2. Quatrième membre d'équipage

- Âge : 21 ans
- Unité d'affectation : centre militaire de contrôle (CMC) 1C125
- Qualification : contrôleur aérien

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : aéro-club Rossi-Levallois (ACRL) d'Eyguières
- Unité d'affectation : SARAA SA125
- Type d'aéronef : Diamond Aircraft DA40 D
- Immatriculation : F-HANS
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	DA40 D	D4-170	5 470	GV ⁸ : 1 504	VP ⁹ : 44
Moteur	TAE 125-02-99	02-02-04578	145	VP : 44	
Hélice	MTV-6A/ 187-129	04028	1 761	RG ¹⁰ : 610	

⁸ GV : grande visite.

⁹ VP : visite périodique.

¹⁰ RG : révision générale.

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur¹¹.

En conformité avec la liste minimale d'équipement (LME), l'état de l'aéronef est compatible avec la mission programmée.

1.6.2. Performances

La consommation horaire du DA40 D en croisière, à un régime de 75 %, est d'environ 20 litres par heure.

Lors du dernier virage, l'équipage relève une puissance indiquée supérieure à 45% pour une puissance commandée de 100%. Alors que cette puissance indiquée devrait théoriquement permettre de maintenir un palier à 600 ft, la vitesse d'approche ne peut être maintenue sans laisser l'avion descendre.

1.6.3. Masse et centrage

Le décollage d'Istres est effectué à la masse de 1 147 kilogrammes¹² pour une masse maximale de 1 150 kilogrammes.

La masse estimée au moment de l'évènement est de 1 106 kilogrammes.

La masse et le centrage sont dans les normes.

1.6.4. Carburant

Le DA40 D est certifié pour une utilisation de carburéacteur (JET A-1, JET A, JP-8, JET Fuel No.3, TS-1 avec additif), de gazole (EN590) ou d'un mélange des deux.

Les limitations en température sont plus restrictives quand le carburant n'est pas exclusivement du carburéacteur (température minimale du carburant de 5° C au lieu de -30° C). Pour permettre un suivi sur la qualité du carburant, le manuel de vol préconise que soit enregistrée dans le carnet de route de l'avion la nature du carburant à chaque avitaillement.

Suite à l'erreur d'avitaillement la veille de l'évènement, la quantité de carburant à bord du DA40 D est la suivante :

- au décollage : 52 litres d'essence aviation et 23 litres de gazole ;
- au moment de l'évènement : 26 litres.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques dont dispose l'équipage indiquent pour l'après-midi du 19 juin 2018 à Istres :

- un vent de secteur 320° pour 8 kt ;
- CAVOK¹³ ;
- pression atmosphérique (QNH) 1019 hPa.

¹¹ La navigabilité de cet aéronef civil, utilisé pour les besoins de la SARAA, relève de la réglementation européenne PART.

¹² Les masses au décollage et à l'atterrissage indiquées dans ce rapport sont calculées en tenant compte d'une correction de densité entre l'essence (0,722 kg/l) et le gazole (0,84 kg/l).

¹³ Dans la région d'Istres, *Ceiling And Visibility OK* (CAVOK) correspond aux conditions suivantes : visibilité supérieure à 10 kilomètres, pas de nuages en dessous de 1 500 mètres et pas de phénomène significatif.

1.7.2. Observations

À 16h05, le contrôleur annonce un vent du 240° pour 6 kt avec des rafales à 10 kt. La température est de 33° C.

1.8. Aides à la navigation

L'avion est équipé d'un GPS de type GNS 430.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'évènement, l'aéronef est en contact avec la tour de contrôle d'Istres sur la fréquence VHF¹⁴.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Dans le cadre du futur déploiement de l'Airbus A330-200 MRTT¹⁵ sur la BA 125 d'Istres, une réfection complète du revêtement de surface et du balisage de la plateforme aéronautique modifie par tranches successives les portions de pistes disponibles et les voies de circulation utilisables. Ce chantier est prévu d'avril 2017 à octobre 2018.

Au moment de l'évènement, le chantier concerne le tiers sud de la piste. La portion de piste utilisable est de 3 800 x 53 mètres, le seuil de piste 33 est décalé de 1 150 mètres (cf. figure 1, page 9), des voies de circulation sont fermées et le plan de roulage est modifié.

1.11. Enregistreurs de bord

Le DA40 D n'est pas équipé d'enregistreur de données d'accident.

Le GNS 430 n'a pas de capacité d'enregistrement des trajectoires.

Des données du FADEC¹⁶ sont enregistrées. Ces données ont pu être extraites et exploitées.

1.12. Constatations sur la zone d'impact et l'épave

1.12.1. Examen de la zone

Le terrain hors de la piste emprunté par l'avion n'est pas carrossable, et comporte des herbes hautes et du matériel de chantier. De nombreux débris appartenant à l'avion sont identifiés entre un petit talus à proximité d'un regard en béton, situés en fin de trajectoire, et l'avion accidenté. Le train principal droit fait partie de ces débris.

L'avion s'est immobilisé contre des gaines, sur la bretelle L, en bordure de deux tranchées.

¹⁴ VHF : *very high frequency*, très haute fréquence.

¹⁵ MRTT : *multi-role transport tanker* (avion multi rôles de ravitaillement en vol et de transport).

¹⁶ Le FADEC, acronyme de *full authority digital engine control*, est un système de régulation numérique du moteur permettant la gestion du carburant injecté et du pas de l'hélice en fonction d'une puissance commandée par une unique manette.

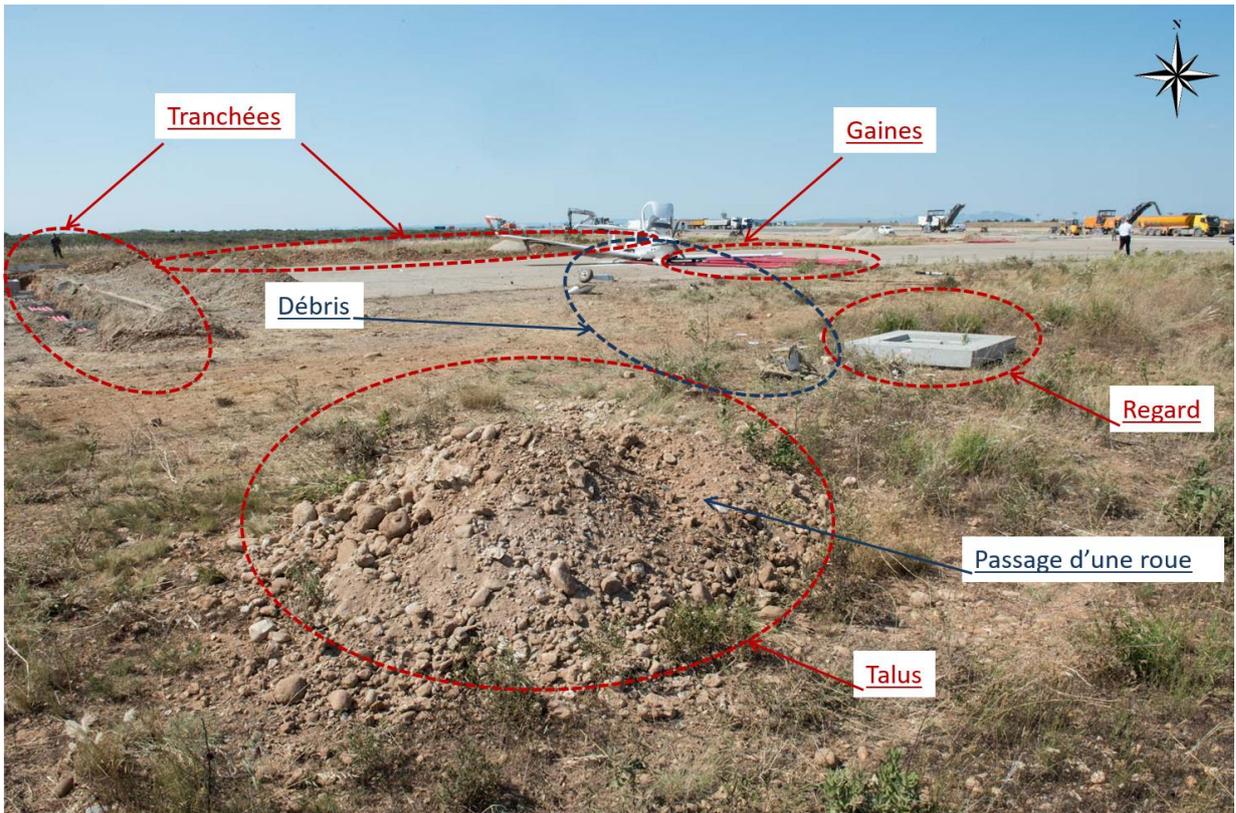


Figure 2 : vue (depuis le sud) de la zone de fin de course



Figure 3 : vue (depuis l'est) de la zone de fin de course

1.12.2. Examen de l'épave

L'avion est orienté à 180° de la trajectoire.

Les dommages constatés sur l'aéronef sont :

- l'arrachement du train principal gauche et du train auxiliaire ;
- l'éventration de l'aile droite ;
- l'enfoncement de l'emplanture de l'aile droite par la jambe de train principal droit ;
- l'arrachement de la roue du train principal droit ;
- l'arrachement du volet de courbure droit ;
- l'arrachement des antennes montées sous le fuselage ;
- la déformation du guignol d'aileron gauche ;
- l'arrachement des extrémités de pales d'hélice ;
- une fissuration de la poutre de queue.

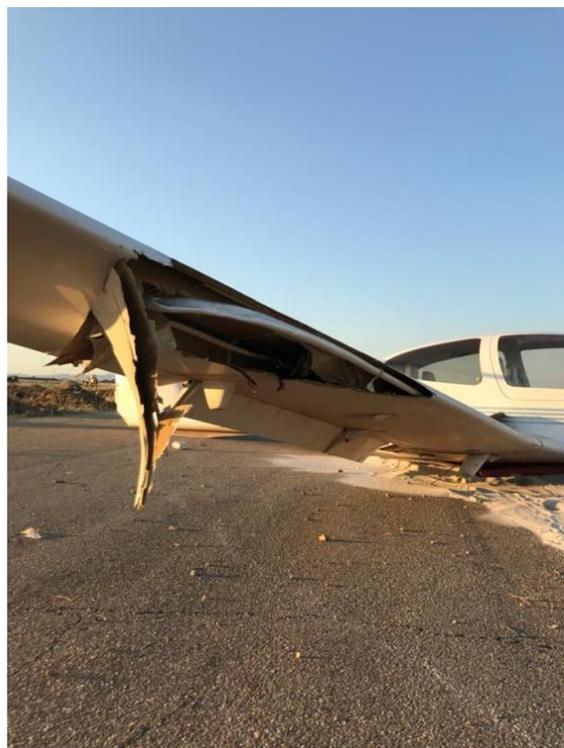


Figure 4 : dommages à l'aile droite



Figure 5 : dommages à la poutre de queue

L'hélice est en position de repos, au plein petit pas. Les volets sont en position atterrissage. La commande secours carburant est observée dans une position intermédiaire entre « normal » et « emerg. transfer » avec le « fil à casser » en tension. Les prélèvements de carburant effectués sur l'avion révèlent une anomalie.



Figure 6 : commande secours carburant

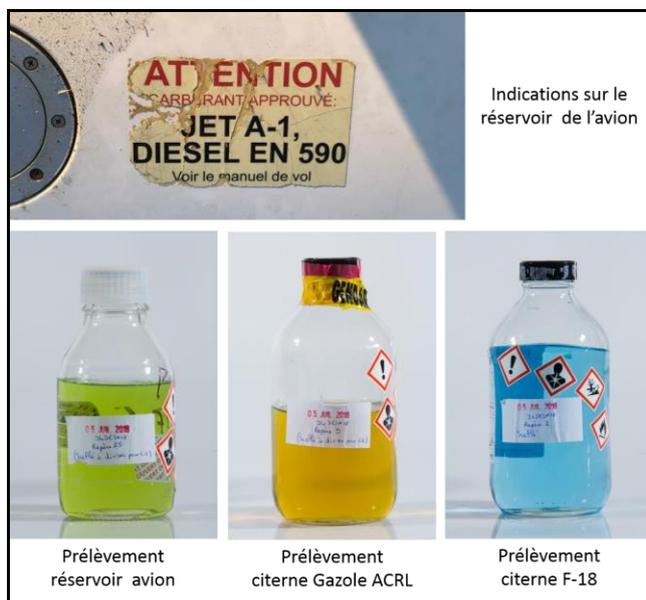


Figure 7 : prélèvements carburants

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

1.13.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical¹⁷ :
 - type : expertise en centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) le 5 juin 2018
 - résultat : apte pilote de chasse - 12 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

¹⁷ Selon l'instruction ministérielle n°4000/DEF/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA du 20 avril 2017 relative aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir dans les emplois du personnel navigant.

1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité le 18 juin 2018
(référence : CEMPN du 27 septembre 2017, apte 12 mois)
 - résultat : apte pilote estafette - 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

1.13.1.3. Chef de mission

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité le 9 mai 2018
(référence : CEMPN du 9 novembre 2017, apte 12 mois)
 - résultat : apte pilote estafette - 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

1.13.2. Quatrième membre d'équipage

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité le 7 novembre 2017
(référence : CEMPN du 22 novembre 2016, apte 24 mois)
 - résultat : apte classe 3 - 12 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessure : aucune

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

Les quatre occupants évacuent par leurs propres moyens, une fois l'avion immobilisé.

1.15.2. Organisation des secours

Les pompiers arrivent très rapidement à l'avion suivis par une équipe médicale.

À 16h09, une seconde équipe médicale est demandée. Celle-ci a des difficultés à rejoindre la zone mais le retard est sans incidence sur le déroulement des opérations de secours.

1.16. Essais et recherches

Le FADEC a été confié au BEA en vue de l'extraction des enregistrements. Les données ont été exploitées avec le concours de DGA EP/DESA et de Technify Motors.

L'expertise des prélèvements de fluide a été confiée à DGA EP/DESA. Ceux-ci incluent les prélèvements de carburant effectués d'une part sur l'avion au niveau du moteur et du réservoir d'aile gauche et d'autre part les prélèvements sur les deux dernières citernes ayant servi à l'approvisionnement (Eyguières et Istres le Tubé). Le concours du CEPIA et d'ASG a été requis pour déterminer l'indice de cétane¹⁸ du mélange contenu dans le réservoir gauche.

L'expertise du moteur a été confiée à DGA EP/DESA avec le support de Technify Motors.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. SARAA SA125

La SARAA d'Istres est une unité de l'armée de l'air constituée exclusivement de réservistes. L'unité est activée par périodes en fonction des besoins de l'armée de l'air. La SARAA est commandée par un militaire, qui bien qu'officier de réserve, assure en permanence l'exercice de ce commandement¹⁹.

Deux commandants d'unité se sont succédés entre 2017 et 2018.

Les missions d'une SARAA sont exécutées avec deux pilotes à bord : un commandant de bord (PCB) et un chef de mission (PCM). Le PCB est en charge de la fonction pilotage et de la sécurité aérienne à bord de l'appareil. Le PCM est responsable de l'emploi de l'aéronef au profit de l'autorité bénéficiaire. Certains personnels des armées tels que des contrôleurs aériens, des photographes mandatés ou des médecins chargés du personnel navigant bénéficient d'une autorisation permanente d'embarquement par le CFA en qualité de passager (PAX), sous réserve que le commandant de la SARAA valide cet embarquement.

Trois marchés passés avec des aéroclubs régionaux permettent la mise à disposition d'aéronefs au profit de la SARAA d'Istres. En 2017, seuls des avions équipés d'un moteur à essence ont été utilisés. En 2018, les vols ont été réalisés alternativement avec des avions équipés d'un moteur à essence ou d'un moteur diesel : un TB20 (essence) d'Aéropyrenées en semaine 6, un PA28 TDI (diesel) d'Aéropyrenées en semaines 9 et 16 et des DA40 D (diesel) d'ACRL en semaines 24 et 25. Le PA28 TDI (diesel) en semaine 9 a été substitué à un M20 (essence) initialement prévu.

1.17.2. Aéro-club Rossi-Levallois

En complément de sa flotte école, l'ACRL s'est doté pour la navigation d'un Dyn aéro MCR-4S équipé d'un moteur Rotax à essence et de deux DA40 D équipés d'un moteur Thielert diesel. Au moyen d'une convention, l'ACRL loue ses DA40 D à la SARAA d'Istres.

Ces DA40 D sont principalement avitaillés en gazole à la pompe du club. Quand une navigation nécessite un avitaillement en escale, celui-ci est réalisé en JET A-1 lors d'une escale sur un aérodrome civil. Une consigne ACRL demande aux pilotes de laisser au plus 10 gallons américains (US gal) par réservoir afin de permettre le cas échéant l'embarquement de quatre personnes pour le vol suivant.

¹⁸ Le cétane (ou hexadécane) est un hydrocarbure saturé entrant dans la composition du gazole. Sa formule chimique est C₁₆H₃₄. L'indice de cétane d'un carburant est une caractéristique utile pour les moteurs diesel.

¹⁹ Cf. §415 de la règle d'emploi des SARAA (publication du CFA n°33/CFA/EM/NP du 12 septembre 2016).

1.17.3. DEA Istres

La première mission du dépôt essences air (DEA) d'Istres est d'assurer l'avitaillement de tous les aéronefs stationnés ou de passage sur la BA 125 d'Istres. Le carburant disponible à l'avitaillement est le F-34 (carburéacteur) et, sur demande préalable, le F-18 (essence d'aviation). Le camion-citerne servant à l'avitaillement en F-18 a une contenance nominale de 2 500 litres et est approvisionné au DEA de Salon-de-Provence.

Le DEA d'Istres est subordonné à la direction de l'exploitation et de la logistique pétrolières interarmées (DELPIA) de Nancy.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Diamond Aircraft DA40

Le DA40 est un avion quadriplace développé à la fin du siècle dernier par la société autrichienne Diamond Aircraft suite au succès du DA20, biplace. La certification JAR 23 du DA40 a été obtenue en octobre 2000. Il existe différentes versions de motorisation : à essence, fabriqués par Lycoming, et au gazole fabriqués par Thielert. Une lettre ou un groupe de lettres en suffixe permettent d'identifier la version. Les moteurs des DA40 D fonctionnent au gazole et aux carburéacteurs.

1.18.2. Moteurs Thielert TAE 125

Les moteurs Thielert TAE 125 sont choisis par divers constructeurs pour équiper des avions tels que les DA40, DA42, Cessna 172, Piper PA28 et Robin DR400. Ce sont des moteurs diesel à quatre cylindres en ligne à haute pression d'injection directe (rampe d'injection commune) et turbocompressés.

Les moteurs Thielert TAE 125 ont fait l'objet en 2013 et en 2015 d'études de sécurité²⁰ par le BEA suite à des défaillances. Ces études ont conduit à des recommandations qui ont été prises en compte par Thielert.

1.18.3. Carburants aviation

Les carburants pour moteurs d'aéronefs comprennent :

- le carburant pour moteurs à pistons appelé aussi « essence d'aviation » ou AVGAS ;
- les carburants pour turbomachines appelés aussi « carburéacteurs ou turbocarburants ».

Le carburant pour moteurs à pistons est une essence d'aviation de grade 100/130 à basse teneur en plomb. Sa dénomination dans l'aviation civile est AVGAS 100 LL ou 100/130. Le code OTAN associé est F-18. Il contient un additif lui conférant une coloration bleue.

En France, les carburants pour turbomachines comprennent le carburéacteur et le carburéacteur haut point d'éclair. Ces carburants n'étant pas colorés artificiellement, leur teinte naturelle varie de l'incolore au jaune paille selon l'origine des pétroles dont ils sont issus. Divers additifs peuvent être ajoutés aux carburéacteurs tels que les additifs anticorrosion, antistatique, antiglace, etc.

²⁰ Étude de sécurité, événements liés à un dysfonctionnement du moteur, moteurs Thielert TAE 125 (BEA, décembre 2013); étude de sécurité sur les défaillances de pompes carburant basse pression P/N 05-7312-K007301 des moteurs Thielert Aircraft Engines TAE 125-02-99 (BEA, juin 2015).

Le carburéacteur est un produit généralement tiré d'une coupe de distillation très étroite des pétroles bruts appelée « kérosène ». Le carburéacteur sans antiglace porte le code OTAN F-35 et sa dénomination civile internationale est JET-A1. Avec antiglace, le carburéacteur porte le code OTAN F-34.

Le carburéacteur haut point d'éclair est le carburant spécialement élaboré pour permettre son emploi à bord des navires. Son point d'éclair supérieur à 60° C et sa faible volatilité réduisent les dangers d'incendie et d'explosion au cours des manipulations ou à la suite d'avaries de combat à bord des bâtiments. Avec de l'antiglace, sa dénomination OTAN est F-44.

Le gazole est un carburant destiné aux moteurs à allumage par compression (moteurs diesel). D'un usage initialement terrestre, l'utilisation du gazole s'étend à l'aviation légère pour des aéronefs équipés de moteurs diesel. La dénomination OTAN du gazole est F-54.

1.18.4. Plans de prévention des erreurs d'avitaillement

Entre les années 1970 et 1981, les États-Unis d'Amérique ont enregistré cinquante-quatre accidents sur leur territoire continental consécutifs à une erreur d'avitaillement en carburant. Au total, trente-quatre décès et quarante-trois blessés graves sont à dénombrer sur treize de ces cas. Le profil des équipages impliqués par ces erreurs de carburant est très étendu en terme d'expérience et comprend aussi bien des pilotes privés que des pilotes professionnels et des instructeurs. Confrontées à une augmentation rapide de cas d'erreur d'avitaillement en aviation générale, les autorités américaines et l'industrie se sont associées à partir de 1982 pour développer des moyens de prévention qui ont débouchés sur des dispositions innovantes telles que des autocollants d'identification de carburant, des détrompeurs physiques empêchant l'introduction d'un pistolet de carburéacteur dans un réservoir d'AVGAS (cf. figure 8), des procédures standardisées d'avitaillement et des programmes de formation et de sensibilisation. Ces dispositions se sont peu à peu élargies à l'aviation civile internationale.



Figure 8 : ergonomie des pistolets de carburant d'aviation

Au début des années 2000, des constructeurs d'aéronefs développent des variantes équipées de moteur diesel qui rencontrent peu à peu un vif succès en aviation générale grâce à des coûts d'exploitation inférieurs à ceux équipés de moteurs à essence. Certains aéronefs en service, équipés lors de leur immatriculation de moteur(s) à essence sont même convertis en moteur(s) diesel. La distinction des différentes variantes est très difficile visuellement (cf. figure 9). De plus, dans le cas d'un aéronef modifié après sa mise en service, le remplacement des orifices de remplissage des réservoirs par des orifices de plus grand diamètre adaptés aux aéronefs utilisant du carburéacteur peut ne pas avoir été effectué.



Cirrus (diesel)



Cirrus (essence)

Figure 9 : exemple d'aéronefs similaires requérant des types de carburant différents

En 2006, la cause principale d'erreur d'avitaillement identifiée par la *national air transportation association* (NATA) est l'absence de confirmation du type de carburant à la livraison, par le livrancier comme par le client. La NATA promeut à destination des différents intervenants (pilotes, avitailleurs, et leurs intermédiaires) un programme de prévention axé sur la vérification du type de carburant au moyen d'autocollants pour aéronefs et matériels d'avitaillement, et renforcé par des formulaires et des équipements sélectifs.

En 2016, le *national transportation safety board* (NTSB) publie deux *safety alert*²¹ (alerte de sécurité) à destination des pilotes et des avitailleurs.

Le *safety alert* à l'attention des pilotes stipule :

- de toujours indiquer au personnel avitailleur l'immatriculation de son avion, le type de carburant et les réservoirs à ravitailler, puis de vérifier que le carburant fourni est le bon ;
- de s'assurer que les étiquettes de carburant soient correctes, à l'emplacement approprié et faciles à lire. Elles peuvent se détériorer avec le temps ;
- d'être attentif au fait que le personnel avitailleur pourrait spontanément délivrer un carburant inadapté au regard d'une expérience liée à une motorisation particulière. De plus, sur un aéroport accueillant de petits hélicoptères à turbine, les pistolets de carburant peuvent avoir été modifiés de sorte que celui du carburéacteur soit équipé d'un petit embout rond similaire à celui de l'AVGAS ;
- de ne pas oublier qu'un seul contrôle visuel peut ne pas suffire à détecter un mélange de carburéacteur et d'AVGAS, bien que ces carburants aient des odeurs, des couleurs et des propriétés d'évaporation distinctes ;
- d'utiliser le reçu comme vérification de sécurité supplémentaire pour s'assurer que son avion a été avitaillé avec le carburant adéquat. De nombreux pilotes dont l'avion a été ravitaillé avec un carburant inapproprié ont signé un récépissé indiquant explicitement cet avitaillement inapproprié.

Le *safety alert* à l'attention du personnel avitailleur stipule :

- de s'assurer que les pilotes ont indiqué le type de carburant et la quantité requise, puis de vérifier que le bon carburant et la bonne quantité ont été fournis ;
- de lire et de vérifier que les étiquettes de carburant correspondent. En cas de divergence entre ce que le pilote demande et ce qui est indiqué sur les étiquettes, de faire signer au pilote un formulaire de vérification du type de carburant ;

²¹ *Safety alert SA-050 "Pilots: Fueling Mistakes - Learn how to detect if your aircraft has been misfueled", safety alert SA-051 "Line Personnel: Fueling Matters - Prevent misfueling through standardized procedures for every aircraft".*

- d'identifier l'aéronef par son immatriculation plutôt que par la marque ou le modèle. En raison de certificats de type supplémentaires remplaçant les moteurs à pistons par des moteurs diesel, savoir que même si on a déjà ravitaillé un avion avec de l'AVGAS, un avion similaire peut nécessiter du carburéacteur. De plus, si l'aéroport accueille de petits hélicoptères à turbine, les pistolets de carburant peuvent avoir été modifiés de sorte que celui de carburéacteur soit équipé d'un petit embout rond similaire à celui de l'AVGAS ;
- d'utiliser le reçu comme vérification de sécurité supplémentaire pour s'assurer auprès du pilote que le carburant adéquat a bien été fourni. De nombreux pilotes dont l'avion a été ravitaillé avec un carburant inapproprié ont signé un récépissé indiquant cet avitaillement inapproprié.

Par ailleurs, en janvier 2017, l'organisme britannique *Energy Institute* a publié la seconde édition du guide de procédures d'avitaillement par gravité garantissant la livraison du bon carburant à un aéronef²².

1.18.5. Erreurs de carburant en France

En France, parmi les erreurs de carburant portées à la connaissance des autorités nationales, seul un cas de ravitaillement en AVGAS antérieur à 2007 d'un avion fonctionnant avec du carburéacteur a été publié (REC info n° 7/2007, cf. annexe 1). L'équipage est constitué d'un pilote instructeur et de son élève. L'avion, historiquement équipé d'un moteur essence, est dans ce cas équipé d'un moteur fonctionnant au carburéacteur. Pendant l'avitaillement, l'équipage se concentre sur sa navigation retour. La facture est réglée par l'élève sans être vérifiée par l'instructeur. L'erreur n'a été détectée que le lendemain, au moment du traitement de la facture par l'aéroclub, après plusieurs vols mais avant qu'un accident ne se produise.

L'accident le plus récent en France ayant pour origine une erreur d'avitaillement date du 31 août 2015, sur l'aéroport de Cannes Mandelieu. L'avitaillement d'un PA46 fonctionnant à l'AVGAS est effectué en JET A-1, provoquant une panne du moteur au cours de la montée initiale. Le pilote et le passager sont légèrement blessés, l'avion est détruit. Le rapport du BEA²³ stipule que l'arrêt du moteur résulte d'un avitaillement en carburant erroné, dû à une prise de commande initiale probablement erronée que l'application incomplète des procédures par l'opérateur en charge de l'avitaillement et le manque d'attention du pilote n'ont pas permis de récupérer.

Postérieurement à l'évènement objet du présent rapport, un bulletin de sécurité de l'école de l'aviation civile (ENAC *safety bulletin* 2018/3) mentionne qu'une erreur carburant a pu être évitée grâce à l'intervention *in extremis* du placeur. Le pilote suit les instructions du contrôle jusqu'à une place de stationnement pour un changement d'équipage à Châteauroux. À la demande du pilote de ravitailler, le contrôleur répond de voir avec le placeur. L'avion ne s'étant pas dirigé vers l'automate d'AVGAS pour ravitailler, le placeur appelle spontanément le camion-citerne. Alors que l'avitailleur et le pilote discutent des modalités de paiement, le placeur a le réflexe de vérifier auprès du pilote le type de carburant demandé. Le camion-citerne de carburéacteur est finalement renvoyé avant que le ravitaillement n'ait commencé.

²² EI 1597 : *procedures for overwing fuelling to ensure delivery of the correct fuel grade to an aircraft* (ISBN: 9780852939574).

²³ Rapport BEA 2015-0522 de mars 2017.

2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première présente les résultats des expertises, la deuxième reconstitue la séquence probable de l'évènement et la troisième a pour objet la recherche des causes de l'accident.

2.1. Résultats des expertises

2.1.1. Expertise des prélèvements de carburant

Les travaux montrent que tous les prélèvements de carburant réalisés sur l'aéronef correspondent à un mélange de gazole et d'essence 100LL. La teneur moyenne en essence dans ces échantillons est d'environ 71% avec un écart type de $\pm 4\%$ et une répartition détaillée ci-dessous (cf. figure 10).

Points de prélèvement sur l'avion	Concentration en gazole (% en volume)	Concentration en AVGAS (% en volume)
Trappe à carburant aile droite	25	75
Point de purge réservoir aile droite	33	67
Point de purge réservoir aile gauche	29	71
Point de purge du décanteur (<i>gascolator</i>)	33	67
Filtre carburant avion	26	74

Figure 10 : détail des concentrations des prélèvements sur l'avion

La miscibilité non immédiate entre l'essence et le gazole permet d'expliquer la différence de concentration mesurée entre le point haut du réservoir droit (trappe d'avitaillement) et le point bas (purge).

Le carburant se rapprochant le plus de celui consommé par le moteur en fin de vol est celui prélevé dans le filtre carburant. C'est en effet le point de prélèvement situé au plus près du moteur, et pour lequel l'échantillon est homogène.

Bien que le mélange comporte plus d'essence que de gazole, l'indice de cétane a néanmoins été recherché afin de caractériser la capacité d'inflammation du mélange sous l'effet de la compression. La valeur de 22,9 a été mesurée. À titre de comparaison, l'indice de cétane du gazole et du fioul domestique sont respectivement de 51 et 40.

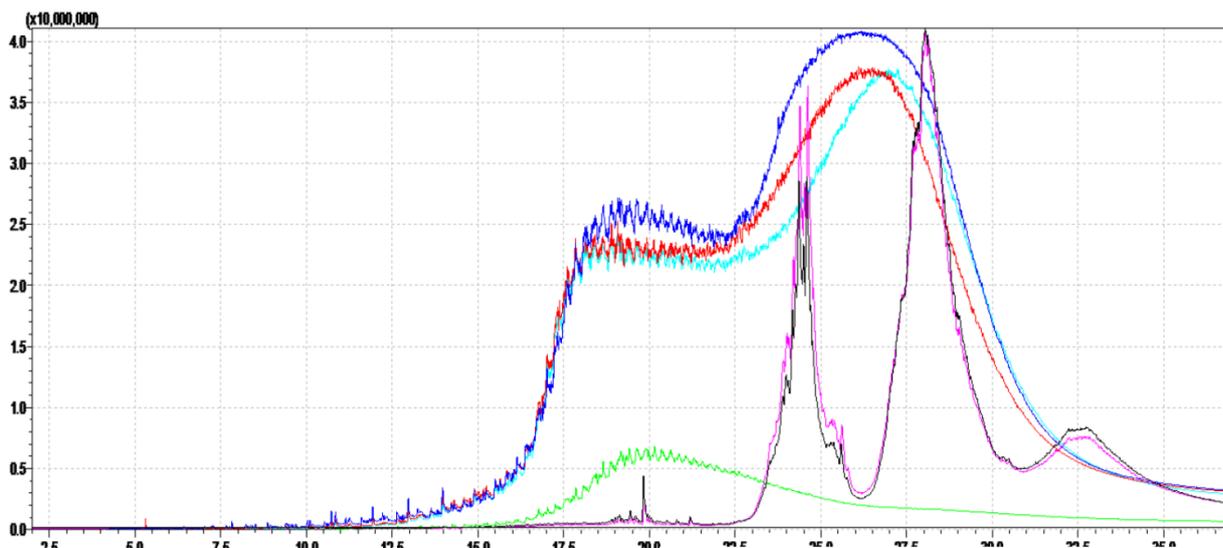
2.1.2. Expertise du prélèvement d'huile du réducteur

Les analyses²⁴ montrent que l'huile prélevée sur le réducteur n'est pas de l'huile Shell Spirax S6 ATF ZM, contrairement à l'attendu. En effet, l'organisme de maintenance certifiée avait utilisé ce type d'huile pour la vidange du circuit lors d'une visite de type 100 heures, trois semaines avant l'évènement.

Les caractéristiques de l'huile Shell Spirax S6 ATF ZM ont évolué dans le temps, sans que la dénomination commerciale ni le code produit (001D8307) ne changent. Les fiches de données de sécurité (FDS) indiquent que la couleur du produit est passée du bleu au jaune en 2017.

Le type d'huile prélevé n'a pas pu être identifié.

²⁴ Analyses par chromatographie en phase gazeuse, couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS).



- Huile réducteur prélevée sur le F-HANS - Fluide de couleur bleu
- Huile réducteur prélevée sur le F-HANS - Fluide de couleur bleu
- Huile Shell Spirax S6 GXME 75W80 – neuve, de couleur jaune, fournie par ATA Maintenance
- Huile Shell Spirax S6 ATF ZM – usagée (781 heures), de couleur bleu
- Huile Shell Spirax S6 ATF ZM – usagée (497 heures), de couleur marron prélevée sur un DA42 de l'ENAC Melun
- Huile Shell Spirax S6 ATF ZM – neuve, de couleur jaune

Figure 11 : analyse de l'huile du réducteur

2.1.3. Expertise des autres prélèvements de fluide

L'analyse des prélèvements d'huile du moteur et du liquide de refroidissement ne révèlent pas d'anomalie.

2.1.4. Expertise du moteur

L'inspection du bloc moteur, du filtre carburant, des pompes carburant et des injecteurs n'a révélé aucune anomalie (cf. annexe 2).

2.1.5. Expertise de l'hélice



Figure 12 : hélice

Le calage de l'hélice est au plein petit pas, ce qui correspond à l'attendu moteur arrêté. Les trois pales sont endommagées de façon semblable à leur extrémité. Ceci traduit une rotation à faible régime lors de l'impact au sol.

L'hélice était en moulinet suite à la coupure commandée du moteur quelques secondes avant l'atterrissage. Les endommagements sont la conséquence de l'effacement du train avant.

2.1.6. Expertise du réducteur

Le réducteur permet d'avoir un ratio de 1,69 entre le régime moteur et le régime hélice.

Une microparticule d'acier faiblement allié (moins de 1% de chrome et de nickel) a été trouvée sur le bouchon magnétique de vidange du circuit d'huile du réducteur. Ses dimensions sont : 640 microns de longueur et 140 microns de largeur.

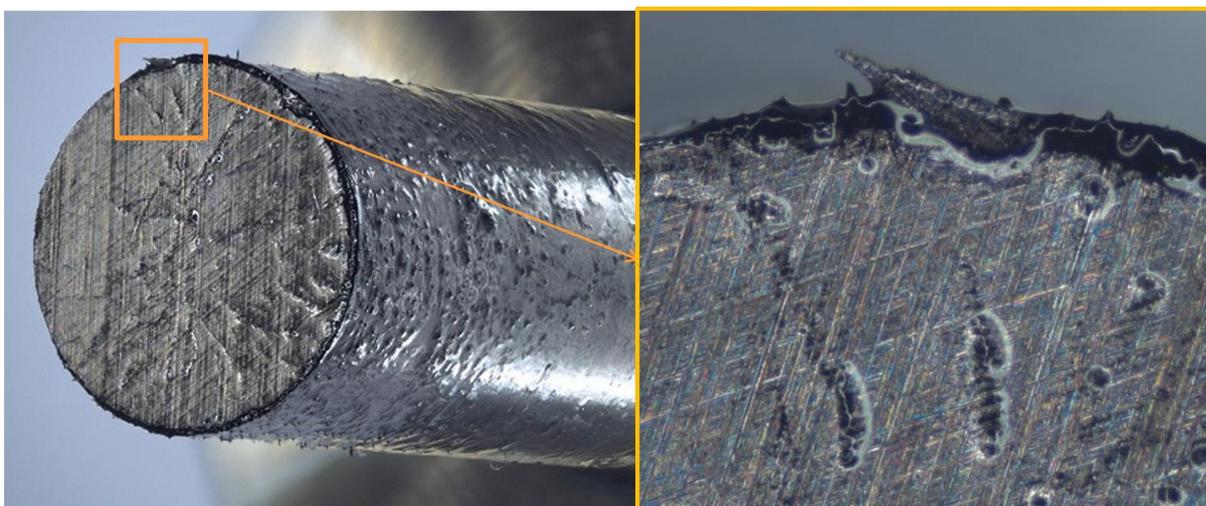


Figure 13 : bouchon magnétique du réducteur

Le démontage du réducteur n'a révélé aucune anomalie.

2.1.7. Expertise du FADEC

Le FADEC est en bon état. L'enregistrement des paramètres est effectué à une fréquence de 100 Hz (tous les 100^e de seconde). Les données extraites sont exploitables malgré une discontinuité de l'enregistrement.

Les horaires et paramètres associés aux temps suivants n'ont pas été enregistrés :

- durant une seconde (de hh:mm:27,00 à hh:mm:27,99) à 14h11, 14h16, 14h21, 14h26, 14h31, 14h36, 14h41, 14h46, 14h51, 14h56, 15h01 ;
- durant sept secondes de 15:01:27,00 à 15:01:33,99 ;
- durant une seconde (de hh:mm:33,00 à hh:mm:33,99) à 15h06, 15h11, 15h16, 15h21, 15h26, 15h31, 15h36, 15h41, 15h46, 15h51, 15h56 ;
- durant cinq secondes de 16:01:33,00 à 16:01:37,99.

Aucune alarme n'est signalée dans le fichier *active warnings* des ECU A et B et le journal d'évènements (*event log*) ne comporte que des messages relatifs au démarrage et à l'arrêt du moteur.

Aucune alarme liée à un dysfonctionnement du moteur ne s'est déclenchée durant le vol. La dernière anomalie enregistrée remonte au-delà de deux semaines avant l'évènement.

Analyse des paramètres du dernier vol enregistré

L'analyse des données du FADEC témoigne que le moteur a répondu aux sollicitations du pilote de la mise en route jusqu'à l'intégration du circuit de piste à Istres.

14h11m15s : démarrage du moteur

14h11m28s : début d'enregistrement des données

14h20m27s – 14h20m54s : test ECU

14h24m46s : décollage, manette de puissance sur *max*, la puissance disponible indiquée (*load*) est de 99 %

16h04m14s : fin de croisière ; recul de la manette de puissance sous 77 %, *load* ≤ 73 %

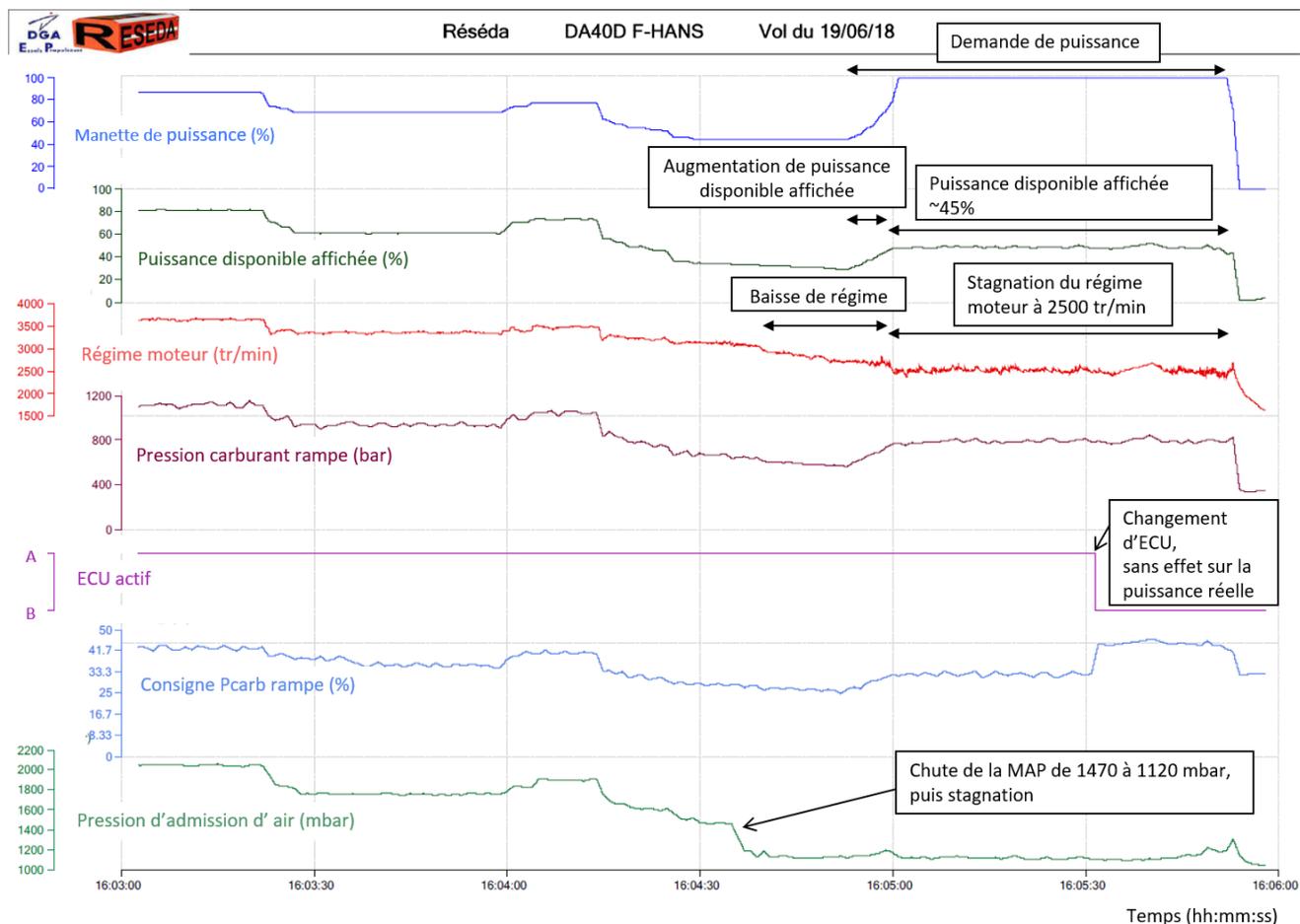


Figure 14 : extrait de paramètres du FADEC au moment de l'évènement

Le premier indice de dysfonctionnement du moteur est une baisse puis une stagnation à un niveau anormalement bas de la pression d'admission d'air (MAP : *manifold air pressure*) après la réduction de puissance à 16h04. Lors de la demande de puissance commandée à 16h05, le moteur n'est pas arrêté et les paramètres MAP et pression de carburant dans la rampe remontent légèrement puis stagnent à des valeurs basses. Le régime moteur [respectivement hélice] baisse légèrement puis stagne à 2 500 tr/min [1 500 tr/min] au lieu des 3 900 tr/min [2 300 tr/min] attendus.

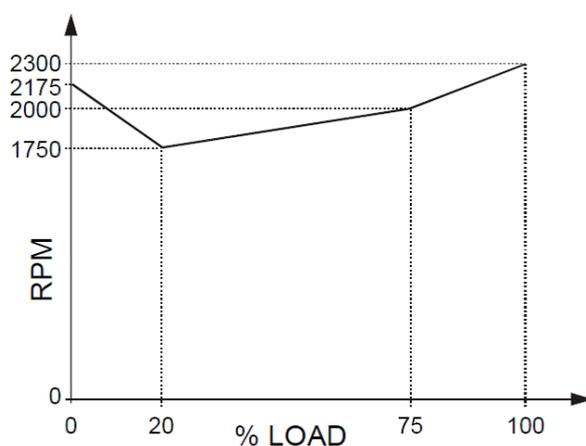


Figure 15 : loi de commande du régime hélice par l'ECU en fonction de la puissance commandée

- 16h04m33s : début de chute du MAP (< 1 470 mbar) ; régime moteur = 3 140 tr/min ; manette de puissance à 44 %, *load* = 34 %
- 16h04m35s : défaut d'allumage provoquant une légère perte de régime moteur ; manette de puissance à 44 %, *load* = 33 %
- 16h04m39s : baisse de régime moteur en dessous du minimum implémenté par l'ECU ; manette de puissance à 44 %, *load* = 32 %
- 16h04m53s : manette de puissance à 44 %, *load* = 29 %, régime moteur = 2 700 tr/min, début de demande de puissance par le pilote
- 16h05m01s : manette de puissance sur *max*, *load* = 48 %, régime moteur = 2 500 tr/min
- 16h05m52s : manette de puissance sur *idle* (ralenti)
- 16h05m53s : *engine master* (interrupteur moteur) sur *off*
- 16h06m12s : fin d'enregistrement des données

2.2. Séquence de l'évènement

Lundi 18 juin 2018

- 12h09 : mise en route du DA40 D en vue de son convoyage d'Eyguières à Istres par le commandant en second de la SARAA
- 12h37 : arrêt moteur après atterrissage à Istres
- 14h47 : mise en route du DA40 D pour un entraînement à destination de Gap
- 16h41 : arrêt moteur après atterrissage à Aubenas, suite déroutement pour cause météo
- 16h57 : redémarrage après permutation de l'équipage pour le vol retour
- 18h08 : arrêt moteur au parking de l'escale d'Istres

Un camion-citerne sur lequel le pilote lit l'inscription « F-18 » se place à proximité. Le pilote interpelle ses collègues dont le PCB : « F-18, ça vous parle ? ». Le conducteur avitailleur tend le fil de masse et le pistolet carburant au pilote. Ce dernier verse 52 litres de F-18 dans les réservoirs de l'avion et signe le bon de livraison.

18h20 : le PCB vérifie la quantité de carburant inscrite sur le bon de livraison sans remarquer la mention F-18

Mardi 19 juin 2018

14h24 : le DA40 D décolle d'Istres

Le carburant non consommé en sortie de rampe d'injection est envoyé dans le réservoir d'aile droite. Au fur et à mesure du vol, la proportion d'essence dans les réservoirs augmente pour atteindre environ 70% au retour à Istres.

16h04 : la réduction de puissance commandée par le pilote pour intégrer le circuit de piste conjuguée à un trop faible indice de cétane du mélange, provoque un défaut d'inflammation du carburant malgré l'effet de compression du moteur qui continue de tourner

16h05 : lorsque le pilote met plein gaz, le défaut d'inflammation du mélange persiste, le moteur continue de perdre de la puissance mais l'indicateur de puissance affiche une tendance inverse et monte jusqu'à 48%

Cinquante secondes plus tard, alors que la puissance disponible affichée est de 43%, le pilote coupe le moteur et l'équipage se prépare à un atterrissage forcé en lisière des travaux.

2.3. Recherche des causes de l'accident

2.3.1. Domaine technique

2.3.1.1. Défaut d'inflammation

Le défaut d'inflammation du carburant dans le moteur diesel est dû à la présence d'essence dans le mélange.

L'alimentation du moteur par un mélange de carburant non autorisé est à l'origine de la perte de puissance du moteur.

2.3.1.2. Ecart entre puissance affichée et puissance délivrée

Quand le pilote remet les gaz, la puissance disponible affichée augmente alors que la puissance réelle diminue. Quand la manette de puissance est au maximum, la puissance disponible indiquée est de 45%. Le pilote et le PCB ont conscience que cette valeur est largement en dessous des 100% attendus dans cette phase de vol. Cependant, ils ne comprennent pas pourquoi cette valeur ne leur permet pas de maintenir un palier. En effet, *load* = 45% correspond au pré-affichage standard pour tenir 80 kt en vent arrière.

La puissance affichée est erronée et incohérente avec la perte de puissance effective. Ceci a été préjudiciable à l'analyse de la situation par les pilotes.

2.3.1.3. Huile du réducteur

Les analyses ont montré que l'huile du réducteur n'est pas celle que l'organisme de maintenance certifiée avoir utilisé pour la vidange du circuit, trois semaines avant l'évènement. L'huile n'ayant pas pu être identifiée, il ne peut être garanti que celle-ci soit conforme aux exigences du motoriste. Le démontage du réducteur n'a révélé aucune anomalie.

L'utilisation d'une huile potentiellement non autorisée pour la lubrification du réducteur hélice est sans lien avec l'évènement. Cette non-conformité aurait néanmoins pu être à l'origine d'une dégradation des paliers du réducteur et d'une panne moteur.

2.3.2. Domaine des facteurs organisationnels et humains (FOH)

2.3.2.1. Nature du vol

Vol de l'évènement

Le vol est programmé le matin pour un décollage à 14h15. La mission associe une reconnaissance de zone au profit d'un contrôleur aérien et un contrôle d'aptitude aux fonctions de PCB d'un pilote de la SARAA.

La mission se passe normalement jusqu'à la destination finale où, lors de l'intégration du circuit de piste, une perte de puissance du moteur apparaît.

La nature du vol de l'évènement ne présente aucune difficulté particulière.

Vol précédant l'avitaillement

L'avitaillement de l'aéronef est effectué à l'issue d'une mission d'entraînement au circuit de piste et à la navigation. L'équipage est constitué de trois pilotes et un changement de fonctions au sein de cet équipage est prévu lors d'une escale. Deux ordres de vol en donnent le détail.

À l'aller, le commandant en second de la SARAA est PCM en place avant droite, un second pilote est PCB en place avant gauche, et un troisième pilote est en place arrière. En ce premier jour de période d'activation de la SARAA, le commandant en second est le seul pilote de l'unité avec une qualification PCM valide.

Au retour, le commandant en second de la SARAA passe PCB en place avant droite, le second pilote passe en place arrière et le troisième pilote passe PIL en place avant gauche. Ce vol constitue une préparation de ce pilote au vol d'évaluation programmé le lendemain.

Initialement prévue sur l'aérodrome de Gap, l'escale est finalement réalisée sur l'aérodrome d'Aubenas en raison de conditions météorologiques nécessitant un déroutement. Ce déroutement a engendré un peu de travail complémentaire avant que le vol retour ne soit entrepris.

La nature du vol précédant l'avitaillement n'est pas particulièrement complexe.

2.3.2.2. Expériences

Équipage lors de l'accident

Lors de l'évènement l'équipage est constitué de trois pilotes et d'un contrôleur.

Le pilote en fonction, en place gauche, est en contrôle d'aptitude aux fonctions de PCB. Il totalise 10207 heures de vol, dont 1743 heures de vol sur monomoteur à piston incluant 5 heures sur moteur diesel. Pilote de ligne, il est entraîné régulièrement aux procédures d'urgence.

Le pilote en place droite est PCB et OCT. Pilote de chasse totalisant 3084 heures de vol dont 58 heures de vol sur monomoteur à piston incluant 12 heures sur moteur diesel, il traite la perte de puissance en coopération avec le pilote et valide la zone où celui-ci réalisera l'atterrissage forcé.

Le pilote en place arrière est PCM. Ancien pilote de transport totalisant 5 610 heures de vol dont 303 heures de vol sur monomoteur à piston incluant 28 heures sur moteur diesel, il vérifie en silence les actions des pilotes en places avant et donne les consignes d'atterrissage forcé au contrôleur assis à ses côtés.

L'expérience aéronautique de l'équipage lors de l'évènement le mardi est très importante. Cette expérience a fortement contribué à un traitement méthodique de la perte de puissance et à la sauvegarde des personnes embarquées.

Équipage lors de l'avitaillement

Lors de l'avitaillement, l'équipage est constitué de trois pilotes.

Le pilote qui exécute l'avitaillement est celui qui sera évalué aux fonctions de PCB le lendemain. En qualité de pilote de ligne, il vérifie l'avitaillement carburant sans y participer. En qualité de pilote privé en aéroclub, il a l'habitude de faire des avitaillements d'avions légers. Il connaît les nomenclatures civiles du carburant mais pas leur correspondance OTAN.

Le PCB délègue l'avitaillement et vérifie la quantité de carburant inscrite sur le bon de livraison sans remarquer la mention F-18. PCM lors du vol du lendemain, c'est un ancien pilote de transport qui connaît les nomenclatures civiles du carburant et leur correspondance OTAN.

Le troisième pilote, qui ne participe pas à l'avitaillement, est un ancien chasseur alpin, reconverti en pilote professionnel qui connaît les nomenclatures civiles du carburant d'aviation mais pas leur correspondance OTAN.

L'expérience aéronautique de l'équipage lors de l'avitaillement le lundi est très importante, mais son expérience sur avion monomoteur à piston diesel comme le DA40 D est faible. Des trois pilotes, seul le PCB est familiarisé aux nomenclatures OTAN du carburant d'aviation.

Conducteur-avitailleur du DEA

Le conducteur-avitailleur (CA) est un jeune militaire du rang, affecté au DEA d'Istres 3 mois avant l'évènement et dont la formation est toujours en cours.

Son livret de formation indique que son parrain le juge capable d'effectuer seul des avitaillements dans le respect des consignes depuis un mois, bien qu'au moment de l'évènement, cette évaluation n'ait pas encore été formellement validée par le chef de section.

Les compétences du conducteur-avitailleur, encore novice, sont en cours d'acquisition.

2.3.2.3. Absence de procédure d'avitaillement standardisée et fiable

Plan d'avitaillement de la SARAA d'Istres

La note d'organisation relative à l'activation de la SARAA la semaine de l'évènement et dont le DEA d'Istres avait reçu un exemplaire précise à son attention qu' « une citerne de carburant F34 en provenance du SEA permettra l'avitaillement de l'avion », et que pour la semaine « la consommation de carburant est estimée à 400 litres maximum »²⁵.

²⁵ § 5.2.4 DEA SO 481 du *trainplan* n° 304/DEF/BA125/GAA 1A.125/CDT du 14 juin 2018 relatif à l'activation de la SARAA SA.125 en semaine 25/2018.

Cette note n'est pas utilisée par le DEA comme un outil de conduite opérationnelle mais comme une aide à la planification des stocks de carburant. Elle aurait toutefois dû alerter le DEA sur le besoin de la SARAA en F-34 et non en F-18, d'autant que le F-18 n'est censé être disponible que sur demande préalable.

Une exploitation incomplète par le DEA de la note d'activation de la SARAA a contribué à ce que de l'essence d'aviation soit proposée pour un moteur diesel.

Procédure de demande d'avitaillement

Aucune procédure n'identifie explicitement les personnes ou les services habilités à formuler une demande d'avitaillement auprès du DEA, ni ne précise le contenu de la demande. Habituellement, le DEA d'Istres est prévenu d'un besoin d'avitaillement par le contrôle ou l'escale. Le personnel de l'escale interrogé précise que le type de carburant est rarement mentionné et que le type d'aéronef lui est plus généralement substitué. De son côté, le personnel du DEA insiste sur le fait que le type de carburant doit obligatoirement lui être précisé lors de la demande, sans quoi aucun véhicule d'avitaillement n'est déplacé.

Dans le cas de l'évènement, l'escale a demandé l'avitaillement au DEA d'où est parti un CA conduisant un camion-citerne de F-18 pour rejoindre le DA40 D au parking. Les communications entre l'escale, le dépôt et le CA ne sont pas enregistrées ; l'enquête n'a pas permis de déterminer comment le choix du F-18 s'était opéré. Toutefois, les entretiens ont révélé que la majorité du personnel ayant un rôle à jouer dans l'avitaillement (escale, contrôle aérien et DEA) estime que les avions légers tels que le DA40 fonctionnent au F-18.

Les avions monomoteurs à piston diesel ont fait leur apparition en France au début des années 2000 et ne sont pas connus du grand public. Les différents intervenants de la chaîne d'avitaillement en carburant se sont construits progressivement une représentation mentale erronée associant systématiquement les avions légers à l'essence. Cette représentation est à l'origine d'un biais d'habitude contributif de l'évènement.

L'accès à l'aéronef d'un camion avitailleur proposant un carburant inapproprié provient d'un biais d'habitude assez répandu chez les différents intervenants de la chaîne d'avitaillement. L'absence d'une procédure précise de demande d'avitaillement mentionnant explicitement le type de carburant souhaité est un facteur contributif de l'évènement.

Procédure d'avitaillement

Le fait d'être qualifié sur un aéronef autorise un membre d'équipage à réaliser l'avitaillement. Aucune documentation embarquée ne fournit aux équipages de l'armée de l'air une procédure d'avitaillement en carburant. La documentation concernant les consignes d'avitaillement en carburant des aéronefs est contenue dans le règlement technique relatif à l'utilisation, la mise en œuvre et la maintenance des aéronefs de l'armée de l'air (RRM101). Les pilotes interrogés n'ont pas connaissance de cette documentation. Diffusée dans son édition originale de décembre 1982 par la direction centrale du matériel de l'armée de l'air (DCMAA), le RRM101 a reçu sa dernière mise à jour en juin 2010 par le commandement du soutien des forces aériennes (CSFA). Ces organismes ont depuis disparu du fait des successives réorganisations de l'armée de l'air. Désormais, le RRM101 est accessible sur le portail du commandement des forces aériennes (CFA)²⁶ sans que la liste de diffusion n'ait été réactualisée par l'armée de l'air.

²⁶ http://www.cdtaa.air.defense.gouv.fr/publications/REGLEMENTS-DR-X01-C_Basic_16.0/phpV3/consultation.php

La fiche n° 6 du RRM 101 (cf. annexe 3) stipule que les équipages ont la responsabilité de la mise en œuvre de l'avitaillement en cas d'absence de personnel mécanicien qualifié pour réaliser l'avitaillement. De plus, ce document demande, « avant d'effectuer le remplissage, [de] s'assurer que le véhicule avitailleur contient bien le produit consommé par l'aéronef », sans néanmoins fournir de précision concernant la méthode pour s'en assurer.

En l'absence du mécanicien de la SARAA, l'équipage du DA40 D était légitime pour effectuer l'avitaillement en carburant.

Concernant le DEA d'Istres, la procédure d'avitaillement d'un aéronef suivie par tous les CA (cf. annexe 4) ne mentionne pas de contrevérifier le carburant entre l'arrivée à l'aéronef et le début du remplissage (que ce soit par échange avec l'équipage, ou par vérification des vignettes collées à côté des bouchons des réservoirs).

Ainsi, ni les équipages de l'armée de l'air ni les CA du DEA d'Istres ne sont en possession d'une procédure d'avitaillement mentionnant une méthode de contrôle du carburant au pied de l'avion avant la livraison. En cas de sélection inappropriée de la citerne avant l'arrivée sur le site, il existe un risque que l'erreur de carburant ne soit pas détectée avant le remplissage.

L'absence de redondance dans la procédure de vérification entre carburant délivré par le CA et carburant requis par l'aéronef préalablement à l'avitaillement empêche de récupérer une éventuelle erreur.
La fiabilité de l'avitaillement repose uniquement sur l'expérience et les connaissances des opérateurs concernés.

2.3.2.4. Méconnaissance des nomenclatures OTAN par le pilote

Sur la base aérienne d'Istres, les nomenclatures utilisées pour le carburant sont celles de l'OTAN. Lorsque le pilote, privé et de ligne, lit F-18 sur le camion-citerne, il n'est pas en mesure de faire la correspondance avec la nomenclature civile AVGAS 100 LL. Sur les ailes du DA40 D, la mention JET A-1 est inscrite à proximité des réservoirs (cf. figure 7, page 16).

Sans maîtrise des nomenclatures OTAN des carburants d'aviation, le pilote ne peut pas détecter l'erreur de carburant.

La méconnaissance des nomenclatures OTAN des carburants d'aviation par le pilote est un facteur contributif de la non détection de l'erreur de carburant.

2.3.2.5. Excès de confiance de l'équipage lors de l'avitaillement

Excès de confiance du pilote vis-à-vis du CA lors de l'avitaillement

En se dirigeant vers le camion-citerne, le pilote lit la mention F-18 sur la cuve. Il ne sait pas à quel carburant cette nomenclature correspond et, depuis sa position entre l'avion et le camion, demande des précisions aux autres membres d'équipage restés à l'avion. Ils ne répondent pas et le CA à proximité n'apporte pas plus de précisions.

Malgré l'hésitation, le pilote considère que les opérateurs du DEA et de l'escale savent ce qu'ils font, et poursuit l'avitaillement compte tenu de la confiance qu'il accorde au processus. Il n'a jamais été confronté à une erreur de carburant.

L'excès de confiance du pilote envers le processus d'avitaillement a contribué à l'évènement.

Excès de confiance du PCB vis-à-vis du CA lors de la signature du bon d'avitaillement

Le PCB n'a également jamais vécu d'erreur de carburant, même s'il a évoqué au cours des entretiens avoir le vague souvenir d'un évènement sur un autre aérodrome ayant conduit au renvoi d'un camion-citerne. Il a ainsi signé un grand nombre de bons d'avitaillement sans jamais avoir de problème de carburant. Au fil du temps, il a pu acquérir un excès de confiance envers le processus le conduisant progressivement à ne plus contrôler le type de carburant et à ne s'intéresser qu'à la seule donnée importante à ses yeux, la quantité de carburant.

Un excès de confiance du PCB envers le processus d'avitaillement, induit par un biais d'optimisme, peut l'avoir conduit progressivement à ne plus contrôler le type de carburant.

2.3.2.6. Absence de réponse à l'interrogation du pilote sur la nature du carburant

Cécité d'inattention²⁷ du PCB

Alors qu'il est au parking, le PCB commence à débriefing le premier vol et à remplir les documents administratifs.

Par ailleurs préoccupé par l'organisation des vols du lendemain, le PCB est confronté à une forte charge cognitive, l'amenant à confier le processus d'avitaillement au pilote. Subissant très probablement une cécité d'inattention, le PCB n'a pas perçu la question du pilote concernant le carburant.

Le PCB a subi une cécité d'inattention conduisant à une non perception de la demande du pilote concernant la signification de F-18.

Silence du troisième pilote

Il est probable que le troisième pilote ait été également sujet à une cécité d'inattention lors de son débriefing par le PCB.

Il est néanmoins possible qu'il ait entendu la question prononcée par le pilote près de l'avitailleur à un moment où le PCB est plongé dans ses réflexions mais qu'il soit resté silencieux en raison de l'absence de solution qu'il avait à apporter.

Le troisième pilote était probablement absorbé par son débriefing quand la question a été formulée.

²⁷ La cécité d'inattention ou cécité inattentionnelle (traduction de *inattentional blindness*) est le fait d'échouer à remarquer un stimulus, généralement inattendu, mais pourtant parfaitement perceptible. Le phénomène se produit typiquement parce que trop d'éléments mobilisent déjà l'attention de l'observateur. L'étude la plus connue démontrant ce phénomène a été menée par Daniel Simons et Christopher Chabris (cf. www.theinvisiblegorilla.com).

Silence du conducteur-avitailleur

Il est peu probable que le conducteur-avitailleur n'ait pas entendu la question du pilote à l'attention des autres membres d'équipage. Toutefois, en tant que militaire du rang, il peut lui être difficile de répondre à une question d'un officier pilote qui ne lui est pas destinée, d'autant qu'il pense ne pas avoir de raison de douter du carburant.

Si le conducteur-avitailleur a entendu la question du pilote adressée aux autres membres d'équipage, il n'a pas fait de lien avec un éventuel risque d'erreur de carburant et ne s'est pas senti concerné.

2.3.2.7. Charge de travail du PCB

Commandement en second de la SARAA d'Istres

Le commandant montant de la SARAA d'Istres commence sa période de réserve le mardi 19 juin 2018 par les formalités et les briefings associés à sa prise de fonction. Initialement planifiée la veille, le début de la période a été retardée de 24 heures à la demande de l'intéressé pour répondre à des contraintes professionnelles.

Les lundi 18 et mardi 19 juin 2018, le PCB commandant en second de la SARAA d'Istres, est seul pour assumer les responsabilités dévolues au commandant d'unité. Par ailleurs, les seuls pilotes qualifiés PCM étant le commandant montant et le commandant en second, ce dernier se retrouve obligé d'être présent à bord de tous les vols programmés le lundi et le mardi.

Sur les deux jours, la charge de travail du commandant en second est inhabituelle et importante.

Gestion des ravitaillements en carburant

Les ordres de vol rédigés par le commandant en second prévoient que chaque vol débute avec 80 litres de carburant. Cette valeur est issue d'un arrondi à la dizaine de litres supérieure de la quantité d'avitaillement maximum après vol recommandée par l'aéroclub (2 x 10 US gal soit 75,7 litres).

Pour le convoyage de l'aéroclub vers Istres, l'avion part avec 76 litres. Il repart en entraînement à destination de Gap avec environ 72 litres. Le terrain de déroutement ne permettant pas de ravitailler en JET-A1 sans préavis, l'avion repart d'Aubenas avec la quantité de carburant restant du vol précédent (environ 43 litres).

Si la quantité carburant avant chaque vol n'est pas conforme à l'ordre de vol, elle est néanmoins conforme à la quantité minimale requise pour un vol en CAM V.

Si un avitaillement en escale avait été réalisé comme planifié, la quantité de carburant lors de l'avitaillement à Istres en fin de journée n'aurait été que d'une vingtaine de litres. La concentration en essence n'aurait été que de 26% et le vol du mardi 19 juin 2018 aurait certainement pu s'achever sans perte de puissance.

Le report en fin de journée de plusieurs avitaillements a contribué à l'évènement.

Baisse de vigilance du PCB lors de l'avitaillement

La pression temporelle liée à la charge de travail a favorisé une baisse de vigilance du commandant en second de la SARAA d'Istres, lors de la vérification du bon d'avitaillement, dernier document à traiter avant de quitter l'avion. Voulant aller vite, le commandant en second, alors en fonction de PCB, n'a pas contrôlé le type de carburant qui, par expérience, est toujours le bon.

La pression temporelle subie par le commandant en second a conduit à une baisse de vigilance en fin de vol dans ses fonctions de PCB, au moment du contrôle du bon d'avitaillement. Cette baisse de vigilance a contribué à l'évènement.

2.3.2.8. Méconnaissance des spécificités des SARAA par les opérateurs du DEA

Tous les opérateurs du DEA d'Istres, doivent suivre une formation à compter de leur arrivée dans le dépôt qui comprend une présentation des unités aériennes permanentes de la BA 125 et de leurs spécificités. Les conducteurs-avitateurs sont ainsi familiarisés aux situations particulières qu'ils peuvent rencontrer sur la base avec ces unités. Cela concerne notamment la DGA Essais en vol, le groupe de ravitaillement en vol « Bretagne » et, à la date de l'évènement l'escadron de chasse « Lafayette » (aujourd'hui stationné à Saint-Dizier).

Unité activée par périodes, la SARAA et sa flotte disparate ne font pas l'objet de ces présentations. La présence des motorisations essence ou diesel et le profil des réservistes ne sont ainsi pas abordés. Pour les conducteurs-avitateurs du DEA d'Istres, l'avitaillement des avions de la SARAA ne nécessite pas d'attention particulière.

L'absence de prise en compte des spécificités de la SARAA dans la formation des conducteurs-avitateurs du DEA d'Istres conduit à une absence de conscience des risques lors de l'avitaillement.

2.3.2.9. Protection du DA40 D à l'erreur de carburant

Absence de mention du type de carburant sur le carnet de route

Le manuel de vol du DA40 D précise dans le chapitre 7.9.5 relatif au système carburant qu'« afin de fournir des informations sur le type de carburant, il est recommandé de saisir celui-ci dans le carnet de route de l'avion chaque fois qu'un ravitaillement en carburant est effectué ». Ceci est dû au fait que les températures ambiantes de fonctionnement du DA40 D sont moins limitatives avec du carburéacteur qu'avec du gazole ou un mélange de ces deux carburants.

Si le type de carburant avait été saisi sur le carnet de route de l'avion en même temps que la quantité, la mention F-18 aurait pu alerter le PCB du vol suivant lors de la visite prévol.

L'absence systématique de mention du type de carburant dans le carnet de route de l'avion est un facteur contributif de l'évènement.

Absence de barrière physique : ergonomie des orifices de remplissage des réservoirs

Suite aux recommandations du NTSB dans les années 80, les orifices de remplissage de réservoirs d'essence sont désormais inférieurs à ceux de réservoirs de carburacteur. En parallèle, la goulotte du pistolet d'avitaillement d'une citerne d'essence est cylindrique et mince alors que celle d'une citerne de carburacteur est large et aplatie. Ces différences fournissent une barrière physique permettant de protéger les moteurs essence d'une erreur de carburant. Les moteurs diesel ne bénéficient pas de protection équivalente.

Il n'existe aucune barrière physique permettant d'interdire les erreurs de carburant lors de l'avitaillement par gravité d'un avion motorisé diesel.

Absence de référencement des carburants OTAN dans le manuel de vol

Afin de garantir les propriétés de combustion et leurs hautes valeurs énergétiques nécessaires au bon fonctionnement des turbines à gaz, les carburateurs font l'objet de normes. Le JET A-1 est le carburacteur le plus répandu dans le monde. Il satisfait à des exigences internationales rigoureuses, notamment à celles de la dernière version de la norme britannique DEF STAN 91-91, de la norme américaine ASTM D 1655, et de la spécification F-35 de l'OTAN.

Le manuel de vol du DA40 D précise que les carburants certifiés (et la norme associée) sont le traditionnel JET A-1 (ASTM D 1655), les carburateurs américains JET A (ASTM D 1655) et JP-8 (MIL-DTL-83133), le carburacteur chinois JET Fuel No.3 (GB 6537-2006), le carburacteur russe TS-1 (GOST 10227-86) avec additif, et le gazole (EN590). Un mélange de ces différents carburants est possible.

Les vignettes autocollantes à proximité des réservoirs (cf. figure 7) renvoient à *l'airplane flight manual* (AFM) [manuel de vol de l'avion], qui liste un grand nombre de carburants civils du monde entier ainsi que les militaires américains, mais ne fournit aucune précision sur les carburants OTAN compatibles.

L'absence de référencement des carburants OTAN dans la liste des carburants approuvés dans l'AFM ne permet pas de vérification croisée et a contribué à l'évènement.

2.3.2.10. Supervision

Contrôle des procédures au sein du SEA

Suite à l'abrogation en 2017 de l'instruction du 5 décembre 1968 relative à l'exploitation des dépôts « essence-air » et l'exécution des avitaillements d'aéronefs, une mise à jour du guide du conducteur-avitailleur du SEA, vérifiée par la DELPIA/exploitation et validée par la DCSEA/exploitation, a été diffusée.

Cette mise à jour détaille notamment les différentes procédures d'avitaillement et reprend de nombreux principes de précaution déjà énoncés dans la version précédente, comme ceux de la figure 16 suivante :

**TOUJOURS DEMANDER AU PILOTE QUEL CARBURANT IL
SOUHAITE APPROVISIONNER.**

TOUJOURS L'INFORMER DU CARBURANT DÉLIVRÉ.

Figure 16 : extrait du guide du conducteur avitailleur du SEA

Ce guide est présenté à l'ensemble des personnels des différents DEA lors de leur formation, mais n'est pas leur outil de travail quotidien. Il sert de référence pour la rédaction des procédures locales d'avitaillement qui ne reprennent pas nécessairement l'obligation d'une contrevérification avec l'équipage entre carburant requis et carburant livré avec un camion-citerne.

Les consignes d'exploitation rédigées par chaque DEA et validées par le DELPIA de Nancy constituent les procédures opérationnelles enseignées aux opérateurs, et utilisées au quotidien par ces derniers.

Les consignes d'exploitation du DEA d'Istres (cf. annexe 4) prévoient qu'une vérification de la correspondance carburant-aéronef soit réalisée au dépôt, lors de la préparation de la mission d'avitaillement. Aucune méthode ne décrit comment doit être réalisée cette vérification. Sur le lieu d'avitaillement, aucune contrevérification avec l'équipage n'est prescrite.

Le contrôle des procédures internes par la DELPIA est insuffisant. Les procédures développées par le DEA d'Istres ne sont pas en adéquation avec le guide du conducteur-avitailleur du SEA publié et diffusé à l'ensemble des DEA, notamment pour ce qui concerne le principe de précaution suivant, clairement mis en exergue : contrevérifier avec l'équipage avant l'avitaillement l'adéquation entre carburant requis et carburant livré.

Répartition des tâches entre avitailleur et avitaillé

La documentation émanant du SEA définit expressément le rôle de l'équipage, lors d'un avitaillement. Cette documentation étant destinée aux seuls conducteurs-avitailleurs, elle n'est ni connue ni validée par les autorités d'emploi clientes du SEA.

Les équipages ne peuvent ainsi pas se conformer aux prescriptions de la DCSEA.

Conducteurs-avitailleurs et équipages utilisent des procédures qui leur sont propres avec des tâches partagées pourtant méconnues des autres parties. Une harmonisation des procédures entre les différents intervenants aurait permis d'éviter l'erreur d'avitaillement.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de puissance en dernier virage consécutive à une erreur de carburant lors du dernier avitaillement.

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

Le lundi 18 juin 2018, veille de l'évènement, un avion à moteur diesel DA40 D est convoyé d'Eyguières à Istres par le commandant en second de la SARAA, seul PCM disponible les lundi et mardi. Les ravitaillements de l'avion, initialement prévus avant le départ d'Istres puis en escale à Gap, sont finalement reportés en fin d'après-midi, à l'issue des entraînements réalisés au profit de trois pilotes de la SARAA. Suite à une demande de l'escale auprès du DEA, un camion-citerne est en attente à proximité du lieu de stationnement de l'avion. Le pilote lit l'inscription « F-18 » sur le camion et interpelle ses collègues, dont le PCB, pour obtenir des précisions. Surpris par le conducteur-avitailleur qui lui tend le fil de masse et le pistolet carburant, le pilote n'attend pas la réponse de ses collègues restés dans l'avion. Confiant dans le processus, le pilote verse 52 litres de F-18 dans les réservoirs de l'avion pour atteindre 76 litres. À l'issue de l'avitaillement, le PCB vérifie la quantité de carburant inscrite sur le bon de livraison sans remarquer la mention F-18.

Le mardi 19 juin 2018, le DA40 D décolle d'Istres avec à son bord deux pilotes de la SARAA (un PCM et un PIL en évaluation aux fonctions de PCB), un examinateur (également PCB) et un contrôleur aérien. De retour après 1h40 de vol, la réduction de puissance commandée par le pilote pour intégrer le circuit de piste conjuguée à un trop faible indice de cétane du mélange provoque un défaut d'inflammation du mélange malgré l'effet de compression du moteur qui continue de tourner. Le pilote réajuste la manette de puissance progressivement jusqu'à la position *max* pour tenter de garder, sans succès, son plan d'approche. La puissance disponible affichée croît, alors que la puissance réelle diminue. Cinquante secondes plus tard, ne pouvant tenir un palier, alors que la puissance disponible affichée correspond à une puissance théoriquement suffisante pour le tenir, le pilote coupe le moteur et l'équipage se prépare à un atterrissage forcé. L'avion atterrit en lisière des travaux en cours sur la piste. Dès l'immobilisation de l'épave, l'équipage évacue.

Lors de la remise de gaz par le pilote, alors que le faible indice de cétane du mélange ne permet pas son inflammation par la compression du moteur, l'indicateur de puissance disponible indique une valeur en augmentation alors que la puissance réelle diminue. Une présentation erronée de la puissance disponible a été préjudiciable à l'analyse de la situation par les pilotes. Néanmoins, l'expérience aéronautique très importante de l'équipage au moment de l'évènement a permis un traitement méthodique de la perte de puissance et la sauvegarde des personnes et des biens.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de l'erreur d'avitaillement ayant conduit à l'accident sont :

- une méconnaissance des nomenclatures OTAN des carburants d'aviation par les pilotes d'estafette ;
- un excès de confiance du pilote, du PCB et du conducteur-avitailleur envers le processus de ravitaillement en carburant ;
- une baisse de vigilance du PCB au moment de vérifier le bon d'avitaillement, induite par une surcharge de travail liée au commandement par suppléance de l'unité ;
- l'absence de barrière physique interdisant toute erreur de carburant lors de l'avitaillement par gravité d'un avion à moteur diesel ;
- l'absence de procédure précise de demande de carburant associée à un biais d'habitude tendant à associer avion léger et AVGAS ;
- l'absence de procédure de contrevérification entre carburant délivré par le conducteur-avitailleur et carburant requis par l'aéronef, préalablement à l'avitaillement ;
- une exploitation incomplète par le DEA d'Istres de la note d'activation de la SARAA d'Istres ;
- l'absence de connaissance par les conducteurs-avitateurs d'Istres des spécificités des SARAA et des risques d'erreur de carburant induits ;
- l'absence de référencement des carburants OTAN dans la liste des carburants approuvés dans le manuel de vol ne permettant pas de vérification croisée ;
- une validation par la DELPIA de procédures du DEA d'Istres qui ne sont pas en adéquation avec le guide du conducteur-avitailleur du SEA ;
- l'absence d'harmonisation des procédures propres aux conducteurs-avitateurs et celles propres aux équipages ;
- l'absence de mention du type de carburant sur le carnet de route de l'avion.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Nomenclature OTAN des carburants

La méconnaissance par les pilotes d'estafette des nomenclatures OTAN des carburants d'aviation est une cause de l'erreur de carburant à l'origine de l'accident.

Ce point a fait l'objet d'une mesure conservatoire²⁸ qu'il convient de pérenniser.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air de sensibiliser les pilotes d'avion estafette des SARAA aux nomenclatures OTAN des carburants d'aviation.

R1 - [A-2018-07-A]

4.1.2. Méconnaissance des spécificités des SARAA par les opérateurs du DEA d'Istres

Au cours de leur formation les conducteurs-avitailleurs du DEA d'Istres visitent certains services et unités basés (escale aérienne, unités aériennes permanentes...) pour en connaître les accès et les spécificités. Unité activée par périodes, la SARAA d'Istres n'est pas visitée par les opérateurs du DEA.

La méconnaissance par les opérateurs du DEA d'Istres des spécificités des SARAA (personnel réserviste, diversité des flottes d'aéronefs avec possibilité de motorisation essence ou diesel) contribue à ce que ces opérateurs n'aient pas conscience des risques d'erreur d'avitaillement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DCSEA de former le personnel des DEA aux spécificités des SARAA, à l'instar de ce qui est pratiqué pour d'autres unités co-localisées.

R2 - [A-2018-07-A]

4.1.3. Validation des procédures d'avitaillement au sein du SEA

Les procédures du DEA d'Istres ne sont pas en adéquation avec le guide du conducteur-avitailleur du SEA qui prévoit une contre-vérification du type de carburant entre avitailleur et avitaillé préalablement à l'avitaillement. Ces procédures ont toutefois été validées par la DELPIA.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DCSEA de mettre à jour les procédures de validation des consignes des DEA afin que ces consignes tiennent compte des instructions émises par le SEA au travers de documentations générales telles que le guide du conducteur-avitailleur du SEA.

R3 - [A-2018-07-A]

²⁸ Message de premières informations concernant l'enquête de sécurité A-2018-07-A n°307/ARM/BEA-É/DIR du 22 juin 2018.

4.1.4. Demande de ravitaillement en carburant

L'absence de procédure de demande de ravitaillement en carburant conjuguée à un biais d'habitude incitant à associer avion léger et AVGAS est à l'origine de la sélection d'un mauvais carburant.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DCSEA de mettre en place au sein de chaque DEA, en liaison avec les unités bénéficiaires, une procédure de demande d'avitaillement. Cette procédure, pouvant être simplifiée pour les aéronefs basés, devrait inclure pour les aéronefs de passage (avion des SARAA inclus), d'une part, le type et la quantité de carburant demandé et, d'autre part, l'immatriculation de l'aéronef bénéficiaire.

R4 - [A-2018-07-A]

4.1.5. Procédure de ravitaillement en carburant

L'absence de procédure de contrevérification au pied de l'avion est un facteur contributif de l'évènement.

Dans des documents internes, la DCSEA fixe des tâches aux équipages dont ces derniers n'ont pas connaissance.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DCSEA et à l'ensemble des autorités d'emploi de définir une procédure unifiée d'avitaillement des aéronefs comprenant une vérification croisée avant livraison de la concordance entre carburant requis par l'aéronef et carburant délivré par le SEA. Cette procédure devrait être élaborée en tenant dûment compte, d'une part, des recommandations SA-050 et SA-051 du NTSB et, d'autre part, du guide EI 1597.

R5 - [A-2018-07-A]

4.1.6. Vérification des équivalences des appellations OTAN

Les vignettes collées à proximité des orifices de remplissage des réservoirs de carburant du DA40 D indiquent diesel, Jet A-1 et renvoient au manuel de vol. Celui-ci complète la liste des carburants certifiés pour des carburants américains, russes et chinois. Aucune information n'est délivrée concernant le carburant OTAN, ce qui empêche la vérification croisée.

Une correspondance entre la nomenclature OTAN et les dénominations civiles est présente dans le manuel en route France édité par la DSAÉ.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air et à la direction générale de l'armement de mettre en place dans les aéronefs loués un document permettant la vérification croisée des équivalences des appellations OTAN.

R6 - [A-2018-07-A]

Une correspondance entre la nomenclature OTAN et les dénominations civiles est présente dans le guide technique des produits pétroliers distribués par le SEA.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DCSEA, de mettre en place dans les camions-avitailleurs un document permettant la vérification croisée des équivalences des appellations OTAN pour un aéronef civil.

R7 - [A-2018-07-A]

4.1.7. Carnet de route de l'avion

Sans mention dans le carnet de route du type de carburant avitaillé, un pilote n'a pas la possibilité de détecter une erreur de carburant au cours d'un précédent avitaillement avec un autre équipage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air et à la direction générale de l'armement de faire systématiquement inscrire, sur les carnets de route des avions en location, le type de carburant avitaillé à côté de la quantité.

R8 - [A-2018-07-A]

4.1.8. Organisation des SARAA

L'absence du commandant de la SARAA d'Istres le premier jour de la période d'activation a reporté sur le commandant en second une charge de travail importante et inhabituelle en cumulant d'une part l'activité aérienne en qualité de PCB ou de PCM et d'autre part l'organisation de l'activité de l'unité avec la programmation des vols. L'absence du commandant d'unité le prive d'un échelon de supervision des ordres de vol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'air de s'assurer du taux d'encadrement suffisant lors des périodes d'activation des SARAA avant de débiter les vols, et de renforcer leur contrôle.

R9 - [A-2018-07-A]

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

4.2.1. Puissance disponible

L'information de puissance disponible présentée au pilote est erronée lors du défaut d'inflammation du carburant et incohérente avec la perte de puissance effective. Ceci a nui à la compréhension de la situation par les pilotes.

Sans la grande expérience de l'équipage, les conséquences auraient pu être dramatiques.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à Technify Motors d'étudier la possibilité que l'information de puissance disponible relative aux moteurs TAE 125-02-99 corresponde effectivement en toute situation à la puissance réelle disponible.

R10 - [A-2018-07-A]

L'étude peut prendre un délai indéterminé préjudiciable à la sécurité des vols.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à Technify Motors de signaler sans délai aux constructeurs d'avion équipés de moteur TAE 125-02-99 que l'information de puissance disponible affichée ne reflète pas systématiquement la puissance réelle disponible, notamment en cas d'erreur de carburant, afin que les manuels de vol soient modifiés en conséquence.

R11 - [A-2018-07-A]

4.2.2. FADEC

Des discontinuités ont été relevées dans les enregistrements du FADEC. Technify Motors n'a pas été en mesure de déterminer avant la clôture de cette enquête si cela est dû à un problème d'horloge ou à des trous d'enregistrement.

L'intégrité de ces données de maintenance et accessoirement d'accident est compromise.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à Technify Motors de vérifier si les FADEC D4 (P/N 05-7611-E001904) subissent des discontinuités d'enregistrement similaires à celles relevées sur le FADEC S/N 11132 et le cas échéant d'en rechercher et d'en corriger les causes.

R12 - [A-2018-07-A]

4.2.3. Maintenance

Les analyses réalisées sur les prélèvements montrent que l'huile du réducteur ne correspond pas à celle que la société de maintenance certifiée avait mis trois semaines avant l'évènement, lors d'une vidange du circuit.

Ceci témoigne d'une fragilité dans les processus de maintenance, susceptible de remettre en cause la navigabilité des aéronefs entretenus.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'organisme pour la sécurité de l'aviation civile (OSAC) de s'assurer que les procédures mises en place par ATA Maintenance garantissent que les seuls produits autorisés sont utilisés.

R13 - [A-2018-07-A]

ANNEXES

ANNEXE 1 EXTRAIT DE REC INFO N° 07/2007 ÉDITÉ PAR LE BEA.....	47
ANNEXE 2 EXPERTISE DU MOTEUR TAE 125-02-99 N° 02-02-04578	48
ANNEXE 3 CONSIGNES DE L'ARMÉE DE L'AIR CONCERNANT L'EXÉCUTION DES PLEINS EN CARBURANT	51
ANNEXE 4 CONSIGNE DU DEA D'ISTRES POUR L'AVITAILLEMENT D'UN AÉRONEF	55

ANNEXE 1
EXTRAIT DE REC INFO N° 07/2007 ÉDITÉ PAR LE BEA

Erreur de carburant lors d'un avitaillement

L'auteur de ce récit est instructeur. Le quadriplace utilisé est équipé d'un moteur à piston fonctionnant avec du carburant JET A1. Ce type d'avion, historiquement équipé d'un moteur consommant de l'essence 100LL, est appelé à être de plus en plus fréquent.

« Au terme d'un vol de navigation, nous atterrissons sur un aérodrome voisin d'un aéroport international. Sur la fréquence SOL, puis sur une fréquence particulière dédiée aux opérations sur le parking, nous indiquons que nous souhaitons avitailler avec du carburant JET A1. Le camion ravitailleur arrive. L'essencier a du mal à ouvrir le bouchon du réservoir, qui est verrouillé. Pendant qu'il effectue le plein, nous préparons une modification de notre itinéraire de retour pour contourner la zone de l'aéroport international. Je guide mon élève dans cette préparation. Nous avons le nez dans les cartes.

Cinquante litres environ sont rajoutés. L'élève règle la facture. Je ne la vérifie pas. Nous rentrons sur notre aérodrome de rattachement. Le lendemain, à la remise de la facture par l'élève, la secrétaire du club constate que les deux mentions 100LL et JET A1 sont entourées ! L'avion a effectué deux vols depuis son retour, apparemment sans problème.

Le réservoir de l'avion est vidangé et le moteur est envoyé en atelier pour vérification. La somme payée par l'élève, environ cent euros, indique que c'est de la 100LL qui a été facturée. Je ne comprends pas cette erreur d'autant que la mention « JET A1 » apparaît visiblement à proximité du bouchon de remplissage. »

Le bon fonctionnement du moteur n'est plus garanti dès qu'un autre carburant est consommé, même ponctuellement et en faible quantité, avec le JET A1 prescrit. En fonction des proportions de ce mélange et des conditions d'utilisation, des endommagements ou des dysfonctionnements peuvent survenir à court ou moyen terme.

Afin de limiter les risques, les sociétés distributrices que nous avons contactées encouragent l'utilisation d'étiquettes standardisées pour les réservoirs des avions et les équipements d'avitaillement. Des détrompeurs existent pour les pistolets mais les orifices des avions ne sont pas toujours compatibles. En cas de doute, c'est-à-dire en l'absence d'étiquette ou en cas de difficulté de communications verbales avec un pilote étranger, l'utilisation d'un bon de commande permet de formaliser par écrit, avant l'avitaillement, le type et la quantité de carburant à livrer. La vigilance du pilote contribue à l'efficacité de ces protections.

ANNEXE 2
EXPERTISE DU MOTEUR TAE 125-02-99 N° 02-02-04578

1. Bloc moteur

Le démontage du bloc moteur n'a révélé aucune anomalie.

L'embellage et la distribution sont en bon état et le carter d'huile ne contient aucun dépôt. La lubrification était donc correcte. L'ensemble vilebrequin-bielles-pistons n'a pas été déposé.



Figure 17 : arbres à cames



Figure 18 : vilebrequin et embiellage

La rampe commune et le circuit de retour carburant sont en bon état et non obstrués.

Les cylindres, les pistons et les soupapes présentent tous des aspects similaires et sont en bon état. Les parties apparentes des bougies de préchauffage sont en bon état.

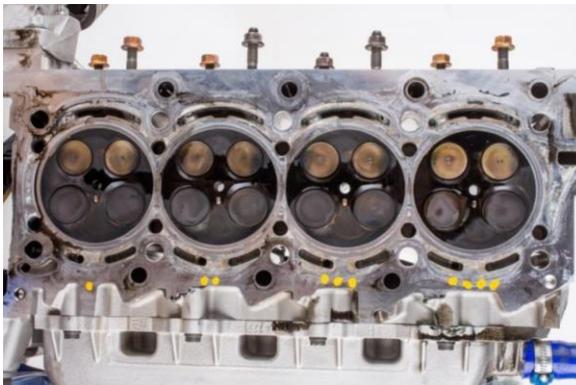


Figure 19 : culasse



Figure 20 : cylindres et pistons

Le collecteur d'échappement présente un faible dépôt de suie.

Le pot d'échappement est particulièrement propre, aucun dépôt de suie n'est visible.



Figure 21 : pot d'échappement

Le turbocompresseur tourne librement. Aucune fuite d'huile n'est présente. Les pales visibles côté compresseur et côté turbine sont en bon état. La vanne de décharge est en bon état. Le turbocompresseur n'a pas été démonté.

Le réducteur est intact et exempt de fuites. Il n'a pas été démonté.

2. Filtre carburant



Figure 22 : filtre carburant et cartouche

Le corps du filtre est propre. Les raccords ne présentent aucune fuite. Après ouverture, le fond de cuve ne présente aucun dépôt. L'élément filtrant est propre.

La teinte plus sombre, visible principalement en partie basse, a déjà été constatée sur ce type de filtre à gazole par le constructeur. Elle n'est vraisemblablement pas liée à l'évènement.

3. Pompes carburant

3.1. Pompe basse pression (à engrenages)

Aucune trace de fuite n'a été constatée. La noix d'entraînement et le joint de carter sont en bon état. Les orifices d'aspiration et de refoulement sont libres. Les surfaces internes ne présentent pas de trace significative. Les dents présentent des zones partielles polies par le fonctionnement (cf. figure 23). L'intérieur de la pompe est propre et exempt de particule.

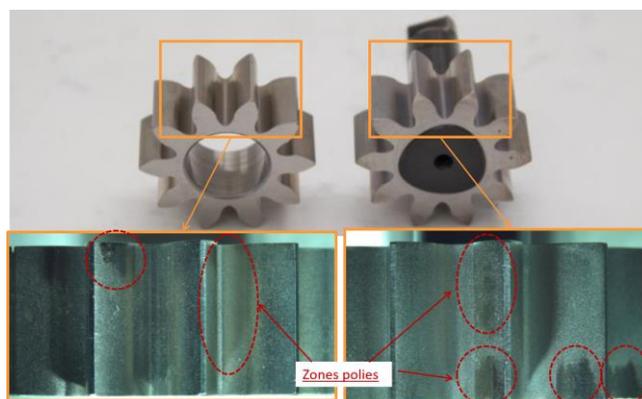


Figure 23 : pignons de pompe carburant basse pression

3.2. Pompe haute pression (à pistons radiaux)

Aucune trace de fuite n'a été constatée. L'entraînement en rotation de la pompe est intègre. Les pistons ont été déposés. Les joints sont en bon état. Les cylindres sont propres, leurs surfaces internes ne présentent pas de traces significatives. Les pistons sont en bon état, ils présentent quelques traces de fonctionnement. Les clapets sont en bon état. Aucune particule n'a été vue dans la pompe.

4. Injecteurs

Les injecteurs ne présentent aucun endommagement externe. Les parties débouchant dans les cylindres présentent des dépôts de suie qui ont été prélevés pour analyse, qui n'a pas apporté d'élément probant. Des observations à la loupe binoculaire ont montré que les débouchés des orifices d'injection (7 par injecteur) ne sont ni déformés ni obstrués (cf. figure 24).

Les radiographies réalisées n'ont pas permis de statuer sur l'état des conduits internes ou sur l'état et la position des mécanismes internes (clapet, aiguille, ressorts).

Les injecteurs ont été testés simultanément et en l'état sur un moteur de même type, puis démontés, chez le constructeur, en présence du directeur d'enquête et d'un expert de DGA EP.

Lors de l'essai, le moteur a démarré normalement puis a été accéléré rapidement au plein gaz. Le programme de réception standard a été ensuite réalisé en automatique (durée environ 40 minutes). Aucune anomalie n'a été détectée.

Les injecteurs ont ensuite été entièrement démontés. Aucune anomalie n'a été constatée. Seules ont été relevées des traces de fonctionnement typiques sur ce type de matériel.



Figure 24 : injecteurs

ANNEXE 3
CONSIGNES DE L'ARMÉE DE L'AIR CONCERNANT L'EXÉCUTION DES PLEINS EN CARBURANT²⁹

RRM101

F I C H E N° 6
CONSIGNES CONCERNANT L'EXECUTION
DES PLEINS EN CARBURANTS

IMPORTANT : NE JAMAIS EFFECTUER DE PLEIN OU DE REPRISE DE CARBURANT PENDANT UN ORAGE, SAUF POUR DES IMPERATIFS OPERATIONNELS.

1 - RESPONSABILITES DES OPERATIONS

Les différentes tâches sont exécutées par :

- le mécanicien chargé de la mise en oeuvre de l'aéronef, qui assure la direction et assume la responsabilité de l'opération. Il porte mention de son exécution sur la formule 11 de l'aéronef ;
- le technicien de la soute à carburant, qui assure le bon déroulement de la distribution du carburant ;
- l'équipage, qui a la responsabilité de la mise en oeuvre effectuée sur un terrain de desserrement ou en l'absence de personnel mécanicien qualifié.

2 - AVITAILLEMENT SUR LES AIRES DE STATIONNEMENT

- le véhicule avitailleur doit être le plus loin possible de l'aéronef ;
- les matériels de servitude et autres doivent être écartés de l'aéronef ;
- un "périmètre de sécurité" est déterminé par la courbe enveloppant extérieurement à une distance de trois mètres :
 - . l'aéronef ;
 - . la conduite d'avitaillement ;
 - . la citerne.
- le périmètre de sécurité doit être propre et dégagé. A l'intérieur de celui-ci, il est strictement interdit :
 - . de pénétrer pour les personnels ne participant pas au plein ;
 - . de fumer.
- deux extincteurs sont placés, l'un entre le véhicule avitailleur et l'aéronef, l'autre près du mécanicien qui effectue le plein ;
- éliminer les écoulements accidentels de carburant (Appel à la SSIS) ;
- préparer un bac de récupération pour le cas où l'écoulement serait important.

01-4-06

Page 1

Mise à jour 12-90

²⁹ Fiche n° 6 du RRM101 (règlement technique relatif à l'utilisation, la mise en oeuvre et la maintenance des matériels de l'armée de l'air – aéronefs).

3 - AVITAILLEMENT DANS LES HANGARETTES

En temps de paix, l'avitaillement d'un aéronef dans une hangarrette s'effectue "PORTE ENTIEREMENT OUVERTE". Il est interdit de fumer pendant toute l'opération.

Avant le début de l'avitaillement

- mise en place de bacs de récupération carburant ;
- arrêt de tout moteur thermique situé à l'intérieur de l'abri ;
- utilisation de l'éclairage anti-déflagrant uniquement ;
- mise en place de deux extincteurs l'un dehors près du véhicule avitailleur, l'autre à l'intérieur près du mécanicien qui effectue le plein.

Pendant l'avitaillement

Le véhicule avitailleur stationne à l'extérieur de la hangarrette, sur le côté de l'entrée de façon à la dégager au maximum.

Après l'avitaillement

- élimination des écoulements accidentels de carburant ; faire intervenir un véhicule spécialisé de la SSIS ;
- attente d'un délai de quinze minutes avant remise en marche du réacteur et mise en fonctionnement des moteurs thermiques des matériels de servitude (sauf impératif opérationnel).

4 - CONSIGNES CONCERNANT LA MISE A LA TERRE

Voir fiche N°4 du présent règlement.

5 - CONSIGNES DE SECURITE PENDANT L'EXECUTION DU PLEIN

- avant d'effectuer le remplissage, s'assurer que le véhicule avitailleur contient bien le produit consommé par l'aéronef ;
- les équipements de l'aéronef ne sont pas sous tension ;
- aucun travail n'est engagé sur l'aéronef s'il nécessite l'utilisation du courant électrique sauf pour ceux mettant en oeuvre des installations anti-déflagrantes ;
- les interrupteurs de l'aéronef ne sont pas manoeuvrés, sauf ceux qui sont prévus dans l'équipement d'avitaillement en carburant ;
- aucun chargement en munition n'est effectué ;

01-4-06

Page 2

Mise à jour 12-90

Remplissage par gravité (normal, partiel, secours) :

- pour un plein effectué sur un terrain de déploiement à partir de fûts, effectuer un contrôle visuel sur le produit délivré en vue de s'assurer de sa nature ;
- effectuer les liaisons électrostatiques, citernes-aéronef et aéronef-distributeur [1] ;
- protéger les bords d'attaque des ailes avec des tapis de plans ;
- marcher sur les parties renforcées de l'aéronef ;
- si les conditions météorologiques sont défavorables, protéger les orifices de remplissage ;
- en cas de fort vent arrière, fermer la verrière pour éviter les projections de carburant ;
- en secours, on peut réaliser le plein normal ou partiel par gravité des réservoirs internes de fuselage et celui des réservoirs pendulaires d'un aéronef équipé de l'avitaillement par pression. Des précautions supplémentaires sont à prendre car des moyens de génération électrique sont nécessaires. Se conformer à la procédure du manuel de maintenance, effectuer les liaisons électrostatiques : aéronef-citerne et aéronef-distributeur [1] .

Remplissage sous pression (normal, partiel)

- se conformer à la procédure du manuel de maintenance ;
- effectuer la liaison électrostatique aéronef-citerne [1] ;
- brancher l'accrocheur ;
- en cas de fort vent arrière, fermer la verrière à cause des clapets de surpression.

6 - CONSIGNES PARTICULIERES D'AVITAILLEMENT AVEC PASSAGERS A BORD DE L'AERONEF**Rôle du chef de cabine**

Il appartient au chef de cabine (personnel équipage) de veiller sur la sécurité des personnels à bord de l'avion.

- 1 - prévenir les passagers que l'opération d'avitaillement va s'effectuer en leur présence ;

[1] Stanag 3682 : procédure de connexion électrostatique de sécurité pour la manutention de carburants liquides pendant le transfert au sol.

2 - s'assurer :

- . que les échelles d'accès cabine et passagers sont en place ;
- . de la présence du personnel nécessaire en vue d'évacuation rapide de malade ou blessés ;
- . que la cabine est éclairée ;

3 - se tenir à l'intérieur de la cabine près de la porte principale d'accès pendant la durée de l'avitaillement ;

4 - exiger des passagers :

- . qu'ils ne fument pas ;
- . qu'ils ne circulent pas à l'intérieur de la cabine ;

5 - inviter les passagers à ne pas quitter l'aéronef pendant l'avitaillement.

Rôle du mécanicien de piste

1 - mettre en place les échelles d'accès cabine et passagers ;

2 - prévoir deux extincteurs à forte capacité ;

3 - effectuer les pleins de l'aéronef ;

4 - donner les quantités et pression de carburant à distribuer auprès du conducteur du véhicule d'avitaillement ;

5 - prévoir un véhicule SSIS approprié auprès de l'avion pendant la durée des pleins.

NOTA : Les pleins sont effectués sous la responsabilité du mécanicien navigant ou du chef de piste de l'escale, lorsque l'équipage ne comporte pas de mécanicien navigant. Le commandant de bord donne alors au chef de piste toutes directives utiles pour le ravitaillement en carburant et ingrédients.

ANNEXE 4
CONSIGNE DU DEA D'ISTRES POUR L'AVITAILLEMENT D'UN AÉRONEF³⁰

SEA DELPIA		Consigne d'exploitation n° 01-312		Date : 17/01/2013 Version : 1.0
Référence : IM 9700/DCE1/IRD/30 du 05/12/1968 Consignes n°01-301, n°01-311, n°01-315 et n°01-401		Avitaillement d'un aéronef		DEA ISTRES ORIGINAL SIGNE
Annexe : /				
Picto	Quoi	Qui	Où / Quand / Comment	Observations Points particuliers
	Préparation à la mission d'avitaillement	CA	Consigne n°01-301 – Chargement d'un CCA Consigne n°01-401 – 1 ^{er} contrôle journalier des CCA	Vérifier la correspondance aéronef-carburant
	Si plein au pistolet BVC 50, s'assurer du bon état de l'embout plastique	CA		Si mauvais état, changement de BVC50 ou de CCA
	Se déplacer sur les lieux d'avitaillement	CA	Consigne n°01-311 – Déplacement sur plate-forme aéronef	03/004, EAM, GRV, EH, MARINE, CEV, DASSAULT, THALES, TNA, ZAI et 4
	S'assurer que la zone est sécurisée	CA	Groupe électrique débranché, groupe oxygène hors zone, absence de feu nu, téléphone portable hors zone même éteint. Si orage rendre compte	Si problème, rendre compte à la section exploitation.
	Vérifier la présence de la liaison équipotentielle aéronef	Mécano		
	Établir la liaison équipotentielle	Mécano	1. CCA puis aéronef 2. Pistolet/accrocheur puis aéronef	Attention à l'ordre de branchement de la liaison équipotentielle
	Vérifier la présence des extincteurs	CA Mécano	1 extincteur 50kg	Attention : Ne pas utiliser les extincteurs des CCA sur les aéronefs !
	Amener l'accrocheur au pied de l'avion et le remettre au mécano	CA	Interdiction d'établir la liaison accrocheur-aéronef	Idem si pistolet
	Utiliser le fardeau d'avitaillement	CA Mécano	Aux ordres du mécano	Vérifier les éléments de sécurité régulièrement (pression, débit, ...)
	À la fin de l'avitaillement, enrôler le flexible	CA Mécano	Vérifier la déconnection de l'acrocheur Veiller à ne pas laisser traîner l'acrocheur	
	Débrancher la liaison équipotentielle	Mécano	1. Aéronef puis pistolet/accrocheur 2. Aéronef puis CCA	Attention à l'ordre de branchement de la liaison équipotentielle
	Établir les documents administratifs et faire signer	CA Mécano	Consigne n°01-315 – Rédaction des B68	Si aéronef extérieur à la base : Bon 190 de l'unité sinon rendre compte aux cadres
	Re-compléter le CCA si nécessaire	CA	Consigne n°01-301 – Chargement d'un CCA Consigne n°01-401 – 1 ^{er} contrôle journalier des CCA	
Avitaillement d'un aéronef sous hangar : Interdiction de pénétrer dans le bâtiment avec le CCA				
	Coupure électrique de tout le matériel non ATEX – Feu nu interdit – Téléphone portable éteint – Groupe de démarrage et moteur éteints			
	Disposer les bacs de récupération sous l'aéronef	Mécano		
	Respecter les 15 mm de décal	Mécano	Avant remise en service de l'installation	Pour F-18 : contrôle à l'explosimètre

³⁰ Consigne d'exploitation n° 01-312 du DEA d'Istres.

PAS DE TEXTE