

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

Rapport d'enquête de sécurité



M-2020-05-I

Date de l'évènement
Lieu
Type d'appareil
Organisme

4 mai 2020
Base d'aéronautique navale Lanvéoc (Finistère)
CAP10 B modifié C
Marine nationale

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des lois et des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'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

| | | |
|---------------|--------------------------|---------------|
| | DGA – Essais en vol | Page de garde |
| Figure 1 | DIRCAM et BEA-É | 8 |
| Figure 2 | DIRCAM et BEA-É | 11 |
| Figure 3 | ENAC et BEA-É | 13 |
| Figures 4 à 7 | DGA – Essais propulseurs | 15 à 17 |
| Figure 8 | BEA-É | 18 |
| Figure 9 | SIMMAD et CEAPR | 20 |
| Figure 10 | CEAPR et BEA-É | 21 |
| Figure 11 | DIRCAM | 24 |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| GLOSSAIRE | 4 |
| SYNOPSIS..... | 5 |
| 1. Renseignements de base | 7 |
| 1.1. Déroulement du vol..... | 7 |
| 1.2. Dommages corporels..... | 8 |
| 1.3. Dommages à l'aéronef | 8 |
| 1.4. Autres dommages | 8 |
| 1.5. Renseignements sur l'équipage..... | 9 |
| 1.6. Renseignements sur l'aéronef..... | 9 |
| 1.7. Conditions météorologiques | 10 |
| 1.8. Télécommunications | 10 |
| 1.9. Renseignements sur l'aérodrome | 10 |
| 1.10. Enregistreurs de bord..... | 11 |
| 1.11. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'incident | 11 |
| 1.12. Renseignements médicaux..... | 11 |
| 1.13. Organisation des secours | 12 |
| 1.14. Essais et recherches | 12 |
| 1.15. Renseignements sur les organismes..... | 12 |
| 1.16. Renseignements supplémentaires | 12 |
| 2. Analyse..... | 15 |
| 2.1. Résultats des expertises | 15 |
| 2.2. Séquence de l'évènement..... | 19 |
| 2.3. Recherche des causes de l'évènement..... | 19 |
| 3. Conclusion | 27 |
| 3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement | 27 |
| 3.2. Causes de l'évènement | 27 |
| 4. Recommandations de sécurité | 29 |
| 4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement | 29 |
| 4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement | 30 |
| ANNEXE..... | 31 |

GLOSSAIRE

| | |
|--------|---|
| AFAE | <i>Airbus Flight Academy Europe</i> |
| BAN | Base d'aéronautique navale |
| CATS | <i>Cassidian Air Training Service</i> |
| CDA | Commandant d'aéronef |
| CEAPR | Centre Est aéronautique Pierre Robin |
| DGA | Direction générale de l'armement |
| DGA EP | Direction générale de l'armement – Essais propulseurs |
| DGA EV | Direction générale de l'armement – Essais en vol |
| DIRCAM | Direction de la circulation aérienne militaire |
| DMAé | Direction de la maintenance aéronautique (anciennement SIMMAD) |
| EIP | École d'initiation au pilotage |
| ENAC | École nationale de l'aviation civile |
| EOPAN | Élève officier pilote de l'aéronautique navale |
| MCE | Manuel de conduite équipage |
| N | Newton |
| OGMN | Organisme de gestion du maintien de navigabilité |
| PEA | Programme d'entretien aéronef |
| RPM | <i>Revolutions per minute</i> – tours par minute |
| SFI | <i>Servo Fuel Injector</i> – régulateur carburant |
| SIMMAD | Structure intégrée de maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense (actuellement DMAé) |
| VI | Visite intermédiaire |

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 4 mai 2020 à 13h30

Lieu de l'évènement : aérodrome de Lanvéoc-Poulmic (LFRL)

Organisme : Marine nationale

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

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

Aéronef : CAP10 B modifié C¹ (voilure carbone) n° 110 immatriculé F-YSDB

Nature du vol : mission de sélection en vol

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Un CAP10 M, dont l'équipage est constitué d'un moniteur confirmé assurant la fonction de commandant d'aéronef (CDA) et d'un élève officier pilote de l'aéronautique navale (EOPAN), est autorisé à remonter et à s'aligner en piste 05 de la base d'aéronautique navale (BAN) de Lanvéoc pour effectuer un vol dans le cadre du programme de sélection des élèves pilotes.

Après avoir réalisé sur la piste les actions « AVANT ALIGNEMENT » et « ALIGNEMENT » du mémento² l'élève pilote effectue le décollage. La vérification croisée des paramètres moteurs est réalisée alors que l'avion est « deux points³ », le régime moteur est de 2 100 tours par minute (RPM) pour 2 250 RPM attendus. Le CDA annonce l'interruption du décollage et reprend les commandes. La manette des gaz est ramenée vers la position « ralenti ». Le moteur cale et l'hélice s'arrête. La trajectoire de l'avion est contrôlée sans problème et l'avion s'immobilise à la moitié de la longueur de piste.

Les tentatives de redémarrage successives sur la piste sont infructueuses.

L'avion et l'équipage sont remorqués hors de la piste par les services de secours.

L'équipage est indemne. L'appareil n'est pas endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un expert technique du BEA-É ;
- un enquêteur de première information (EPI) ;
- un pilote ayant une expertise sur CAP10 M ;
- un mécanicien ayant une expertise sur CAP10 M.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéro propulsifs (DESA) ;
- direction générale de l'armement – Essais en vol (DGA EV) ;
- École nationale de l'aviation civile (ENAC) – Castelnaudary ;
- Météo-France ;
- Airbus Flight Academy Europe (AFAE) ;
- Textron Lycoming.

¹ Les CAP10 B modifiés C sont communément appelés CAP10 M dans la Marine nationale.

² Mémento : recueil au format de poche des « check-lists » de procédures normales et secours présent dans l'avion.

³ Pour un avion à train classique, lorsque la roulette de queue ne touche plus le sol (voir photo de la page de garde).

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne générale (CAG) – règles de vol à vue

Type de mission : vol de sélection

Dernier point de départ : aérodrome de Lanvéoc-Poulmic (LFRL)

Heure de départ : 13h17

Point d'atterrissage prévu : aérodrome de Lanvéoc-Poulmic (LFRL)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte du vol

Après une période de suspension des vols de trois semaines due au confinement lié à la pandémie COVID-19, les vols de sélection ont repris la dernière semaine d'avril 2020 au sein de l'EIP/50S.

Le matin du 4 mai 2020, le vol programmé avec le CDA et l'élève est reporté en début d'après-midi en raison du brouillard. Vers 13 heures, la visite prévol de l'aéronef est réalisée ; l'aéronef est conforme et est pris en compte par le CDA. À 13h17, l'élève démarre le moteur et l'équipage contacte le sol pour demander l'autorisation de rouler.

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

À 13h19, l'avion s'arrête au point d'arrêt A (près du seuil de la piste 23) et l'élève réalise un décrassage au préalable des vérifications moteur conformément à la procédure « point fixe » en vigueur. L'élève constate une valeur du régime de ralenti basse et considère le moteur comme douteux. Le CDA réalise alors à nouveau les vérifications des paramètres moteurs et le déclare bon avec des valeurs dans le bas de la tolérance admise pour le ralenti.

L'avion est autorisé à traverser la piste pour rejoindre le point d'arrêt de la piste 05 par les taxiways F et E. Très rapidement, l'équipage reçoit une nouvelle autorisation de remonter la piste 05 pour l'alignement. Une fois aligné, l'élève effectue les actions avant décollage avec notamment un deuxième décrassage moteur comme demandé dans les procédures. À l'issue, l'équipage est autorisé à décoller à 13h29.

La mise en puissance est réalisée par l'élève qui se focalise sur la tenue d'axe au décollage (exercice noté par le moniteur). Alors que l'avion passe « deux points », le CDA demande confirmation du régime moteur à l'élève qui lit 2 100 RPM sur le tachymètre mécanique pour 2 250 RPM attendus.

Le CDA annonce l'interruption de décollage et reprend les commandes. Suivi aux commandes par l'élève, il ramène la manette des gaz en position ralenti. Après que la queue de l'avion se soit reposée, le moteur s'arrête avec son hélice calée. La trajectoire est contrôlée sans problème et l'avion s'immobilise sur son inertie à mi-piste environ.

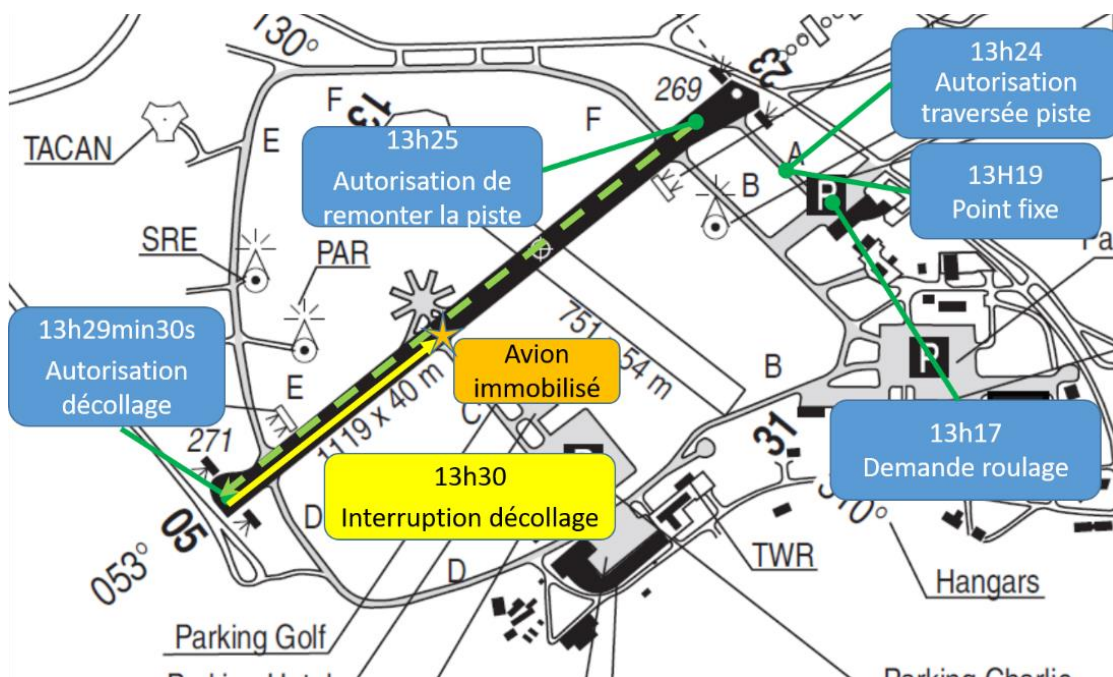


Figure 1 : trajectoire de l'avion depuis la demande de roulage jusqu'à l'immobilisation sur la piste

Les tentatives de redémarrage du moteur qui suivent ne permettent pas une mise en route de ce dernier. La tour de contrôle est informée et envoie les services de secours pour le remorquage de l'avion avec l'équipage à bord.

1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Finistère
- commune : Lanvéoc
- coordonnées géographiques : N 48°16'57"/O 004°26'37"
- hauteur du lieu de l'évènement : au sol

– Moment : jour

– Aérodrome de l'évènement : aérodrome de Lanvéoc-Poulmic (LFRL)

1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'aéronef n'est pas endommagé.

1.4. Autres dommages

Aucun autre dommage identifié.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. Commandant d'aéronef moniteur

- Âge : 34 ans
- Unité d'affectation : EIP/50S
- Qualification : moniteur confirmé⁴
- Formation : école d'aviation de transport d'Avord (2013)
- Heures de vol comme pilote :

| | Total | | Dans le semestre écoulé | | Dans les 30 derniers jours | |
|-----------|---------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|------------|
| | sur tout type | dont CAP10 | sur tout type | dont CAP10 | sur tout type | dont CAP10 |
| Total (h) | 2 050 | 162 | 73 | 25 | 7 | 6 |

- Date du précédent vol sur CAP10 M : 23 avril 2020

1.5.2. Élève pilote en sélection

- Âge : 24 ans
- Unité d'affectation : EIP/50S
- Qualification : aucune
- Heures de vol comme pilote :

| | Total | | Dans le semestre écoulé | | Dans les 30 derniers jours | |
|-----------|---------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|------------|
| | sur tout type | dont CAP10 | sur tout type | dont CAP10 | sur tout type | dont CAP10 |
| Total (h) | 6 | 6 | 6 | 6 | 2 | 2 |

- Date du précédent vol sur CAP10 M : 29 avril 2020

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Marine nationale
- Commandement d'appartenance : ALAVIA
- Base de stationnement : BAN Lanvéoc
- Unité d'affectation : EIP/50S
- Type d'aéronef : CAP10 B modifié C
 - configuration: réservoir arrière vide

| | Type-série | Numéro | Heures de vol totales | Heures de vol depuis |
|---------|------------------------------------|-------------|-----------------------|---|
| Cellule | CAP10 B modifié voilure carbone | 110 | 8 397 | GV ⁵ : 914 VI 100 ⁶ : 14 |
| Moteur | Lycoming AEIO-360-B2F | L-22668-51A | 2 605 | RG ⁷ : 206 VI 100 : 14 |
| Hélice | EVRA CAP3-180-170H5I | 113ST | 2 738 | - |

- Dernier vol réalisé : 30 avril 2020

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation indique que la maintenance est réalisée conformément aux directives et périodicités de maintenance définies par le détenteur du certificat de type et aux règles de maintien de navigabilité.

⁴ Un moniteur est qualifié moniteur confirmé après deux ans en tant qu'instructeur dans l'unité.

⁵ GV : grande visite.

⁶ VI 100 : visite intermédiaire réalisée toutes les 100 heures de vol de l'avion.

⁷ RG : révision générale.

La dernière VI 100 incluant la vidange de l'huile moteur a été réalisée le 13 mars 2020 à 8 383 heures de vol de la cellule, soit 14 heures de vol avant l'évènement.

Le moteur révisé en 2015 a été stocké en attendant son installation sur l'avion CAP10 M n° 110 le 17 juin 2019. Le régulateur carburant (« *Servo Fuel Injector (SFI)* » PN : 2524291-11/SN : 83214) a été installé le 18 février 2020, et présente un vieillissement de 28 heures depuis sa pose et sa révision générale pour un temps de fonctionnement total de 733 heures.

Les huit bougies ont été remplacées à 8 336 heures de vol de la cellule soit 64 heures avant l'évènement.

1.6.2. Performances

L'aéronef ne fait l'objet d'aucune restriction d'emploi et les performances sont dans les normes.

1.6.3. Masse et centrage

La masse de l'aéronef au moment de l'évènement est de 770 kilogrammes.

Le centrage est dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : OTAN F-18
- Quantité de carburant au parking : 60 litres
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 54 litres

1.6.5. Huile moteur

L'huile moteur utilisée est du type multigrades AeroDM 15W50.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

La prévision météorologique diffusée à 13 heures est la suivante : vent de secteur 090° pour 10 nœuds ; visibilité supérieure à 10 kilomètres ; nuages fragmentés à 2 500 pieds.

1.7.2. Observations

L'observation diffusée à 13h30 est la suivante :

- vent de secteur 080° pour 10 nœuds ;
- quelques nuages à 4 700 pieds ;
- température 19 °C, point de rosée 14 °C ;
- pression atmosphérique au niveau de la mer (QNH) 1 013 hectopascals.

1.8. Télécommunications

Au moment de l'évènement, l'équipage est en liaison avec la tour de contrôle en VHF⁸.

1.9. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Lanvéoc-Poulmic est à usage restreint et limité aux aéronefs d'État. La plateforme est entièrement gérée par la Marine nationale. Elle dispose d'une piste bitumée 05/23 de 1 119 mètres de long et 40 mètres de large, d'une piste non revêtue traversant la piste principale et de taxiways bitumés de part et d'autre de la piste. Le service de contrôle aérien est assuré par des contrôleurs militaires. Une fréquence est dédiée aux mouvements au sol.

⁸ VHF : *very high frequency* - très haute fréquence.

La piste 05/23 est bombée comme l'illustre la fiche terrain.

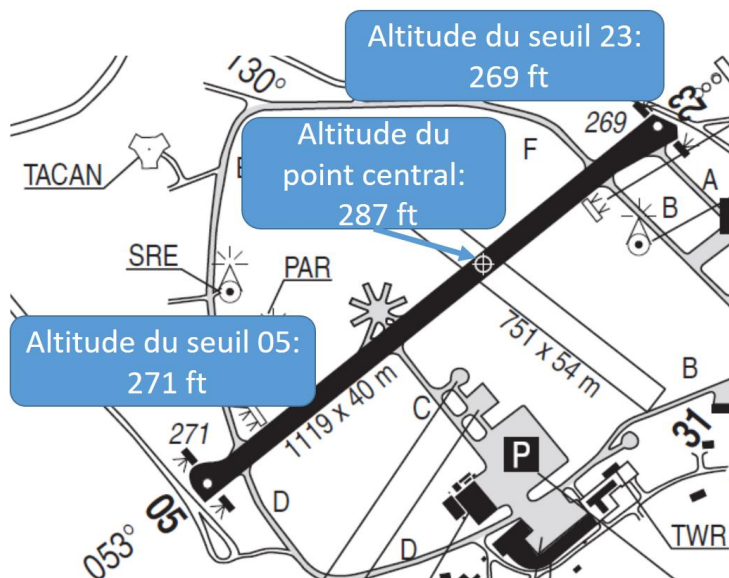


Figure 2 : relevé des altitudes sur la piste 05/23 de la BAN Lanvéoc

1.10. Enregistreurs de bord

Le CAP10 M n° 110 ne dispose d'aucun moyen d'enregistrement.

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

L'aéronef remorqué après l'arrêt du moteur sur la piste ne présente pas de signes extérieurs d'endommagement. Aucun point particulier n'a été relevé sur la zone de l'incident.

Les premières actions de dépannage ont consisté en l'examen et au remplacement des huit bougies dont deux sont retrouvées « perlées⁹ » (une du cylindre n° 3 et l'autre du cylindre n° 4).

Après le dépannage, un vol de contrôle a été effectué par un pilote d'AFAE et a confirmé le régime de ralenti faible, entre 500 et 600 RPM. Au retour du vol et une fois posé, l'extinction moteur a été reproduite en appliquant un effort soutenu sur la manette des gaz en butée ralenti.

1.12. Renseignements médicaux

1.12.1. Commandant d'aéronef moniteur

- Dernier examen médical :
 - type : expertise en CEMPN¹⁰ le 9 octobre 2018
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

1.12.2. Élève pilote en sélection

- Dernier examen médical :
 - type : expertise en CEMPN le 15 octobre 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

⁹ Perlée : présence d'un agglomérat de résidus de combustion, notamment du plomb, dans l'environnement des électrodes.

¹⁰ CEMPN : centre d'expertise médicale du personnel navigant.

1.13. Organisation des secours

Suite à son immobilisation sur la piste, le CDA informe la tour qu'il tente un redémarrage et ne demande pas initialement l'assistance des secours.

Après plusieurs tentatives infructueuses de démarrage, il est décidé de faire remorquer l'avion jusqu'au parking de l'unité par les services de secours.

1.14. Essais et recherches

Les fluides prélevés (carburant et huile) et les bougies et le filtre à huile sont expertisés par DGA EP ainsi que la valve thermostatique d'huile pour vérification de son seuil d'ouverture.

Le SFI a été déposé pour être testé par l'ENAC de Castelnau-d'Aud.

Une campagne d'identification en vol du comportement du moteur est réalisée par DGA EV.

Quelques vols après l'évènement, le câble du tachymètre a subi une défaillance qui a nécessité son examen au sein de DGA EP pour rechercher son éventuel lien avec l'incident.

1.15. Renseignements sur les organismes

1.15.1. Organisme exploitant

L'école d'initiation au pilotage adossée à l'escadrille 50S (EIP/50S), implantée sur la base d'aéronautique navale de Lanvéoc, dispose de quatre CAP10 M et de trois Cirrus SR20.

L'école sélectionne les candidats pilotes pour l'aéronautique navale et assure la formation aéronautique initiale des spécialités du personnel navigant. Onze pilotes instructeurs issus des trois composantes de l'aéronautique navale (chasse, multimoteurs, hélicoptère) y sont affectés.

Les CAP10 M sont la propriété de la Marine nationale.

1.15.2. Organisme de maintenance

En 2012, la société *Cassidian Air Training Service* (CATS) est devenue titulaire du marché d'entretien et de mise à disposition de certains aéronefs de la défense, dont les CAP10 M de la Marine nationale.

Suite à la mise en application de la réglementation relative à la navigabilité, en mars 2015, la société CATS est agréée organisme de gestion du maintien de la navigabilité (OGMN) pour les CAP10 M et la maintenance est assurée par leur équipe de mécaniciens agréée en tant qu'organisme d'entretien FRA-145 dans un local dédié sur la BAN.

En 2019, la société CATS devient *Airbus Flight Academy Europe* (AFAE) qui dispose des mêmes agréments.

1.16. Renseignements supplémentaires

1.16.1. L'avion CAP10

L'avion CAP10 est un avion à train classique développé par la société Mudry dans les années 1970. Il a ensuite été dénommé CAP10 B. En 2002, un longeron carbone a été développé donnant la dénomination commerciale CAP10 C.

Les différents détenteurs du certificat de type ont été successivement :

- Avions Mudry ;
- Akrotech Europe ;
- CAP Aviation ;
- Apex Aircraft ;
- Dyn'Aviation ;
- AUPA DYN'AERO ;
- AERODIF ;
- CEAPR (Centre est aéronautique Pierre Robin).

L'avion CAP10 est un avion léger qui est sensible au vent. Le régime moteur au roulage sur une surface dure et plane est celui du ralenti, et inférieur à 1 000 RPM.

1.16.2. Le moteur du CAP10 M

Le moteur de l'avion CAP10 M est un moteur quatre cylindres à plat de marque Textron Lycoming et de type AEIO 360 B2F refroidi par air et alimenté en carburant par injection. Pour cela, le SFI (schéma ci-dessous avec moteur six cylindres à plat) est un dispositif qui permet de doser d'une part le débit d'air aspiré par le moteur au moyen d'un papillon des gaz et d'autre part la quantité de carburant à injecter dans chaque cylindre selon le débit d'air aspiré par le moteur sur toute sa plage de régime. Au ralenti, la quantité de carburant injectée est fixe et est ajustée au sol par les mécaniciens pour obtenir la valeur de ralenti souhaitée. Lorsque la manette des gaz est en butée ralenti, la position du papillon des gaz est celle correspondant à la position la plus fermée.

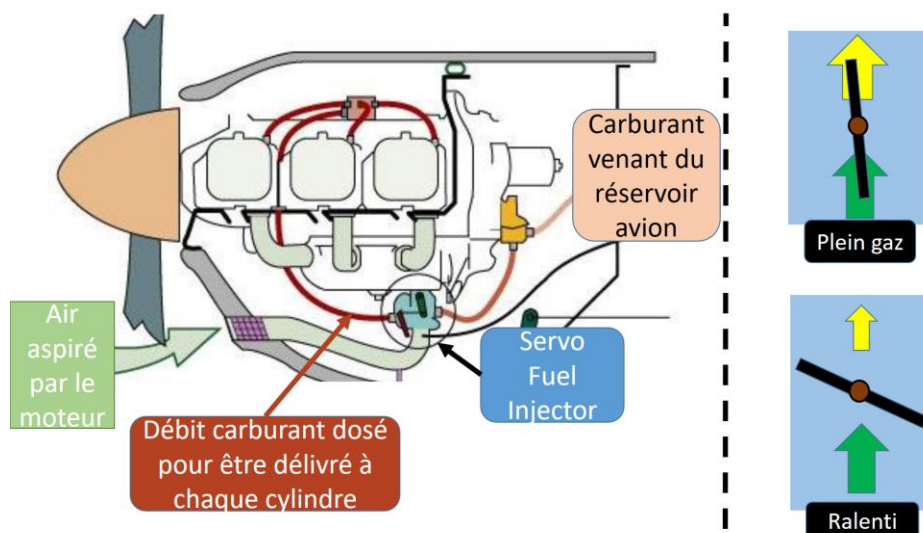


Figure 3 : schéma de positionnement du SFI et positions du papillon selon le régime moteur souhaité

La température de l'huile moteur est régulée par une valve thermostatique qui s'ouvre et se ferme selon la température de l'huile qui la traverse afin de dériver l'huile vers un radiateur permettant de maintenir la température de l'huile dans une plage souhaitée.

1.16.3. Utilisation du CAP10 M au sein de la Marine nationale

L'emploi du CAP10 M au sein de l'EIP/50S est effectué majoritairement pour des vols de sélection. Ces vols sont réalisés avec 60 litres de carburant dans le réservoir avant (capacité de 75 litres) et avec le réservoir arrière vide. L'autonomie de l'avion est alors de l'ordre d'une heure et demie.

Les vols sont exclusivement réalisés depuis la BAN Lanvéoc. Les taxiways sont utilisés pour le roulage et la piste en dur 05/23 pour les décollages ou les atterrissages.

L'utilisation de l'avion est proche de celle d'un avion d'entraînement en école de pilotage avec des élèves.

L'avion est employé conformément au mémento de procédures normales et de secours dénommé MCE AN111 approuvé par décision n° 409709/DEF/SIMMAD/SDTN/BRT/S.DOC du 20 janvier 2016 après approbation technique de la Marine nationale. Ce mémento est une déclinaison du manuel de vol du CAP10 édité par le détenteur du certificat de type de l'avion (CEAPR).

1.16.4. Cas de dysfonctionnements moteur des CAP10 M

1.16.4.1. Cas de dysfonctionnements moteurs rapportés par l'OGMN AFAE

De très nombreux cas de dysfonctionnement moteur sont rapportés par l'EIP/50S. AFAE a réalisé une « fiche d'analyse relative aux défaillances ralenti/riche et « ratés » moteur observés sur les CAP10 de la Marine nationale – AFAE-2020-05 du 03/02/2020 » qui établit un point de situation des événements depuis 2013.

Le recensement effectué est de 306 pannes dont 244 plus directement en lien avec le fonctionnement du moteur. Parmi ces dernières, 211 sont liées à un problème de ralenti moteur ou de richesse du mélange air-carburant.

Dans cette fiche, l'OGMN AFAE CAP10 a mis en place un échange standard des bougies toutes les 200h et un suivi des SFI. Elle propose à la DMA d'introduire une plage modifiée de la valeur de ralenti de 750 ± 50 RPM.

1.16.4.2. Autres cas de dysfonctionnements moteurs

En 2011, avant la notification du contrat avec CATS, l'EIP/50S a émis un compte rendu de fait technique de gravité 1 consécutif à deux fiches d'évènement aéronautique établies les 7 et 16 septembre suite à l'apparition de ratés moteurs en phase de montée initiale. L'expertise moteur réalisée au sein de DGA Essais propulseurs avait conclu au fait que le type de bougie n'était pas celui autorisé. La présence d'eau libre dans l'huile du moteur ainsi que de la corrosion interne des pièces ont été identifiées.

33 autres problèmes relatifs aux moteurs sur CAP10 M ont été identifiés entre 1997 et 2014.

2. ANALYSE

2.1. Résultats des expertises

2.1.1. Analyse des fluides

2.1.1.1. Carburant

Les résultats des analyses physico-chimiques sont conformes aux valeurs de la spécification DCSEA¹¹ 118/C. L'essence aviation est du type OTAN F-18 similaire à de l'essence aviation AVGAS 100LL.

Le carburant utilisé est conforme à l'attendu.

2.1.1.2. Huile moteur

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'huile en service (vidangée du CAP10 M n° 110) ont été comparés avec ceux de l'huile neuve de référence et d'un prélèvement d'huile issu d'un CAP10 B appartenant à l'ENAC. La couleur de l'huile vidangée du CAP10 M n° 110 est de couleur verdâtre.

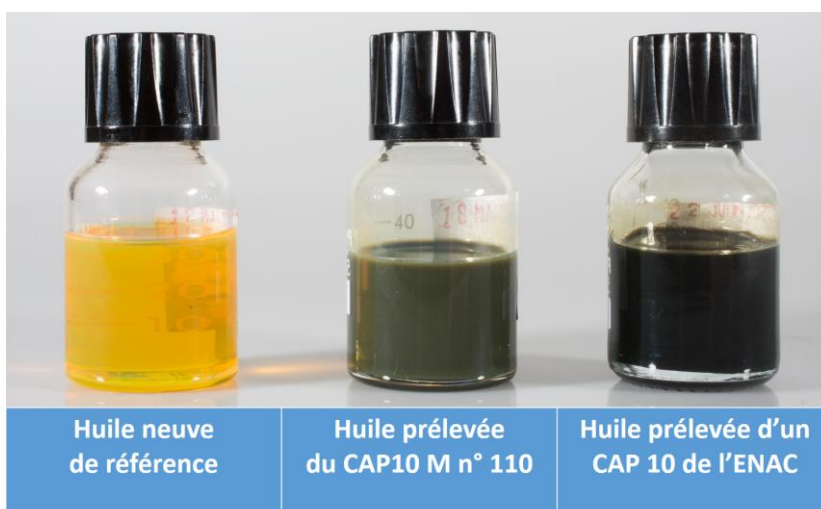


Figure 4 : vue des trois échantillons d'huile avant analyse

L'analyse montre que le type d'huile en service sur le CAP10 M n° 110 est conforme aux recommandations du constructeur.

Les résultats des analyses sont regroupés en annexe.

Après 14 heures de fonctionnement, la teneur en eau a nettement augmenté et les viscosités cinématiques à +40 °C et +100 °C ont diminué par rapport à l'huile neuve et à l'huile vidangée du CAP10 de l'ENAC qui a fonctionné 50 heures. Cependant, il n'y a pas de norme particulière à respecter.

Pour l'huile neuve de référence, les teneurs en éléments métalliques sont toutes inférieures à 1 mg/kg.

Pour l'huile en service sur le CAP10 M n° 110, les teneurs en éléments métalliques sont toutes supérieures à celles du CAP10 de l'ENAC sauf pour la teneur en plomb.

L'huile utilisée est conforme aux spécifications du constructeur.

La teneur en eau est supérieure à celle habituellement rencontrée et la viscosité de l'huile a diminué.

¹¹ DCSEA : direction centrale du service des essences des armées.

2.1.2. Investigations sur les éléments du moteur

2.1.2.1. Bougies

Les huit bougies (type REM-38-E) déposées du moteur ont été testées au banc de DGA EP.

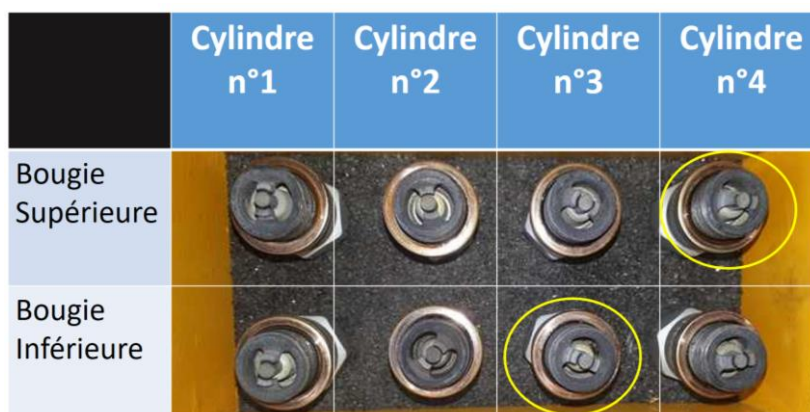


Figure 5 : vue des huit bougies déposées

Aucun dysfonctionnement n'a été identifié sur les huit bougies même sur les deux qui sont légèrement « perlées » suite à un encrassement par le plomb. Pour éviter ce phénomène, notamment pour les avions d'entraînement, le motoriste Textron Lycoming préconise, sans obligation, dans le *Service Letter* n° L192B du 19 janvier 1988, pour le moteur AEIO-360-B2F équipant le CAP10, d'installer des bougies de type REM-37-BY.

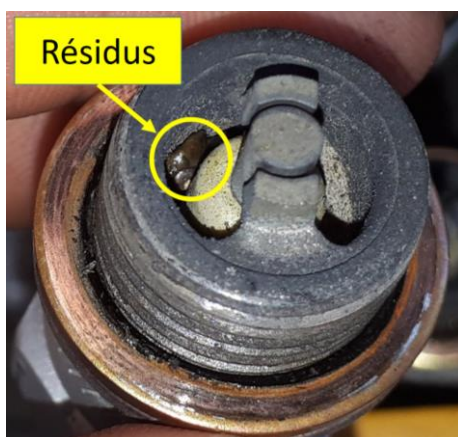


Figure 6 : vue de détail de la bougie inférieure du cylindre n°3 légèrement « perlée »

Les huit bougies sont d'un type autorisé sur le moteur et certaines indiquent un encrassement. Elles ne correspondent pas au modèle anti-encrassement préconisé par le motoriste pour les avions d'entraînement.

2.1.2.2. Filtre à huile

L'examen du filtre à huile montre qu'il :

- a été installé le 09 mars 2020 à 8 383 heures de vol de la cellule, soit 14 heures avant l'évènement ;
- ne renferme aucune particule visible dans son élément filtrant ;
- présente sur sa surface intérieure des indices de corrosion (cf. figure 7).

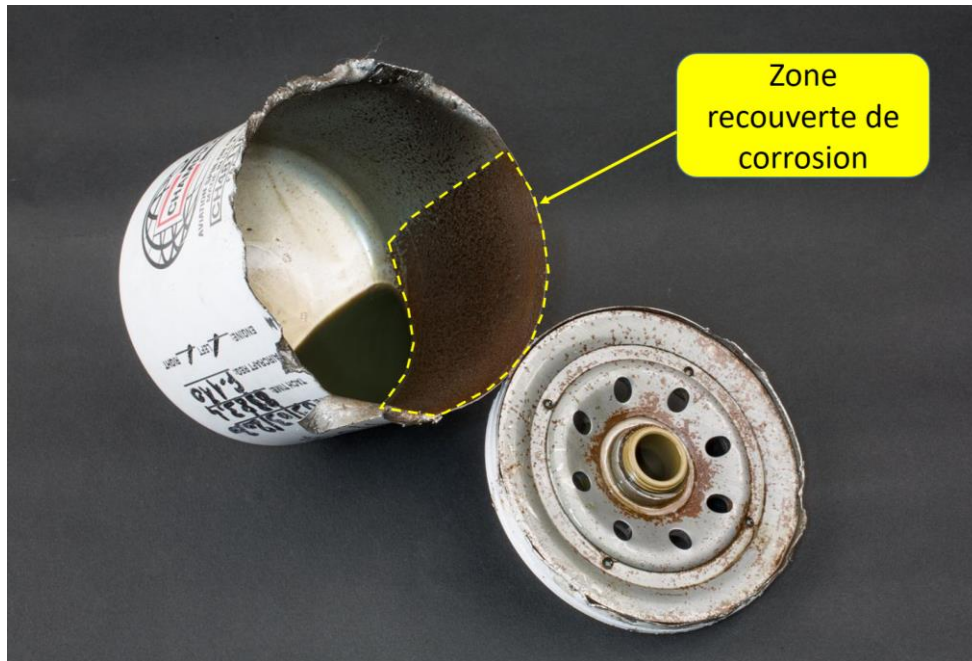


Figure 7 : vue de l'intérieur du filtre à huile

Le filtre à huile présente des traces de corrosion sur sa surface intérieure.

2.1.2.3. Servo Fuel Injector (SFI)

Le SFI a été testé au banc de l'ENAC Castelnaudary. Il délivre un débit de carburant de 9,7 livres par heure au ralenti. Cette valeur est supérieure à celle mesurée en sortie de révision générale et fait suite à l'adaptation du SFI au moteur lors du réglage sur avion.

Les autres réglages n'ont pas évolué depuis sa sortie de révision générale.

L'exercice d'un effort entretenu de traction jusqu'à 50 N sur le levier du SFI, afin de simuler le maintien par l'équipage de la manette des gaz sur ralenti, n'a aucune action sur le débit carburant.

Le SFI délivre le débit carburant comme attendu sur toute sa plage d'action sauf au ralenti où la valeur est plus élevée. Cela concourt à un mélange riche au ralenti.

2.1.2.4. Valve thermostatique

La valve thermostatique a été déposée à l'issue des vols DGA EV pour vérifier son bon fonctionnement.

L'examen en laboratoire montre que son ouverture débute à 85 °C pour se terminer à 95 °C comme attendu.

La valve thermostatique fonctionne convenablement.

2.1.2.5. Câble du tachymètre

Le câble du tachymètre entre le moteur et l'instrument en cabine s'est rompu quelques vols après l'évènement. L'examen du câble montre que la perte de liaison se situe au niveau du sertissage de l'embout côté instrument.

L'endommagement du câble du tachymètre constaté ultérieurement n'a pas participé à l'évènement.

2.1.3. Campagne d'identification en vol

En l'absence d'enregistreur de données, une campagne de vols d'identification a été réalisée afin de disposer de paramètres moteur dans le cadre de l'utilisation de l'avion au sein de la Marine nationale.

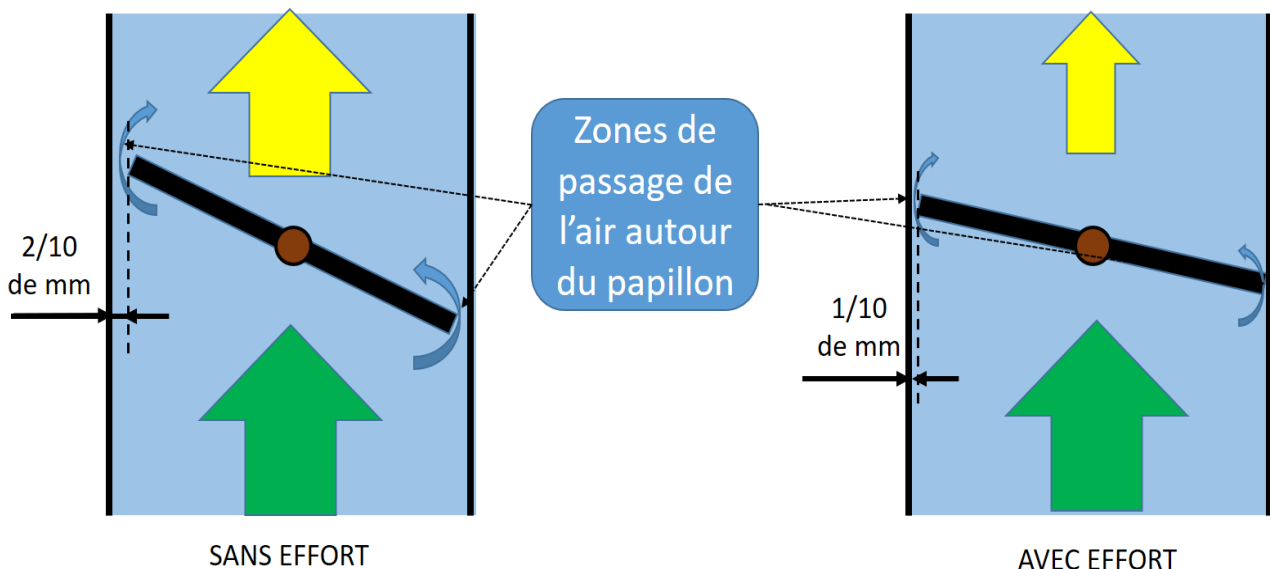
Les vols ont été réalisés dans un premier temps conformément au mémento MCE AN111 puis dans un deuxième temps conformément au manuel de vol édité par CEAPR (détenteur du certificat type).

L'ensemble de ces vols a mis en évidence que :

- un effort entretenu de l'ordre de 50 N (ou 5 kg approximativement) sur la manette des gaz au ralenti entraîne au sol une baisse du régime de ralenti pouvant aller jusqu'à 300 RPM (la valeur de ralenti du MCE AN111 est de 800 RPM \pm 50) ;
- la mise en marche de la pompe carburant au décollage occasionne :
 - une augmentation du débit carburant ;
 - lors d'une interruption de décollage, des ratés moteurs et l'atteinte d'un régime minimal plus bas que sans l'utilisation de la pompe lors de la réduction ;
- la lecture du régime de ralenti est appréciable à \pm 20 RPM ;
- la procédure de décrassage a une influence relative, avec une augmentation temporaire du régime de ralenti d'environ 50 RPM mais qui reste limitée à environ une minute après l'application de la procédure.

DGA EV a relevé des disparités sur les plages de régime de ralenti inscrits dans les différents documents d'utilisation ou de maintenance du CAP10 M.

La raison de la baisse de régime lors du maintien de l'effort sur la manette des gaz semble se situer au niveau de la section de passage de l'air autour du papillon des gaz. En effet, en position ralenti et sans effort sur la manette des gaz, la section de passage restante permet approximativement le passage d'une cale d'épaisseur de 2/10 de mm entre le papillon et le carter du SFI. En cas d'application d'un effort sur la manette des gaz, la tringlerie vient en appui sur la butée en élastomère du SFI, le papillon se ferme légèrement plus et la section de passage restante permet le passage d'une cale de 1/10 de mm d'épaisseur (voir illustration ci-après).



Les vols ont montré qu'en phase d'interruption de décollage, lors du passage de plein gaz à ralenti, l'emploi de la pompe carburant conduit à un régime moteur plus bas que sans son utilisation. Par ailleurs, le maintien d'un effort sur la manette des gaz en position ralenti réduit la section de passage de l'air et participe à la baisse de régime.

2.2. Séquence de l'évènement

Au vu des résultats obtenus, la séquence de l'évènement amenant à l'arrêt du moteur est établie comme suit :

- le lundi 4 mai 2020, le moteur du CAP10 n° 110 est démarré après 4 jours de non vol, qui ont accentué le développement de la corrosion déjà présente dans le filtre à huile et la forte teneur en eau dans l'huile moteur ;
- le roulage est entrepris à 13h17 et le point fixe est réalisé à 13h19 conformément au MCE AN111 par l'élève pilote. Ce dernier déclare le moteur « douteux » à la lecture du régime de ralenti effectuée avec un battement de l'aiguille du tachymètre ;
- après une vérification complémentaire satisfaisante réalisée par le moniteur, l'avion est autorisé à pénétrer et à remonter la piste 05 de Lanvéoc-Poulmic à 13h25 ; lors de cette remontée avec un vent secteur arrière, le régime moteur est proche du ralenti et occasionne un encrassement des bougies ;
- arrivé au seuil 05, l'élève réalise un décrassage puis il réalise les actions « AVANT ALIGNEMENT » et « ALIGNEMENT » dans un délai supérieur à la minute faisant perdre le bénéfice du décrassage, et met en marche la pompe carburant électrique conformément au MCE AN111 ;
- à 13h29min et 30 secondes environ, suite à l'autorisation de décoller, le décollage est débuté par la mise en puissance ;
- à 13h30, face à une puissance moteur délivrée faible, l'interruption décollage est réalisée par le CDA, suivi aux commandes par l'élève. Cette conjugaison d'actions occasionne un effort soutenu sur la manette des gaz qui, conjugué à un réglage riche du SFI et avec la pompe carburant électrique sur marche, entraîne l'arrêt du moteur.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

L'extinction du moteur résulte du cumul des faits suivants :

- pompe carburant sur marche au décollage ;
- efforts sur les manettes des gaz en butée ralenti ;
- essais moteur au point fixe ;
- forte teneur en eau dans l'huile et présence de corrosion interne.

Les faits techniques identifiés ont fait l'objet d'une recherche des causes dans les domaines techniques, environnemental et des facteurs organisationnel et humain.

Le contexte de la réalisation du vol de sélection ainsi que les nombreux problèmes moteurs répertoriés ont aussi fait l'objet d'une recherche des causes dans le domaine des facteurs organisationnel et humain.

2.3.1. Pompe carburant sur marche au décollage

2.3.1.1. Manuel de vol publié par le détenteur du certificat de type de l'avion

Le manuel de vol publié par le détenteur du certificat de type de l'avion (CEAPR) et les précédents ne stipulent pas d'utiliser la pompe carburant électrique pour le décollage. Le décollage est réalisé en sélectionnant le réservoir avant, situé au-dessus du moteur, le circuit carburant est donc sous pression par l'effet de la gravité et ne nécessite pas l'emploi d'une pompe de mise en pression.

L'utilisation de la pompe carburant électrique au décollage n'est pas prévue dans le manuel de vol du détenteur du certificat de type de l'avion CAP10.

2.3.1.2. Manuels d'utilisation étatiques

Jusqu'au début des années 2000, l'armée de l'Air et de l'Espace et la Marine nationale opéraient des avions CAP10 notamment pour la sélection du personnel navigant. Au sein de l'armée de l'Air et de l'Espace, l'avion CAP10 était utilisé conformément au manuel d'utilisation dénommé UCE 110. Au moins depuis 1991, ce manuel comporte dans sa sous-section 2.7 – « actions vitales au point de manœuvre » réalisées avant décollage, un item « Pompe électrique branchée ».

Les équipages de la Marine nationale utilisent l'avion CAP10 selon le mémento de procédures normales CAP10 M (MCE AN111) qui comporte dans l'onglet « ALIGNEMENT » au point 4 l'item « POMPE.....marche, voyant allumé ». Le MCE AN111 a été entièrement révisé et approuvé par la SIMMAD le 20 janvier 2016.

Le mémento de procédures normales CAP10 M MCE AN111, comme l'UCE 110 de l'armée de l'Air et de l'Espace, mentionne l'utilisation de la pompe carburant électrique au décollage.

2.3.2. Essais moteur au point fixe

2.3.2.1. Procédure du point fixe

La figure ci-après rassemble les deux procédures issues du MCE AN 111 et du manuel de vol approuvé CEAPR.

MCE AN111

POINT FIXE

Si possible face au vent

- 1- Avion arrêté, pieds sur les freins.
- 2- ProfondeurPlein arrière
- 3- Puissance1200 tr/min
- 4- Température cylindresMini 151 °F (66 °C)
- 5- Température huileMini 40 °C
- 6- Robinet réservoirRéservoir AV
- 7- MélangePlein riche, molette serrée
- 8- Puissance .. .2000 tr/min pendant 30 s mini (« **décrassage** »)
- 9- ChronoPrendre un Top
- 10- Puissance1800 tr/min
- 11- Essai magnétos1 + 2 puis 2 ; 1 + 2 puis 1 ; 1 + 2
 - tolérance : 125 tr/min par magnéto
 - écart maxi entre magnétos : 50 tr/min
- 12- Essai ralenti (manette gaz desserrée)800 tr/min
(+/- 50 tr/min)
- 13- Essai coupure magnétosVérifié
- 14- Essai richesseDiminuer la richesse
 - si gain de tours : mélange correct
 - si pas de gain ou perte : mélange incorrect
- 15- Puissance1200 tr/min

- Si :
- essais magnétos hors normes
 - OU
 - essai ralenti hors normes
 - OU
 - essai richesse hors normes :

ANNULER LA MISSION.



MANUEL DE VOL CAP 10C

4.3.7 Point fixe

- FreinsSERRÉS
(Utiliser les pédales)
- Températures et pressions.....VERIFIÉES
- MélangePLEIN RICHE
- Sélection magnétos 1 800 tr/min1, puis 1 + 2
2, puis 1 + 2

NOTE

Perte de régime admissible : 125 tr/min par magnéto.
Ecart maximum entre magnétos : 50 tr/min.

- Ralentiessai
- Magnétosessai coupure
- MélangePAUVRE puis RICHE

Figure 9 : extrait de la procédure « point fixe » du mémento MCE AN 111 et du manuel de vol CEAPR

La plage de ralenti définie dans la procédure de la Marine nationale est de 800 ± 50 RPM. Aucune valeur n'est définie dans le manuel de vol CEAPR.

Début 2020, AFAE a obtenu du détenteur du certificat de type la définition d'une plage de ralenti. Elle s'élève à 750 ± 50 RPM.

Au ralenti, la combustion étant imparfaite, un phénomène d'encrassement est possible. Si le régime de ralenti est un peu élevé, ce phénomène est accentué.

**Un régime de ralenti trop élevé peut favoriser l'encrassement des bougies.
Aucune valeur de ralenti n'est définie dans le manuel de vol de l'avion.**

2.3.2.2. Réalisation des points fixes par les équipages

Lors des essais moteur, l'équipage doit contrôler sur le tachymètre les valeurs de régime moteur dans trois situations et s'assurer que les valeurs restent dans les normes.

Un point fixe réalisé après l'évènement, mais avant le changement du câble du tachymètre effectué avant les vols d'identification, montrait une oscillation de l'aiguille de plus ou moins 50 RPM. Les vols d'identification réalisés suite à l'incident ont révélé une oscillation permanente de l'aiguille du tachymètre de plus ou moins 20 RPM. Ainsi, la lecture des valeurs du tachymètre nécessite d'interpréter la position de l'aiguille.

De plus, le tachymètre est un instrument qui se trouve à l'extrémité gauche du cockpit, du côté de l'élève pilote.

Il est possible, que compte tenu de la position de l'instrument, de la position basse de l'aiguille, de son épaisseur au regard de l'échelle du tachymètre et de la position surélevée du regard du moniteur, une erreur de parallaxe a pu conduire à une erreur d'interprétation de la position de l'aiguille. En effet, avec leur expérience les moniteurs interprètent la valeur du régime en fonction du positionnement de l'aiguille. La valeur de régime ainsi déduite ne peut donc être précise.

Pour l'essai ralenti la valeur du régime doit être de 800 RPM plus ou moins 50 RPM. Après une première tentative par l'élève qui lit 725 RPM et donc indique un moteur non conforme, le moniteur refait le test et indique percevoir une valeur de 750 RPM, soit la tolérance la plus basse. Compte tenu des caractéristiques du tachymètre, il est probable que cette valeur retenue par le moniteur soit incorrecte et qu'elle soit en réalité inférieure, donc hors des tolérances.

La position et les oscillations de l'aiguille du tachymètre conduisent à une interprétation de la valeur du régime moteur par le CDA.

2.3.3. Efforts sur les manettes des gaz

2.3.3.1. Enjeux de la mission

L'équipage devait réaliser un vol de sélection au profit de l'élève pilote qui souhaite devenir pilote dans l'aéronautique navale. Ces vols sont perçus par les élèves comme très importants pour leur avenir. À chacun des vols de sélection, les moniteurs évaluent les élèves pilotes. Il en résulte une certaine pression pour ces derniers qui cherchent à répondre à leurs attentes.

Lors du briefing de ce vol, le moniteur a particulièrement insisté sur la tenue d'axe au décollage. De ce fait, lors de la course au décollage l'élève s'est focalisé sur sa tenue d'axe et a omis de contrôler son tachymètre avant de se retrouver deux points. Le contrôle du tachymètre permet la prise de décision de la poursuite ou de l'arrêt du décollage avant la position deux points. C'est l'intervention du moniteur qui a conduit l'élève à contrôler son tachymètre avant le décollage effectif de l'aéronef et d'interrompre le décollage.

Les enjeux du vol de sélection ont favorisé une focalisation sur un élément particulier du décollage au détriment des autres tâches, entraînant une détection tardive du problème moteur par l'équipage.

2.3.3.2. Ergonomie du poste de pilotage

L'avion CAP10 est équipé de deux manettes des gaz en cabine qui sont conjuguées. Cela permet à l'élève pilote ou au moniteur d'agir successivement ou en parallèle sur la commande des gaz.

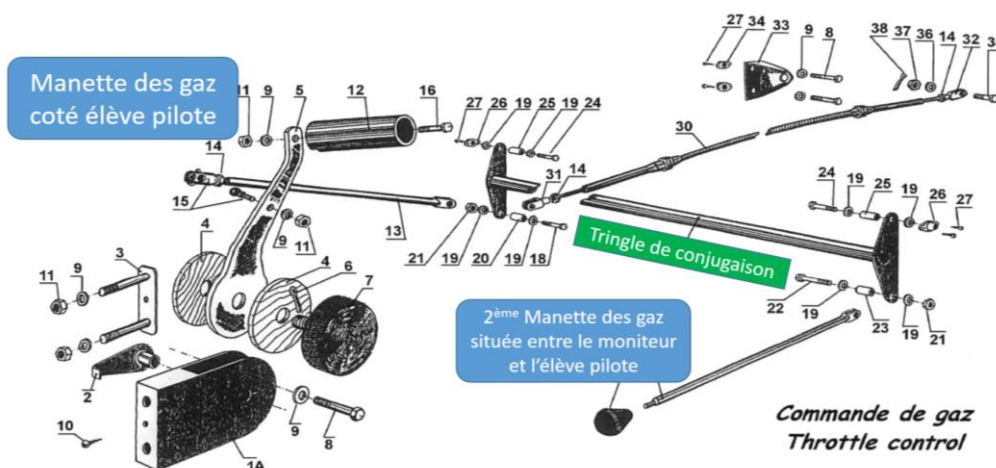


Figure 10 : schéma décrivant la liaison entre les deux manettes des gaz sur l'avion CAP10

En l'absence d'un tachymètre à droite, le CDA ne peut évaluer qu'approximativement le régime moteur. En se fiant à son expérience, le moniteur est en mesure d'identifier une position inusuelle de l'aiguille. Pour autant, il n'est pas en capacité d'effectuer une lecture précise de valeur du régime et doit demander cette information à l'élève pilote. Ce cycle de communication retarde la détection du problème.

La décision d'interrompre le décollage est prise tardivement alors que l'aéronef est déjà « deux points ».

L'absence d'un tachymètre en face de l'instructeur a retardé la décision de renoncement au décollage. L'équipage a donc réagi dans l'urgence alors que l'aéronef était déjà deux points.

2.3.3.3. Actions sur les manettes des gaz

À la demande du CDA, l'élève pilote contrôle son tachymètre et lit la valeur de 2 100 RPM. À ce moment, le CDA décide et annonce immédiatement d'interrompre le décollage. Pour cela il initie la réduction de puissance avant que l'élève ait lâché les commandes.

Ayant initié la baisse de puissance, avant la confirmation du lâcher des commandes par l'élève, il est probable que l'élève a maintenu plein réduit la manette des gaz conjointement avec le moniteur.

Dans l'urgence, les actions aux commandes ont probablement été réalisées avec un effort et une amplitude plus forts que nécessaires.

Il est probable que le CDA a initié l'interruption de décollage avant que l'élève pilote ait lâché la manette des gaz. L'élève pilote et le CDA ont alors exercé simultanément un effort sur leur manette des gaz respective. Cette situation favorise des actions aux commandes de grande amplitude et des efforts.

2.3.4. Normalisation¹² des problèmes moteurs

L'analyse a permis de mettre en évidence une très forte récurrence des incidents de moteur sur CAP10 et cela depuis plusieurs années. Les problèmes moteurs sont donc devenus le quotidien des moniteurs de l'EIP/50S. Dans un tel contexte, le niveau de risque acceptable augmente progressivement chez les moniteurs et conduit à une diminution du niveau de risque perçu.

Habitué aux incidents moteurs réguliers avec les CAP10, le CDA n'est pas interpellé par le résultat à la limite de l'acceptable lors des essais moteur.

Les moniteurs réalisent le point fixe très tôt après le départ du parking, avant de traverser la piste, dans l'éventualité d'une annulation de mission suite à l'identification d'un problème moteur ou de freinage. Cette habitude peut favoriser ultérieurement l'encrassement des bougies avant le décollage en cas d'un roulage long avec un régime moteur faible comme c'est le cas sur la BAN Lanvéoc (piste et taxiways bitumés). En effet, au ralenti le SFI ne régule pas selon l'air admis mais uniquement avec un débit carburant fixe. L'encrassement est donc favorisé, surtout lorsque le régime de ralenti est un peu élevé.

Il est probable que la normalisation des incidents moteur a favorisé l'absence de remise en question de la valeur faible du régime moteur lors de l'essai ralenti. La réalisation d'un point fixe cinq minutes avant la mise en puissance a pu contribuer à l'encrassement des bougies.

¹² Normalisation : pratique non sécuritaire qui vient à être considérée progressivement comme normale lorsqu'elle est routinière et ne provoque pas immédiatement d'accident.

2.3.5. Nature du vol

2.3.5.1. Contexte

Compte tenu du contexte sanitaire lié à la COVID 19 les vols de sélection ont été suspendus plusieurs semaines en mars et avril, et n'ont repris qu'à la fin du mois d'avril. Cette situation a entraîné un fort retard dans la sélection des élèves. Les moniteurs de l'EIP cherchent donc à rattraper ce retard. Pour cela, chaque vol compte.

À aucun instant, le CDA ne remet en question sa lecture du tachymètre alors même qu'il est conscient du risque d'une erreur compte tenu des difficultés de lecture du tachymètre de sa place.

Il est probable que dans un contexte de retard important dans la sélection, le moniteur n'a pas été en mesure de renoncer au vol pour une valeur de régime moteur limite lors de l'essai ralenti.

2.3.5.2. Composition de l'équipage

L'équipage est composé d'un élève pilote en sélection et d'un moniteur.

L'élève pilote ne totalise que six heures de vol sur tous aéronefs confondus. Sa formation a été interrompue plusieurs semaines pour des raisons sanitaires et n'a donc réalisé que deux heures de vol dans les 30 derniers jours.

Le moniteur est présent à l'EIP/50S depuis deux ans. Il est qualifié moniteur confirmé au sein de l'escadrille. Cet équipage présente un déséquilibre d'expérience qui est inhérent au vol de sélection. Le risque dans un tel équipage est un défaut de contrôle des actions du moniteur en raison d'un manque de légitimité de l'élève pour le faire. Ainsi, lorsque l'instructeur décide de refaire un essai ralenti lui-même, l'élève pilote ne contrôle pas le tachymètre bien qu'il ait une meilleure lisibilité de ce dernier. L'élève pilote adopte une posture passive face à l'action du commandant de bord.

La composition de l'équipage dont l'expérience est très fortement dissymétrique est à l'origine d'un défaut de contrôle des actions du moniteur lors de l'essai ralenti par l'élève pilote.

2.3.6. Forte teneur en eau et corrosion

2.3.6.1. Environnement

La recherche des conditions corrosives est réalisée par l'étude des conditions de la maintenance courante et de la zone d'utilisation des avions. La maintenance des CAP10 M est réalisée sur la BAN Lanvéoc. Les vols réalisés par l'EIP/50S sont majoritairement réalisés dans les environs de la base dans les zones P112, R141, R154 et R195.

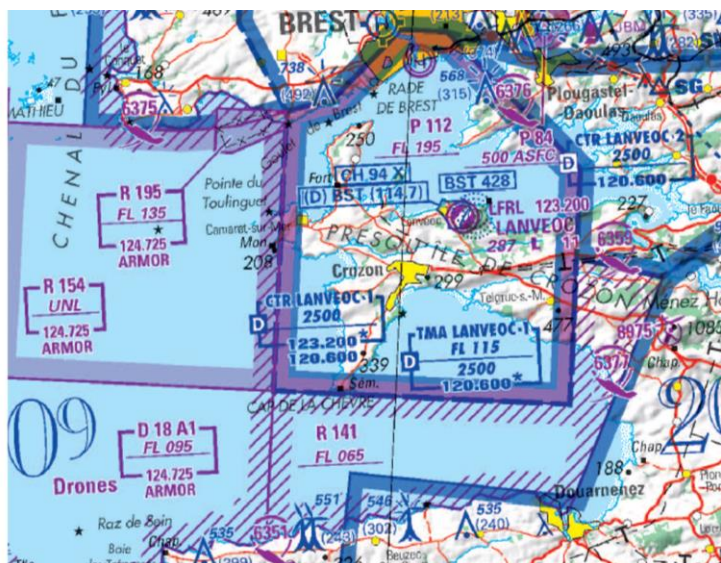


Figure 11 : situation de l'aérodrome de Lanvéoc-Poulmic (LFRL)

La BAN Lanvéoc se situe sur la presqu'île de Crozon. Elle est donc entourée par l'océan Atlantique et est soumise aux vents dominants venant de l'ouest. À ce titre, l'environnement du lieu de stationnement, de maintenance et d'utilisation des avions CAP10 M est très humide et soumis à une ambiance saline. Cet environnement est à considérer comme un environnement corrosif pour les matériels aéronautiques utilisés.

Le lieu de stationnement et d'utilisation des avions CAP10 M est un environnement humide propice au développement de la corrosion et à l'augmentation de la teneur en eau dans l'huile.

2.3.6.2. Préconisations du détenteur du certificat de type de l'avion

L'examen des différents documents publiés par le détenteur du certificat de type de l'avion montre qu'aucune publication ou recommandation n'existe pour les environnements particuliers, comme les zones humides.

Aucune recommandation pour un environnement côtier n'a été émise par le détenteur du certificat de type de l'avion CAP10.

2.3.6.3. Recommandations du détenteur du certificat de type du moteur

Le détenteur du certificat de type du moteur, *Textron Lycoming*, a publié :

- le *Service Bulletin* (SB) n° 480 révision F, le 25 mai 2017 classé « MANDATORY¹³ » relatif à la fréquence des vidanges d'huile ;
- le *Service Letter* (SL) n° L180 révision B, le 13 novembre 2001 relatif à un environnement humide.

Le SB 480 révision F, qui fait suite à la révision E du 13 avril 2005, précise que l'huile moteur doit être vidangée :

- après les 25 premières heures d'utilisation ou quatre mois (première échéance atteinte) ;
- puis toutes les 50 heures d'utilisation ou tous les quatre mois (première échéance atteinte).

La révision F comporte notamment un nota précisant que le remplacement plus fréquent de l'huile est recommandé si le moteur a été exposé aux cendres volcaniques, particules, sable, poussières, conditions météorologiques extrêmes ou brouillard salin pour les environnements côtiers.

Le SL L180 précise que :

- dans les régions très humides, la corrosion peut notamment se développer sur les parois internes des cylindres des moteurs neufs n'ayant pas fonctionné depuis deux jours ;
- si le moteur neuf effectue ses 50 premières heures de vol pendant une période courte, les parois internes des cylindres se couvrent d'un vernis de protection contre la corrosion ;
- la recommandation pour les moteurs en service dans ces régions est de réaliser, au minimum une fois tous les 30 jours, un vol continu d'une heure avec une température d'huile comprise entre 165 °F (74 °C) et 200 °F (93 °C). Cette heure continue n'inclut pas le temps de roulage au sol, de décollage ni d'atterrissage ;
- l'utilisation du moteur à des températures basses peut augmenter la teneur en eau et l'acidité.

Le motoriste a édité deux documents précisant la conduite à tenir en cas d'utilisation du moteur dans un environnement côtier.

¹³ Obligatoire.

2.3.6.4. Utilisation de l'aéronef

L'EIP/50S emploie majoritairement les avions CAP10 M dans le cadre de vols de sélection. Le programme s'appuie sur des séances de vol d'une durée d'environ 1 heure et comprenant en moyenne deux atterrissages. Le personnel navigant de l'EIP/50S n'a pas connaissance des documents édités par le motoriste. Le CAP10 M n° 110 n'a pas effectué de vol conformément au SL L180 depuis l'installation du moteur révisé en juin 2019.

L'unité mettant en œuvre le CAP10 M n'a pas connaissance du *Service Letter* L180 et n'effectue pas le vol mensuel préconisé pour réduire l'impact de l'environnement côtier sur le moteur.

2.3.6.5. Programme d'entretien déposé

En 2012 suite à la passation du marché SIMMAD (devenue DMAé) et ultérieurement à la mise en place de la navigabilité au sein de l'aviation d'État, le titulaire CATS (devenu AFAE) a déposé initialement un programme d'entretien aéronef (PEA) en juillet 2015. Conformément au processus d'approbation, le PEA a été approuvé par la DSAÉ¹⁴ en 2019, après un avis de l'autorité d'emploi Marine nationale en 2018.

L'OGMN AFAE a modifié le PEA CAP10 M lors de la parution de la révision F du SB Lycoming n° 480 paru en 2017 sans modifier la périodicité horaire ou calendaire des pas de vidanges du moteur.

Aucune information des événements objet du CRFT Gravité 1 de 2011 ou des événements d'avant 2012 n'est connue de l'OGMN AFAE.

La partie du programme d'entretien concernant le moteur des CAP10 M ne tient pas compte de la spécificité de l'environnement de la BAN Lanvéoc située en zone côtière ni du retour d'expérience de l'utilisation passée des avions CAP10 M avant la passation du marché.

¹⁴ DSAÉ : direction de la sécurité de l'aéronautique d'État.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est un arrêt moteur non commandé d'un avion monomoteur lors d'une interruption de décollage.

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

En début d'après-midi du 4 mai 2020, après un point fixe à proximité du seuil 23 de la piste de la BAN Lanvéoc, l'équipage d'un CAP10 M composé d'un EOPAN et d'un moniteur confirmé remonte la piste 05 pour s'aligner et décoller.

Une fois aligné, l'élève pilote réalise un décrassage puis les actions « AVANT ALIGNEMENT » et « ALIGNEMENT » conformément au mémento de procédures normales (MCE AN111). Il met donc la pompe carburant électrique en marche. Après autorisation, le décollage est effectué par l'élève pilote.

Lors de la phase d'accélération, alors que l'avion est « deux points », le régime moteur est identifié comme faible et le moniteur annonce qu'il effectue l'interruption de décollage et reprend les commandes. L'équipage positionne les deux leviers conjugués de la commande des gaz sur ralenti.

Sans action de l'équipage, le moteur s'arrête et ne redémarre pas.

3.2. Causes de l'évènement

Les investigations montrent que l'évènement est la combinaison des causes suivantes :

- la remontée partielle d'informations vers l'OGMN sur l'utilisation et l'expérience passée des avions CAP10 de la Marine nationale associée à une absence de prise en compte des préconisations du motoriste en utilisation côtière ;
- l'acceptation de la valeur limite du régime de ralenti favorisée par :
 - le contexte ;
 - l'ergonomie ;
 - la normalisation des problèmes moteurs sur CAP10 M au sein de l'EIP/50S ;
- le manque de puissance moteur favorisé par :
 - l'encrassement des bougies suite à l'utilisation de l'avion comme avion école ;
 - le fonctionnement de la pompe carburant électrique au décollage demandé par le mémento MCE AN111 et non préconisé par le détenteur du certificat de type ;
 - la présence d'eau dans l'huile et de corrosion à l'intérieur du moteur ;
- l'effort sur la commande des gaz en butée ralenti.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Emploi de la pompe carburant électrique au décollage

L'EIP/50S utilise les avions CAP10 M conformément au mémento approuvé par la DMAé, après approbation du contenu par la Marine nationale. Ce mémento demande la mise en fonctionnement de la pompe carburant au décollage, ce qui est en contradiction avec le manuel de vol CEAPR.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale, en lien avec l'autorité technique, de reconsidérer la plus-value de l'utilisation de la pompe carburant au décollage et à l'atterrissage et, à l'issue, de faire évoluer si besoin le mémento MCE AN111.

R1 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – DGA/AT

4.1.2. Effort sur la commande des gaz

Le maintien d'un effort sur la manette des gaz au ralenti peut occasionner l'arrêt du moteur.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale, de sensibiliser les moniteurs et élèves pilotes au risque d'un arrêt moteur en cas d'effort conjoint sur la manette des gaz.

R2 – [M-2020-05-I] Destinataire : CEMM

à la Marine nationale, en lien avec le détenteur du certificat de type et si besoin avec l'autorité technique, de rechercher une solution corrective afin d'éviter un arrêt moteur lors de la sollicitation de la manette des gaz en position plein réduit.

R3 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – CEAPR – DGA/AT

4.1.3. Manque de puissance moteur

Les actions effectuées lors du point fixe sont une étape importante avant le vol.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale, en lien avec la DMAé et AFAE, de mettre en cohérence les attendus du point fixe du MCE AN111 et les documents de maintenance.

R4 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – DMAé – AFAE

Le manque de puissance du moteur est partiellement imputable à un encrassement des bougies pouvant intervenir dans un contexte d'utilisation (avion d'entraînement) et dans un environnement particulier.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale, en lien avec la DMAé et AFAE et si besoin avec l'autorité technique, de mener une revue des préconisations du motoriste sur l'utilisation et la maintenance de l'avion CAP10 M au vu des éléments identifiés dans le présent rapport sur l'emploi et l'environnement spécifique de Lanvéoc-Poulmic.

R5 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – DMAé – AFAE – DGA/AT

4.1.4. Normalisation des problèmes moteurs

L'évènement a été porté à la connaissance du BEA-É par la réception par courrier d'une fiche d'évènement aéronautique alors que les autres problèmes moteurs n'ont pas fait l'objet de remontée d'information. Cette absence de remontée d'informations n'a pas permis à l'autorité technique ou à CEAPR de prendre des mesures pour remédier à ces problèmes.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale de coordonner avec AFAE une réflexion pour lutter contre le processus de normalisation des problèmes moteurs sur CAP10 M.

R6 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – AFAE

4.1.5. Remontée partielle d'information

L'enquête de sécurité a montré que les problèmes actuels et passés relatifs aux moteurs des avions CAP10 M étaient récurrents et n'avaient pas fait l'objet d'un compte rendu systématique. Cette absence d'information et la récurrence des problèmes moteurs sans action corrective a nui à la sécurité des vols.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale et à AFAE de veiller à faire remonter tous les évènements survenus au CAP10 M.

R7 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMM – AFAE

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

4.2.1. Enregistreurs de paramètres et de conversation embarqués

L'avion n'est pas équipé d'enregistreur de paramètres de vol ni de conversation en cabine. Depuis 2019, l'installation à bord des CAP10 d'un enregistreur de paramètres et de conversation est approuvée par l'EASA¹⁵.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la Marine nationale, d'équiper tous ses CAP10 d'enregistreurs de paramètres de vol et de conversation en cabine, ou à minima d'étudier l'installation d'un autre équipement (caméra durcie, tablette, montre connectée, etc.) permettant de disposer d'un minimum de paramètres en cas d'évènement.

R8 – [M-2020-05-I] Destinataire : CEMM

4.2.2. Enregistrements issus de la vidéosurveillance

En l'absence d'enregistreur embarqué, l'équipe d'enquête a pu obtenir l'autorisation de la BAN de disposer des enregistrements issus de la vidéosurveillance de la plateforme. L'extraction du fichier est réalisée par une autre entité, la direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information (DIRISI) qui n'a pas été en mesure de la réaliser avant le délai d'effacement automatique des données.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à toutes les autorités d'emploi, en lien avec la DIRISI ou autre prestataire en charge de la vidéosurveillance, de mettre en place, sur toutes les emprises équipées d'un système de vidéosurveillance, une procédure « réflexe » permettant de sauvegarder ces données lors du déclenchement d'une enquête de sécurité.

R9 – [M-2020-05-I] Destinataires : CEMAEE – CEMM – CEMAT – DGA – DGGN – DGSCGC – DGDDI - DIRISI

¹⁵ EASA : *European Union Aviation Safety Agency* – Agence européenne pour la sécurité aérienne.

ANNEXE
RÉSULTATS DES ANALYSES DES HUILES



| Caractéristiques | Huile neuve de référence | Huile prélevée du CAP10 M n° 110 | Huile prélevée d'un CAP 10 de l'ENAC |
|--|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Teneur en eau en % volumique | 101 | 480 | 210 |
| * Indice d'acide En mgKOH/g | < 0,05 | 0,20 | 1,2 |
| * Viscosité cinématique à +40°C en mm ² /s | 137,3 | 113,3 | 131,8 |
| * Viscosité cinématique à +100°C en mm ² /s | 19,12 | 16,65 | 18,31 |
| ASH (teneur en métaux en mg/kg) | | | |
| Teneur en cuivre | <1 | 4 | 4 |
| Teneur en fer | <1 | 25 | 10 |
| Teneur en silicium | 2 | 5 | 3 |
| Teneur en zinc | <1 | 4 | 3 |
| Teneur en aluminium | <1 | 8 | 3 |
| Teneur en étain | <1 | 2 | <1 |
| Teneur en plomb | <1 | 2440 | 3813 |
| Teneur en calcium | <1 | 7 | 2 |
| Teneur en potassium | <1 | 1 | <1 |
| Teneur en vanadium | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en sodium | 1 | 2 | <1 |
| Teneur en cadmium | <1 | 3 | 2 |
| Teneur en chrome | <1 | 3 | <1 |
| Teneur en nickel | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en argent | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en antimoine | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en bore | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en baryum | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en cobalt | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en lithium | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en magnésium | <1 | 2 | 1 |
| Teneur en manganèse | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en molybdène | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en phosphore | 1735 | 1627 | 1177 |
| Teneur en titane | <1 | <1 | <1 |
| Teneur en bismuth | <1 | <1 | <1 |

PAS DE TEXTE