

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 11 février 2009

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-A-2007-024-I

Date de l'événement	20 décembre 2007
Lieu	Angoulême
Type d'appareil	Epsilon TB 30 n° 130
Immatriculation	F - SEYU
Organisme	Armée de l'air
Unité	EPAA 00.315 - 3 ^{ème} escadron

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page 1 (couverture) : SIRPA Air.

Page 17, 18: BEAD-air.

Page 21, 22, 24, 25, 26, 27 : CEPr.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	5
TABLE DES ILLUSTRATIONS	6
SYNOPSIS	7
1. Renseignements de base	9
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Mission	9
1.1.2. Déroulement	9
1.1.3. Localisation	10
1.2. Tués et blessés	11
1.3. Dommages à l'aéronef	11
1.4. Autre dommage	11
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	11
1.5.2. Autre personnel	13
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.6.1. Maintenance	14
1.6.2. Performances	16
1.6.3. Carburant	16
1.6.4. Autres fluides	16
1.7. Aides à la navigation	16
1.8. Conditions météorologiques	16
1.8.1. Prévisions	16
1.8.2. Observations	16
1.9. Télécommunications	16
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	16
1.11. Enregistreurs de bord	16
1.12. Examen de l'aéronef	17
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	19
1.13.1. Commandant de bord (moniteur en place arrière)	19
1.13.2. Pilote (en place avant)	19
1.14. Incendie	19
1.15. Survie des occupants	19
1.15.1. Abandon de bord	19
1.15.2. Organisation des secours	19
1.16. Essais et recherches	19
1.17. Renseignements supplémentaires	19
2. Analyse	20
2.1. Description de l'événement	20
2.1.1. Définition de l'événement	20
2.1.2. Description de l'incident et gestion du déroutement	20
2.2. Investigations menées sur le motopropulseur	20
2.2.1. Premières constatations à la réception	20
2.2.2. Constatations effectuées sur le circuit d'huile	22
2.2.3. Analyse des fluides	23
2.2.4. Expertise du groupe motopropulseur	23
2.2.5. Survitesse du moteur	28
2.2.6. Serrage de l'écrou de fixation des chapeaux de têtes de bielles	29
2.3. Maintenance du moteur	29
2.3.1. Rodage du moteur	29
2.3.2. Analyse des filtres	29
2.3.3. Analyse des allumages du voyant pression d'huile	30
2.3.4. Analyse spectrométrique de l'huile (ASH)	30
3. Conclusion.	31
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	31
3.2. Causes de l'événement	31

3.3. Eléments établis n'ayant pas de lien avec l'événement.	31
4. Recommandations de sécurité	32
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	32
4.1.1. Procédure de serrage des écrous de tête de bielle	32
4.1.2. Survitesse du groupe motopropulseur	32
4.1.3. Phase de rodage	33
4.1.4. Analyse spectrométrique de l'huile (ASH)	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	34
4.2.1. Enregistreur de paramètres	34
4.2.2. Documentation	34
ANNEXES	35
ANNEXE 1 Description succincte de l'assemblage bielle-maneton	36
ANNEXE 2 Schéma de principe du circuit de lubrification du moteur AEIO540L1B5D	37
ANNEXE 3 Récapitulatif de la séquence d'événements	39
ANNEXE 4 Position d'ECATS au sein d'EADS	40

GLOSSAIRE

ASH	Analyse spectrométrique des huiles
BEAD-air	Bureau enquêtes accidents défense air
CEAA	Commandement des écoles de l'armée de l'air
CFIP	Centre de formation des instructeurs pilotes
EADS	<i>European Aeronautic Defense and Space company</i>
ECATS	EADS Cognac Aviation Training Services
EMJ	Entretien Majeur
EMO/AIR	État-major opérationnel de l'armée de l'air
EPAA	Ecole de pilotage de l'armée de l'air
ETAL	Equipe technique avions légers
FL	<i>Flight Level</i> (niveau de vol)
ft	<i>Feet</i> , pied (1ft \approx 0.304m)
kg	Kilogramme
kts	<i>Knots</i> – nœuds (1 kt \approx 1,852 km/h).
Nm	<i>Nautical miles</i> – mille nautique (1Nm \approx 1852 m)
NTIA	Niveau technique d'intervention en atelier
NTIL	Niveau technique d'intervention en ligne
QFU	Définit la route magnétique de la piste en service
RG	Révision générale
VIM	Visite intermédiaire moteur
VP	Visite périodique

TABLE DES ILLUSTRATIONS**Photographies :**

Projection d'huile sur le pare brise vue de l'intérieur de l'Epsilon.....	17
Traces d'huile sur les capots moteur.....	18
Demi-carter brisé sur la partie supérieure	18
Vue de dessus du moteur après sa dépose.....	21
Vue de dessous du moteur après sa dépose.....	22
Manetons du vilebrequin.....	24
Palier n° 2 du vilebrequin.....	25
Coussinets du palier n° 2.....	25
Traces de rotation des coussinets dans le carter.....	26
Bielle n° 5.....	26
Ecrou inférieur de la tête de bielle n° 5.....	27
Marquage intérieur du pied de la bielle n °5	27

Graphique :

Opérations de maintenance réalisées sur le moteur depuis sa révision générale	15
---	----

SYNOPSIS

Date de l'événement : 20 décembre 2007 à 9 h 35.

Lieu de l'événement : axe de voltige 24 G dans le 075° de Cognac (Charente) pour 35 Nm.

Organisme : armée de l'air.

Commandement organique : commandement des écoles de l'armée de l'air (CEAA).

Unité : EPAA 00.315 – 3^{ème} escadron d'instruction en vol.

Aéronef : Epsilon TB 30 n° 130 F-SEYU.

Nature du vol : transformation Epsilon moniteur TE2.

Nombre de personnes à bord : 2.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Un équipage composé d'un pilote en place avant et d'un moniteur en place arrière effectue une mission de transformation Epsilon moniteur sur l'axe 24G. En phase de voltige, le pilote effectue un tonneau. Au moment de l'arrivée sur le dos, l'équipage constate l'allumage du voyant pression d'huile. Le pilote replace l'avion sur le ventre en vol rectiligne horizontal. Les indicateurs de pression d'huile indiquent une pression nulle en place avant et en place arrière. Les indications n'évoluant pas, l'équipage décide le déroutement vers le terrain d'Angoulême. Quelques instants plus tard, une déflagration est entendue par l'équipage. Elle s'accompagne de fortes vibrations avec diffusion de fumée en cabine et de projection d'huile sur le pare brise. Le pilote effectue un atterrissage d'urgence sur le terrain d'Angoulême. L'équipage évacue l'avion sur la piste, sain et sauf.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur du BEAD-air, nommé directeur d'enquête.
- Un enquêteur de première information (EPI), officier mécanicien.
- Un officier pilote ayant une expertise sur le type d'avion.
- Un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur Epsilon TB 30.
- Un médecin du personnel navigant.

Autre expert consulté

Centre d'essai des propulseurs (CEPr) de Saclay pour l'expertise du moteur.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu par le bureau maîtrise des risques de l'armée de l'air le 20 décembre 2007.

L'enquête technique a été déléguée à un EPI placé sous la responsabilité d'un enquêteur du BEAD-air.

L'EPI a été prévenu en début d'après-midi le 20 décembre 2007. L'équipe d'enquête technique s'est rendue à Cognac le lendemain matin.

Enquête judiciaire

L'événement n'a fait l'objet d'aucune procédure judiciaire.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : ROUMI 322.

Type de vol : COM V.

Type de mission : transformation 2.

Dernier point de départ : Cognac.

Heure de départ : 9 h 00.

Point d'atterrissage prévu : Cognac.

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

La mission a été préparée par le pilote moniteur en transformation sur Epsilon. Le briefing comprenait le déroulement du profil de la mission, la météorologie, la description des exercices à effectuer en vol ainsi que les moyens de la plateforme et la prise de connaissance de l'état de la piste en herbe de Cognac.

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

Le 20 décembre 2007, après le décollage de Cognac à 9 h 00 locales, le transit est effectué en basse altitude vers l'axe de voltige 24 G. Une montée au FL 80 est entreprise pour effectuer trois tours de vrille. Ces derniers sont exécutés sans problème et une série d'actions vitales est réalisée à l'issue en vérifiant que les indications des paramètres moteur se situent dans le secteur vert de l'indicateur (sans recherche de la lecture d'une valeur précise). Un exercice de virage serré maximum et de rayon minimum est accompli au FL 60 suivi d'une série de deux chandelles.

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

Après les exercices cités supra, un tonneau lent est effectué par la droite par le pilote en place avant. Le début de la figure est exécuté à une vitesse de 180 kt et 20° de cabré au FL 60 à un rythme a priori plus rapide que celui prévu au briefing. Le pilote place le gauchissement à droite. En arrivant sur le dos, l'équipage constate l'allumage du voyant rouge « PANNE ». L'allumage du voyant rouge « PRESS HUILE » au tableau d'alarme est confirmé au retour sur le ventre, les ailes à plat.

Les deux membres d'équipage surveillent avec attention les indicateurs de pression d'huile (postes avant et arrière). Ceux-ci restent à zéro. Sans attendre la remontée éventuelle de la pression d'huile, la mise de cap sur le terrain d'Angoulême est décidée. Au cours du déroutement, une réduction de gaz est faite (positionnement de la manette de gaz à mi-course) et une légère mise en montée est effectuée avec une vitesse de 110 kt et un taux de montée de 300 à 400 ft/min. Aucune vibration du moteur n'est perçue. La température d'huile chute vers 50°C.

Lors de la montée, des vibrations moteur sont ressenties suivies d'une détonation 10 à 20 secondes plus tard.

Selon le témoignage de l'équipage, à la suite de la déflagration, une intense fumée blanche s'échappe au niveau de la trappe à huile et une épaisse fumée envahit la cabine de pilotage. Simultanément, le pare brise se recouvre de projections d'huile. Le moteur de l'avion n'exerce plus de traction et la température d'huile est à 50°C. Le pilote maintient une vitesse indiquée voisine de 110 kt. La fumée en cabine de plus en plus épaisse ne permettant plus de distinguer les paramètres de vol ainsi que l'environnement extérieur, la décision d'une évacuation en vol est envisagée et annoncée au directeur des vols par le moniteur en place arrière. L'hélice continue de tourner. Immédiatement, le pilote en place avant coupe la climatisation de la cabine. Dans un même temps, les aérateurs de la cabine sont ouverts au maximum. Rapidement les fumées sont dissipées et le pilote aux commandes annonce au moniteur le visuel de la piste d'Angoulême et la possibilité d'atterrissage sans moteur. Il affiche l'IFF sur EMERGENCY et annonce un MAY DAY sur la fréquence du terrain d'Angoulême.

Il se présente pour un point clé bas (dernier repère indispensable à la poursuite de l'encadrement sans moteur) en piste 28. Le robinet coupe feu carburant est fermé suite à l'intervention du moniteur.

L'hélice est toujours en rotation.

Arrivant à deux nautiques du point clé bas, un nouveau message de MAY DAY est effectué à la tour de contrôle d'Angoulême. Haut sur le plan et visant le milieu de la piste d'Angoulême, une présentation en point clé bas en piste 10 est décidée. L'avion est toujours en configuration lisse entre 110 et 120 kt. Le point clé bas en piste 10 est passé aux alentours des 2000 ft sol (toujours haut sur le plan). La sortie du train est effectuée en mode normal suivie des volets à 15°. La piste étant assurée, un briefing sur l'évacuation rapide après l'atterrissage est effectué. Le dernier virage est débuté légèrement haut et l'avion se retrouve au dessus du plan de descente en approche finale. Les volets sont sortis à 25° et le point d'aboutissement est placé en début de piste. Un palier de décélération est entrepris à deux mètres du sol et compte tenu du manque de visibilité de la place avant, le moniteur en place arrière effectue l'arrondi et l'atterrissage. L'hélice s'arrête juste avant le touché des roues.

Etant donné la faible visibilité vers l'avant de l'appareil une fois l'avion au sol et le risque associé de sortie de piste, les deux pilotes appuient simultanément sur les freins, effectuant un freinage énergique. Les roues se bloquent, entraînant l'éclatement du pneu de l'atterrisseur principal droit. L'avion est rapidement immobilisé sur la piste et les deux pilotes effectuent une évacuation rapide au sol.

1.1.3. Localisation

- Lieu : axe de voltige 24 G (relèvement 075° / 35 Nm de Cognac) ;
 - pays : France ;
 - département : Charente (16) ;
 - commune : Chasseneuil-sur-Bonnieure ;
 - coordonnées géographiques :
 - N 45° 50' 00'' ;
 - E 000° 30' 00''.
 - hauteur / altitude du lieu de l'événement : FL 60 → 5000 ft/sol.
- Moment : jour à 9 h 35 ;
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Angoulême à 13 Nm dans le 240° du lieu de l'événement.

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	2		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Epsilon TB 30 n° 130			X	

1.4. Autre dommage

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

Le commandant de bord en place arrière est un pilote moniteur expérimenté sur Epsilon TB 30. Il est commandant d'escadrille au 3^{ème} escadron d'instruction en vol de l'école de pilotage de l'armée de l'air (EPAA) à Cognac.

Le pilote en place avant est un jeune moniteur sur Grob 120 qui venait de terminer fin novembre 2007 sa formation d'instructeur pilote au sein du centre de formation des instructeurs pilotes (CFIP). Il débutait sa transformation sur Epsilon.

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord

Pilote en place arrière :

- Age : 40 ans.
- Sexe : M.
- Unité d'affectation : EPAA 00.315 / 3ème escadron.
 - fonction dans l'unité : commandant d'escadrille ;
 - qualification : chef moniteur.
- Heures de vol comme pilote : 3695 h 25 mn.

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Epsilon TB30	Sur tous types	Epsilon TB30	Sur tous types	Epsilon TB30
Total	3695 h 25 mn	1334 h 15 mn	101 h 05 mn	79 h 30 mn	5 h 10 mn	3 h 45 mn
Dont nuit	340 h 05 mn	212 h 05 mn	5 h 15 mn	4 h 25 mn		
Dont VSV	294 h 25 mn	55h10 mn	2 h 20 mn	1 h 20 mn		

- Date du dernier vol comme pilote sur TB 30 : 19 décembre 2007.
- Carte de circulation aérienne :
 - type : verte numéro 167/R/CFIP ;
 - date d'expiration : 7 juin 2008.

1.5.1.2. Autre membre d'équipage

Pilote en place avant

- Age : 27 ans.
- Sexe : M.
- Unité d'affectation : EPAA 00.315 / 3ème escadron.
 - fonction dans l'unité : moniteur en phase de transformation sur TB 30 ;
 - sortie du CFIP : 30 novembre 2007 ;
 - qualification : chef de patrouille.
- Heures de vol comme pilote : 1240 h 10 mn.

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Epsilon TB30	Sur tous types	Epsilon TB30	Sur tous types	Epsilon TB30
Total	1240 h 10 mn	86 h 25 mn	105 h 10 mn	2 h 20 mn	19 h 25 mn	2 h 20 mn
Dont nuit	250 h 35 mn	6 h 45 mn	3 h 10 mn			
Dont VSV	74 h 30 mn	14 h 30 mn	2 h 20 mn			

- Date du dernier vol comme pilote : 19 décembre 2007 sur Grob 120.
- Carte de circulation aérienne :
 - type : verte numéro 90/R/EC 02.004/CFEN ;
 - date d'expiration : 12 juin 2008.

1.5.2. Autre personnel

Le directeur des vols est basé à Cognac.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air, avion mis gratuitement à disposition du titulaire du marché, la société ECATS (voir en annexe 4 la position d'ECATS au sein d'EADS).
- Commandement organique d'appartenance : CEAA.
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 709 Cognac.
- Unité d'affectation : EPAA 00.315 / 3ème escadron.
- Type d'aéronef : Epsilon TB 30.

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	Epsilon TB30	130	4371 h 25 mn	GV ¹ : 1037 h 50 mn Effectuée le 13/10/2003	VP ² : 50 h 10 mn Effectuée le 26/09/2007
Hélice	HC- C2YR4CF	AU 10168B	899 h 30 mn		VIM ³ : 15 h 25 mn Effectuée le 03/12/2007
Moteur	Lycoming AEIO 540L1B5D	L22338-48A	3684h25	RG ⁴ : 113 h 50 mn Effectuée le 05/07/2007	VIM : 15 h 25 mn Effectuée le 03/12/2007

¹ GV : grande visite

² VP : visite périodique

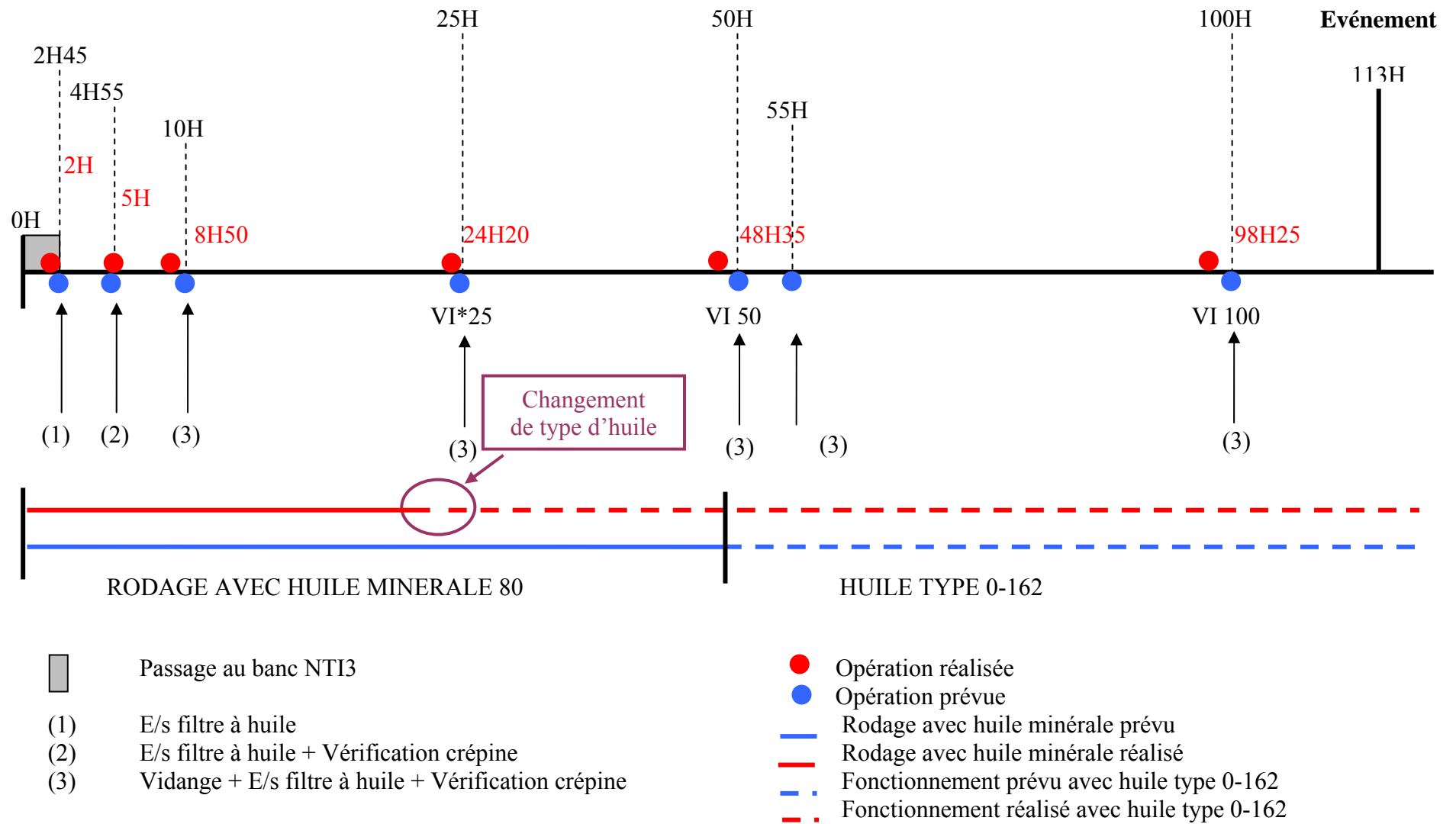
³ VIM : Visite intermédiaire moteur

⁴ RG : révision générale

1.6.1. Maintenance

L'entretien de l'aéronef Epsilon TB 30 est effectué selon le manuel de maintenance GCE 122-05 réédition du 5 avril 2007. La société ECATS, titulaire du marché, assure le niveau technique d'intervention en ligne (NTIL) et le niveau technique d'intervention en atelier (NTIA).

A l'issue de la révision générale du moteur AEIO 540L1B5D n° L22338-48A, celui-ci a été avionné sur l'Epsilon n° 130. Durant les 113 heures et 50 minutes de fonctionnement du moteur depuis sa pose sur l'avion, cinq opérations d'entretien du circuit de lubrification ont été réalisées.



Opérations de maintenance réalisées sur le moteur depuis sa révision générale (Acte technique n°111-07/CEP/ASA/SCA du 02 mai 2007)

1.6.2. Performances

Une survitesse du moteur est signalée au cours du vol de la veille : 2750 tr/min au lieu de 2700 tr/min au plein petit pas et plein gaz.

1.6.3. Carburant

- Type de carburant utilisé : AVGAS 100LL.
- Quantité de carburant au décollage : 210 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 150 litres.

1.6.4. Autres fluides

Lors de la préparation pour le vol, aucun complément d'huile n'a été effectué. Le dernier complément d'huile (1 litre) a été effectué à 110 heures et 50 minutes, soit 3 heures avant le dernier vol.

1.7. Aides à la navigation

Sans objet.

1.8. Conditions météorologiques

1.8.1. Prévisions

Conditions anticycloniques avec un ciel clair et un vent du sud-ouest léger, indications données par la station météorologique de Cognac.

1.8.2. Observations

Les observations étaient conformes aux prévisions citées supra.

1.9. Télécommunications

L'équipage est en contact :

- en UHF avec l'approche de Cognac. Le directeur des vols (DV) est sur la fréquence approche de Cognac ;
- en VHF (118,2Mhz) avec la tour de contrôle d'Angoulême.

Les communications radio avec la tour de contrôle d'Angoulême ont été enregistrées et exploitées pour les besoins de l'enquête.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

La piste 10 de l'aérodrome d'Angoulême était en service.

1.11. Enregistreurs de bord

Au moment de l'événement, l'Epsilon n'est pas équipé d'un enregistreur de paramètres.

1.12. Examen de l'aéronef

Le pneu droit de l'atterrisseur principal a éclaté lors de l'atterrissage.

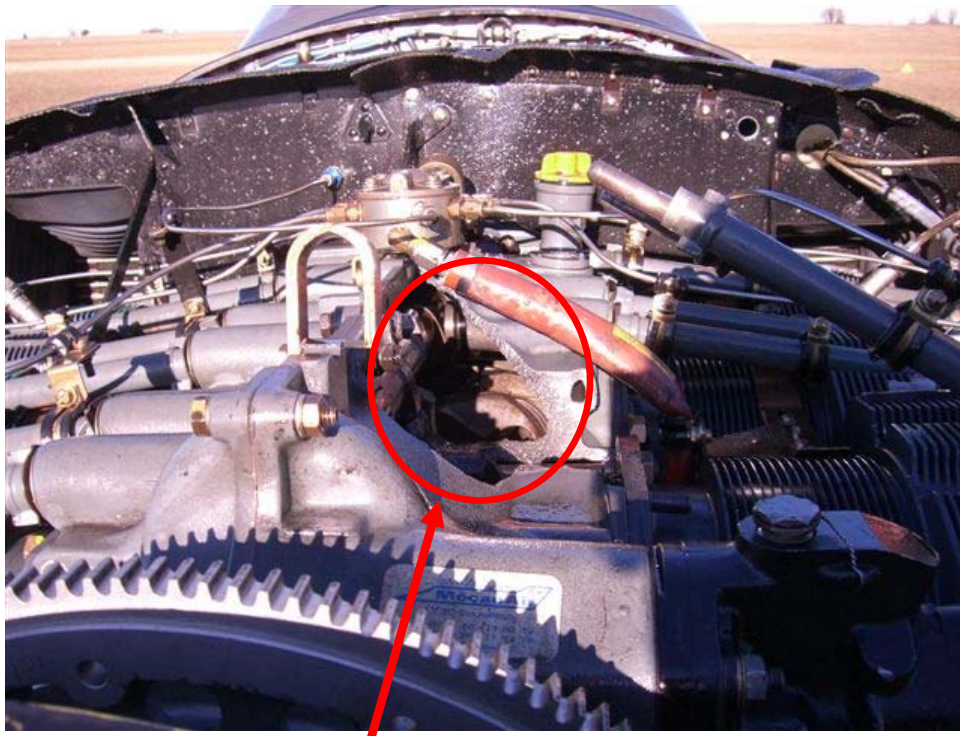
La verrière du TB 30 est recouverte d'huile moteur. Des traces d'écoulement du même fluide sont également observées sur le train auxiliaire.



Projection d'huile sur le pare brise vue de l'intérieur de l'Epsilon



Traces d'huile sur les capots moteur



Demi-carter brisé sur la partie supérieure

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Commandant de bord (moniteur en place arrière)

- Dernier examen médical :
 - type : visite à l'unité ;
 - date : 16 octobre 2007 ;
 - résultat : apte pilote de chasse sans restriction ;
 - validité : 6 mois.
- Examens biologiques : non réalisés.

1.13.2. Pilote (en place avant)

- Dernier examen médical :
 - type : visite à l'unité ;
 - date : 14 novembre 2007 ;
 - résultat : apte pilote de chasse sans restriction ;
 - validité : 6 mois.
- Examens biologiques : non réalisés.
- Blessures : aucune.

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

L'évacuation rapide de l'avion au sol a été réalisée sans difficulté par l'équipage.

1.15.2. Organisation des secours

Les pompiers de l'aérodrome d'Angoulême ont été alertés par la tour de contrôle. Ils étaient présents à proximité de la piste d'atterrissage lors du posé de l'Epsilon.

1.16. Essais et recherches

L'expertise du groupe motopropulseur et l'analyse des prélèvements d'huile moteur et de carburant ont été réalisées au CEPr.

1.17. Renseignements supplémentaires

Aucune panne du circuit d'huile n'a été signalée depuis la mise en service de ce moteur sur le TB 30 n° 130.

2. ANALYSE

L'étude portera sur :

- la description de l'événement et la gestion du déroutement ;
- les investigations réalisées sur le motopropulseur et les hypothèses concernant les causes possibles ;
- la maintenance du moteur depuis sa dernière révision générale.

2.1. Description de l'événement

2.1.1. Définition de l'événement

L'allumage du voyant pression d'huile à zéro, suivi d'une détonation au niveau du moteur a conduit l'équipage à un posé d'urgence sur le terrain d'Angoulême.

2.1.2. Description de l'incident et gestion du déroutement

Au cours de la réalisation du tonneau de type école, lors du passage en vol dos, l'équipage constate l'allumage du pavé panne et note une pression d'huile à zéro. La figure est terminée pour retourner en vol ventral. Les voyants avant et arrière de pression d'huile restant allumés, le déroutement vers le terrain d'Angoulême est aussitôt décidé. Pendant le transit, trois minutes après la panne constatée, l'équipage entend une détonation au niveau du moteur. Ce temps est validé par l'exploitation des enregistrements sonores en continu des communications radio.

Une fumée blanche envahit le cockpit accompagnée de fortes vibrations du moteur. En même temps, le pare brise se recouvre d'une couche d'huile réduisant fortement la visibilité sur l'avant. La coupure de la climatisation et l'ouverture des aérateurs d'air dissipent rapidement les fumées dans la cabine. Le moteur continue à tourner sans aucune force de traction. La prise du visuel du terrain d'Angoulême permet à l'équipage de présenter l'avion pour un posé d'urgence dans de bonnes conditions. La gestion de la panne a été très bien menée par l'équipage qui a su prendre les bonnes décisions au bon moment et qui a permis un posé hélice arrêtée.

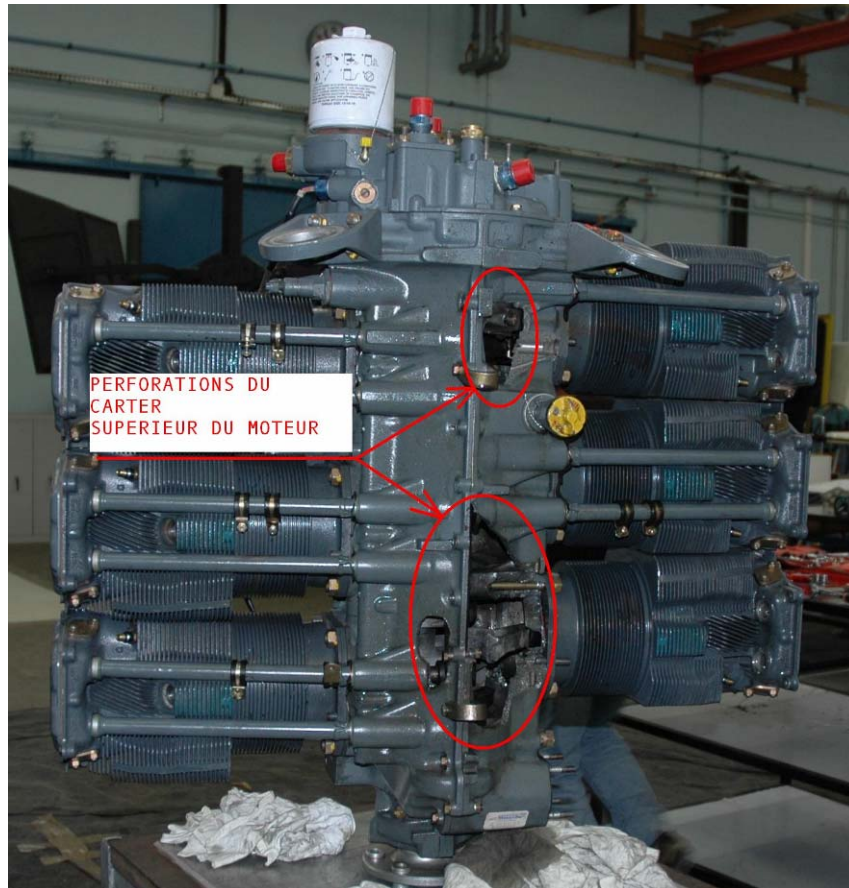
Le freinage énergique au posé de l'appareil sur la piste a provoqué l'éclatement du pneu du train principal droit.

2.2. Investigations menées sur le motopropulseur

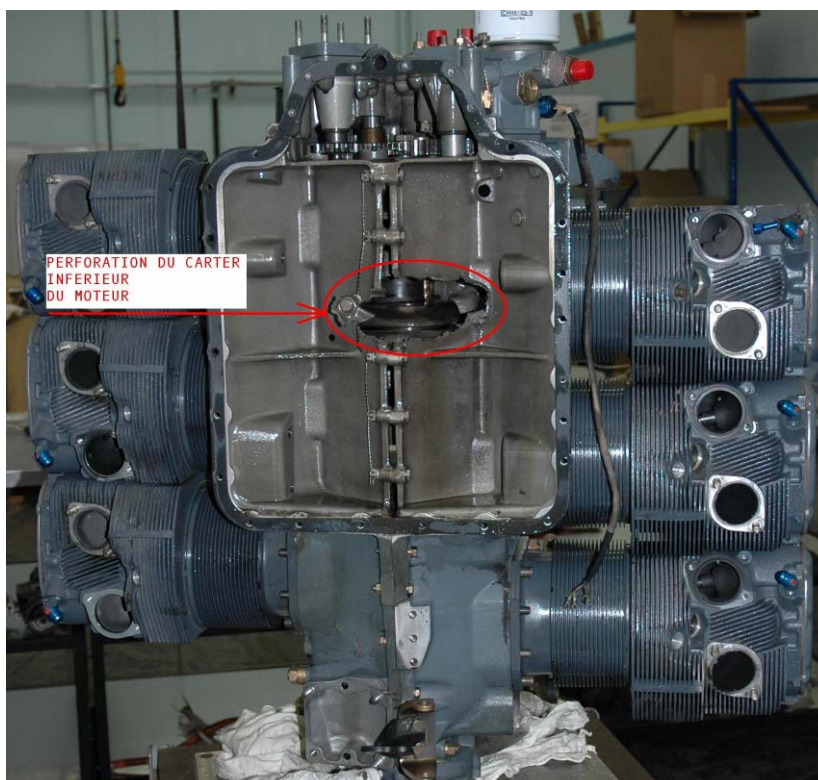
L'expertise du moteur a été faite par le CEPr.

2.2.1. Premières constatations à la réception

Les deux demi carters du moteur sont perforés en trois endroits, deux en partie supérieure et un en partie inférieure.



Vue de dessus du moteur après sa dépose



Vue de dessous du moteur après sa dépose

Les accessoires du moteur sont en place et en bon état.
L'hélice et ses équipements sont aussi en bon état.

2.2.2. Constatations effectuées sur le circuit d'huile⁵

- Le carter d'huile est en bon état.
- Le clapet à bille « Christen » est propre. Il ne contient aucune particule de métal. Aucun dysfonctionnement de ce mécanisme n'est relevé.
- La crépine n'est pas obstruée, mais contient des particules produites lors de l'événement.
- La pompe à huile ne présente pas de détérioration. Ses pignons sont en bon état.
- Le clapet thermostatique fonctionne correctement : sa plage de dilatation s'étend de 70 à 78°C.
- Les radiateurs comportent quelques fines particules décelées après rinçage.
- Quelques particules sont retrouvées dans le filtre à huile.
- La sonde de température est en bon état.
- Les manoccontacts de pression d'huile sont en bon état de fonctionnement.
- Le clapet de surpression fonctionne normalement.
- Les conduits de lubrification dans les carters sont transparents.

⁵ Le schéma de principe de fonctionnement du circuit de lubrification du moteur figure en annexe 2

En conclusion :

**la vérification des composants témoigne du bon fonctionnement du circuit de lubrification.
L'hypothèse d'un dysfonctionnement d'un des éléments du circuit de lubrification est REJETEE.**

2.2.3. Analyse des fluides

Le carburant prélevé dans le système d'injection, F18 AVGAS 100LL, est conforme à l'utilisation sur TB 30 Epsilon.

L'huile prélevée dans le carter (9 litres) est de type XO 162. Elle est conforme au fluide préconisé par le constructeur.

Conclusion :

l'hypothèse selon laquelle la qualité des fluides utilisés au moment de l'événement a conduit au dysfonctionnement du moteur est REJETEE.

2.2.4. Expertise du groupe motopropulseur

Les travaux de démontage du moteur effectués par le CEPr ont permis de constater que les dégâts ayant occasionné la destruction de ce moteur et son arrêt en vol concernent l'embiellage. C'est pourquoi deux actions ont été menées afin de rechercher la cause de cet endommagement :

- l'inventaire détaillé de chaque pièce de l'embiellage endommagé ;
- l'examen technique approfondi de l'embiellage.

2.2.4.1. Examen du vilebrequin

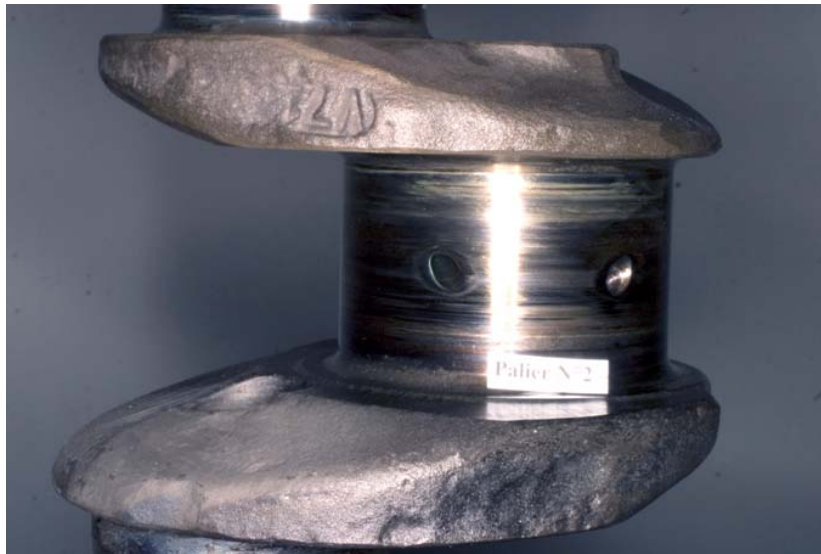
On note des traces de surchauffe des manetons⁶ des bielles n° 6 et 2, avec empreinte des tiges de boulons, ainsi qu'une surchauffe de moindre importance sur le maneton de la bielle n° 5.



Manetons du vilebrequin

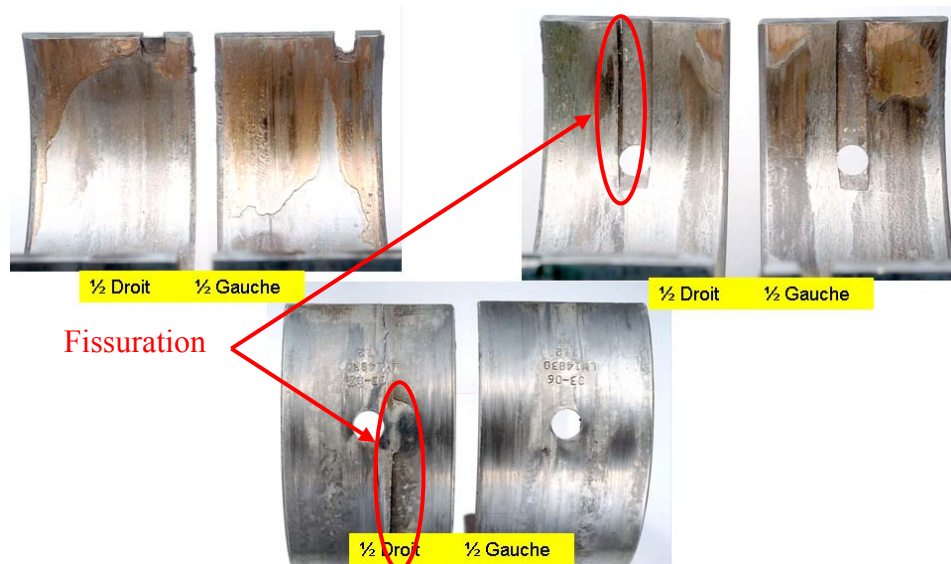
On relève également une trace de surchauffe sur le seul palier n° 2 du vilebrequin. Les coussinets de ce palier sont usés et détruits.

⁶ La description succincte de l'assemblage bielle-maneton figure en annexe 1



Palier n° 2 du vilebrequin

Une usure progressive et sans surchauffe du revêtement anti-friction jusqu'au support en acier est constatée. Les coussinets se sont désolidarisés du vilebrequin par rotation après rupture ou effacement des ergots de maintien. On note aussi un déplacement vers l'arrière de ces coussinets avec un polissage du chanfrein arrière. Il est relevé une fissuration circulaire (arc de 60°) dans le fond de la gorge de graissage du coussinet droit.



Fissuration

Coussinets du palier n° 2



Traces de rotation des coussinets dans le carter

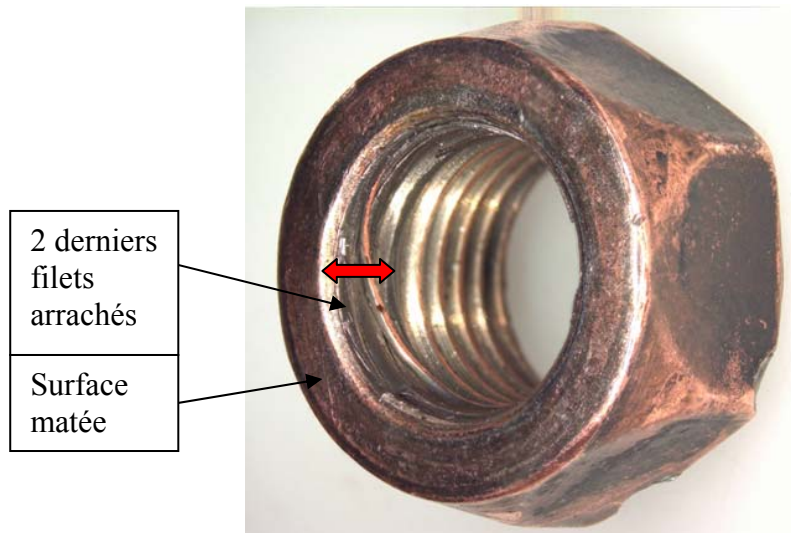
2.2.4.2. Examen des bielles

- Les bielles n° 6 et 2 ont leurs têtes brisées en quatre sites symétriques. Un boulon est retrouvé entier et un autre rompu sur chaque tête avec les écrous restés en place. Les écrous sont choqués et desserrés.
- La bielle 5 a sa tête brisée en quatre sites symétriques avec une rupture secondaire à mi-corps. Le boulon supérieur est rompu avec son écrou en place et desserré. Le boulon inférieur est entier et libéré de son écrou retrouvé dans le carter.



Bielle n° 5

- Autres particularités relevées sur la bielle n° 5 et son boulon inférieur :
 - la tige du boulon inférieur s'est fléchie vers l'intérieur, avec une insertion d'acier dans ses filets, lors de l'ouverture du chapeau, avant sa rupture ;
 - son écrou libéré, peu choqué, a ses deux derniers filets cisailés en traction. Ce sont les seuls encore en prise lors de sa séparation du boulon ;
 - la face d'appui de cet écrou est la seule à être matée et évasée sur 360°, ce qui atteste de sa rotation et des à-coups successifs subis ;



Écrou inférieur de la tête de bielle n° 5

- l'alésage de la tête de la bielle dans l'axe de son corps est enfoncé par les 2 ergots des coussinets après leur rotation de 90° avant la rupture de la bielle. Les coussinets, peu usés, ont tourné malgré la présence des ergots ;



Marquage intérieur du pied de la bielle n° 5

- la coloration de l'écrou indique qu'il n'a pas subi l'échauffement des autres pièces internes. Il s'est libéré plus tôt que les autres éléments toujours en place pendant toute la séquence de destruction du moteur ;

- la pression d'huile est obtenue par une pompe mécanique qui alimente les corps creux du vilebrequin vers ses paliers. Les coussinets reçoivent de l'huile sous pression et lubrifient ainsi les têtes de bielles et les portées du vilebrequin.

En conclusion :

- l'écrou du boulon inférieur de la bielle n° 5 s'est dévissé presque totalement avant son arrachement ;
- les coussinets fragmentés et peu usés sont attribués à cette bielle ;
- ils ont tourné ensemble de 90° avec leurs ergots présents. Le jeu nécessaire à cette mise en rotation, si les coussinets n'ont perdu que quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, ne peut être que la conséquence du dévissage progressif de l'écrou. En effet, ce dernier augmente l'alésage de la tête de bielle et provoque ainsi la chute de pression d'huile ;
- parallèlement, cette perte de pression d'huile a déclenché un début d'usure sur les bielles n° 6 et 2, avant même que la bielle n° 5 ne se rompe en vol, précipitant ensuite les usures entamées puis les ruptures des bielles n° 6 et 2.

Le moteur de l'Epsilon 130 a donc subi deux types d'endommagements simultanés et indépendants :

- **la mise en rotation des coussinets du palier n° 2 du vilebrequin suite à l'effacement progressif de ses ergots de positionnement. Ce mouvement a pu être accéléré par un manque de lubrification suite à la chute de pression d'huile mais il ne contribue pas au processus de destruction du moteur ;**
- **la rupture des 3 bielles (n° 2, 5 et 6) parmi lesquelles celle de la bielle n° 5 qui a été provoquée par une perte de serrage de son écrou inférieur.**

L'hypothèse que la destruction du moteur est due au desserrage, puis au dévissage de l'écrou inférieur de la bielle n° 5 est RETENUE.

2.2.5. Survitesse du moteur

Le service bulletin 369I de Textron Lycoming précise le terme de survitesse et les conduites à tenir. Dans le cas du moteur AEIO 540 L1B5D, le régime moteur maximal en continu est de 2700 tr/min. Ce régime permet de déterminer la survitesse fixée à 2970 tr/min. Entre ces deux valeurs, ce SB définit une survitesse momentanée correspondant à une augmentation de moins de 10% du régime moteur maximal en continu pendant une période n'excédant pas 3 secondes.

Après étude auprès de la société MECANAIR⁷, un desserrage d'un boulon de chapeau de tête de bielle pourrait apparaître suite à une ou plusieurs survitesses successives. En effet, sans dépasser 2970 tr/min, un dépassement des 2700 tr/min de plus de 3 secondes génère des contraintes mécaniques sur les boulons des chapeaux de tête de bielle pouvant provoquer leur allongement au-delà de leur domaine élastique.

De facto, les écrous perdraient leur couple de serrage initial et pourraient amorcer leur dévissage.

Il a été relevé sur ce moteur une survitesse lors d'un vol précédent.

⁷ MECANAIR : Société Suisse sous traitant d'ECATS pour le moteur.

L'hypothèse selon laquelle une survitesse du moteur a pu amorcer le desserrage d'un ou plusieurs écrous de fixation des chapeaux de têtes de bielles est POSSIBLE.

2.2.6. Serrage de l'écrou de fixation des chapeaux de têtes de bielles.

Un événement similaire survenu au TB 30 n° 90 le 24 septembre 2002⁸ avait amené à la conclusion suivante : « perte de serrage d'un écrou de boulon de fixation du chapeau de tête de bielle. Ce desserrage peut provenir d'une erreur d'application du couple de serrage lors du dernier remontage ou d'un desserrage progressif en utilisation ».

L'hypothèse selon laquelle un serrage non conforme de l'écrou de fixation des chapeaux de têtes de bielles ait pu provoquer le desserrage de cet écrou est POSSIBLE.

2.3. Maintenance du moteur

2.3.1. Rodage du moteur

Après la révision générale du moteur, un 2^{ème} vol de rodage a été effectué avec la carte de travail : « vol de contrôle fonctionnement moteur » (carte de travail (CT) 02-83-301) au lieu de la carte de travail « vol de rodage 2^{ème} phase » (CT 02-87-302). Il y a eu utilisation du circuit vol dos au cours de ce vol. Le vol de fonctionnement moteur doit être réalisé à l'issue de la période de rodage (50 heures ou avant si la consommation d'huile est stabilisée) conformément au GCE 122-05-30 chapitre E et G.

Le rodage a été interrompu après 24 heures et 20 minutes de fonctionnement, libérant ainsi l'aéronef de sa réserve de vol.

Il a été constaté que le relevé de consommation n'a pas été effectué de façon régulière au cours de la phase de rodage. Cette absence de régularité de mesure n'a pas permis d'évaluer avec précision la stabilisation de la consommation d'huile et, par conséquent, de déterminer la fin du rodage conformément aux SI 1014 M part 2-d et SI 1427B 1-C-8.

De plus, après le rodage, le plan de maintenance prévoit le remplacement de l'huile minérale pure par de l'huile dispersante d'utilisation, suivi d'un rinçage après cinq heures de fonctionnement. Cette opération de rinçage n'a pas été effectuée conformément au GCE 122-05-30 page 5, pourtant recommandée par la société Lycoming par le SI 1014 M part 3.

La période de rodage du moteur est une opération délicate qui demande le plus grand soin tant dans sa réalisation en vol que dans le suivi de la consommation d'huile.

Conclusion :

L'hypothèse selon laquelle le rodage arrêté à 24 h 20 mn de fonctionnement présente un lien avec la dégradation du moteur est POSSIBLE.

2.3.2. Analyse des filtres

Après investigation sur le site de Cognac, il est constaté que les filtres du circuit de lubrification sont ouverts mais que l'élément filtrant n'est pas systématiquement étiré pour rechercher une éventuelle pollution conformément à ce que préconise le constructeur dans sa

⁸ Rapport initial d'enquête technique n° 02 C 05.

documentation de maintenance (GCE 122-05-40 page 18, SB 480 E, SI 1492 C et SSP 500). Cette opération est d'autant plus importante que le moteur est neuf. Elle a lieu plusieurs fois pendant la phase de rodage. Cinq vidanges et six vérifications des filtres à huile ont été réalisées en 113 heures de fonctionnement.

La société Lycoming préconise dans sa documentation un étirement des filtres à huile pour rechercher une éventuelle pollution.

2.3.3. Analyse des allumages du voyant pression d'huile

Dans l'utilisation normale de l'Epsilon, il n'est pas rare que des flashes d'allumage du voyant pression d'huile se produisent pendant les phases de voltige.

Les limitations sont les suivantes :

- maxi : 6,9 bars ;
- mini : 4,1 bars si $N \geq 2000$ tr/min ;
1,75 bars si $N < 2000$ tr/min.

La pression d'huile peut tomber momentanément dans certaines attitudes de l'avion ou pendant certaines manœuvres combinées. Elles sont généralement brèves et n'affectent pas les performances du moteur. Lors d'un passage dos, la valeur admissible de la chute ponctuelle de cette pression est de 3,5 bars.

Le déclenchement de l'allumage du voyant de pression d'huile est de 1,75 bar.

En conséquence, l'apparition d'un flash de ce voyant est admissible si la pression initiale en vol à plat stabilisé est inférieure à 5,25 bars.

Dans ce cas, l'allumage bref du voyant de la pression d'huile n'affecte pas la lubrification du moteur. Mais tout allumage fixe de ce voyant au-delà de la seconde peut altérer le bon fonctionnement du moteur par rupture du film d'huile sur les parties tournantes.

2.3.4. Analyse spectrométrique de l'huile (ASH)

Les contraintes subies par le moteur en phases de vol acrobatique peuvent conduire à une usure prématurée de l'ensemble motopropulseur.

La société Lycoming encourage l'ASH pour surveiller l'usure des moteurs (SB480D et lettre service n°L171).

Les ASH ont été pratiquées dans le passé. Elles avaient pour but, d'une part, d'évaluer d'autres huiles que celles utilisées à l'époque, d'autre part, de déterminer si un suivi de l'usure des moteurs en service était opportun. Un moteur avait été démonté et expertisé par le CEPr en raison d'une ASH en limite haute des tolérances. Le résultat avait conclu que l'ASH avait permis d'éviter un fait technique important si le moteur était resté en service. Depuis le contrôle de l'état des moteurs des TB30 par ASH a été arrêté.

Selon la DGA, un suivi du moteur par ASH aurait permis de déceler un début de détérioration des parties mobiles du moteur.

Conclusion :

l'hypothèse selon laquelle un suivi du moteur par ASH aurait permis de détecter une dégradation prématurée du moteur est POSSIBLE.

3. CONCLUSION.

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

Confronté à une panne du moteur, l'équipage entreprend un déroutement. Après la détonation, le moteur ne délivre plus de puissance. L'atterrissage d'urgence est réalisé sur le terrain d'Angoulême.

3.2. Causes de l'événement

- Les investigations réalisées sur le moteur Lycoming AEIO 540 L1B5D de l'avion Epsilon n° 130 ont permis de mettre en évidence que la destruction du moteur est consécutive au desserrage puis au dévissage de l'écrou inférieur de la bielle n° 5.
- Le desserrage de l'écrou pourrait être consécutif à un serrage insuffisant en atelier.
- La survitesse du régime moteur pourrait être à l'origine du desserrage de l'écrou de la bielle n° 5 par allongement mécanique de la tige du boulon de fixation du chapeau de tête de bielle.
- L'ouverture progressive du chapeau de bielle a fait chuter la pression d'huile, entraînant l'allumage des témoins lumineux en cabine, jusqu'à l'arrachement de l'écrou et la rupture de la bielle n° 5.
- Le fonctionnement du moteur, maintenu avec ce défaut de lubrification, a conduit dans un second temps à la rupture des autres bielles n° 2 et n° 6.
- Un suivi par ASH des moteurs des TB 30 aurait sans doute permis de déceler la dégradation naissante du moteur avant l'événement.
- Il est possible que la phase de rodage du TB 30 n° 130, non réalisée selon le programme en vigueur, ait contribué à la dégradation du moteur.

Un tableau récapitulatif de la séquence de l'événement est présenté en annexe 3.

3.3. Éléments établis n'ayant pas de lien avec l'événement.

- Il a été démontré qu'un autre dysfonctionnement était en cours d'évolution sur le palier n° 2 du vilebrequin dont les coussinets étaient entraînés en rotation, sans conséquence encore à ce stade. Ce phénomène est indépendant de la séquence de destruction du moteur par les bielles. Il a pu être accéléré par la chute de pression d'huile.
- L'analyse des filtres à huile n'a pas été faite conformément aux préconisations du constructeur.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Procédure de serrage des écrous de tête de bielle

L'analyse précédente a démontré que l'écrou inférieur de la bielle n° 5 a subi un desserrage puis un dévissage dont l'origine n'est pas formellement déterminée. Ce dévissage a provoqué l'ouverture progressive du chapeau de la bielle jusqu'à sa rupture entraînant une chute de la pression d'huile du circuit de lubrification du moteur et la rupture par usure des têtes de bielles n° 6 et 2. L'ensemble de ces dégâts a conduit à la destruction du motopropulseur.

Le serrage des écrous des chapeaux de têtes de bielles est réalisé par un seul opérateur en appliquant le *Service Instruction* (SI) n° 1458D de Lycoming. Tous les écrous sont serrés à l'aide d'une clé dynamométrique. Ensuite, l'opérateur mesure l'allongement des boulons étirés dans leur domaine élastique qui doit correspondre à une valeur déterminée. Ces opérations sont réalisées selon les prescriptions de la société Lycoming. De plus, la conformité de l'ensemble des boulons et écrous neufs avant montage est vérifiée par la société MECANAIR.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande que :

la société ECATS, en liaison avec la SIMMAD, améliore le contrôle de la qualité des opérations de maintenance effectuées lors des révisions générales des moteurs équipant les TB 30.

Depuis cet événement, la société MECANAIR a renforcé sa procédure de contrôle du serrage des écrous de chapeau de tête de bielle. D'une part, les valeurs de serrage et d'allongement sont désormais enregistrées par écrit, d'autre part, le contrôle est effectué par un opérateur différent de celui qui a assuré le serrage.

4.1.2. Survitesse du groupe motopropulseur

L'analyse concernant la survitesse du moteur a émis l'hypothèse d'un possible allongement de la tige d'un boulon de fixation d'un chapeau de tête de bielle au-delà de son domaine élastique dès lors que le régime moteur dépasse 2700 tr/min pendant plus de 3 secondes. Cet allongement entraînerait la perte de serrage au couple prévu de l'écrou de fixation. Ce dernier pourrait ainsi se dévisser librement et provoquer la baisse de pression d'huile.

De plus, les investigations ont révélé que la pression d'injection de carburant était réglée en butée maximale de la plage des tolérances préconisée par le constructeur. Ce mode opératoire s'est installé dans le temps pour éliminer les risques de vaporlock dont souffre le TB 30 par temps chaud. L'absence de référentiel dans ce domaine fait défaut à ce jour et mérite d'être considérée avec la plus grande attention pour retrouver des bases saines dans le réglage des moteurs.

Compte tenu du dépassement à 2750 tr/min observé la veille de l'événement, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- à la DGA, en liaison avec l'armée de l'air et la SIMMAD, de préciser les paramètres de réglage du moteur ;
- à l'armée de l'air, de rappeler aux équipages l'importance du respect des limitations du TB 30, en particulier celles liées au régime maximum en continu du moteur.

4.1.3. Phase de rodage

Les investigations ont mis en évidence les anomalies suivantes relatives à la phase de rodage :

- après la révision générale du moteur, le 2^{ème} vol de rodage a été effectué avec la carte de travail vol de contrôle fonctionnement moteur (CT 02-83-301) au lieu de la carte de travail vol de rodage 2^{ème} phase (CT 02-87-302). Ce vol a nécessité le fonctionnement du circuit de lubrification pour le vol inversé ;
- le vol de fonctionnement moteur doit être réalisé à l'issue de la période de rodage (50 heures ou avant si la consommation d'huile est stabilisée) conformément au GCE 122-05-30 chapitre E et G. Or, le graphique sur la stabilisation de la consommation d'huile issu de la documentation technique est inexploitable et ne peut valider la fin du rodage, condition donnée par la société Lycoming par les SI 1014 M part 2-d et SI 1427B 1-C-8. Le rodage a été interrompu après 24 heures et 20 minutes de fonctionnement, libérant ainsi l'aéronef de sa réserve de vol ;
- de plus, au terme du rodage, l'huile minérale pure a été remplacée par de l'huile dispersante d'utilisation et le moteur rincé après cinq heures de fonctionnement. Cette dernière opération n'a pas été effectuée conformément au GCE 122-05-30 page 5 et recommandée par la société Lycoming par le SI 1014 M part 3.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense rappelle que la phase de rodage du moteur doit être conduite conformément à la procédure définie dans la documentation en vigueur (respect des cartes de travail, suivi précis et exploitable de la consommation d'huile...).

Par ailleurs il a été constaté, au cours de l'analyse, que les filtres du circuit de lubrification sont ouverts mais que l'élément filtrant n'est pas systématiquement étiré lors des contrôles. Or cette opération est bien préconisée par le constructeur dans sa documentation.

4.1.4. Analyse spectrométrique de l'huile (ASH)

Dans le cas de l'Epsilon N° 130, une ASH à 100 heures aurait sans doute mis en lumière une usure prématurée du moteur qui aurait justifié une intervention technique avant sa détérioration en vol.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

- à la DGA et à la SIMMAD, de remettre en œuvre l'ASH au profit des moteurs des TB 30.

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

4.2.1. Enregistreur de paramètres

L'Epsilon n° 130 n'était pas équipé du système d'enregistrement de paramètres (SEP). Cet équipement aurait pu donner plus d'informations sur le dysfonctionnement du moteur après l'allumage du voyant pression d'huile ainsi qu'un historique sur les vols précédents. La capacité d'enregistrement d'un tel équipement est de 20 heures.

Suite au montage du SEP sur l'ensemble du parc des TB 30, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de l'air, de mettre en place un dépouillement des enregistreurs de paramètres en vue de détecter les survitesses.

4.2.2. Documentation

Des lacunes et des imprécisions ont été relevées dans la rédaction de la documentation technique de l'avion lors des investigations.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

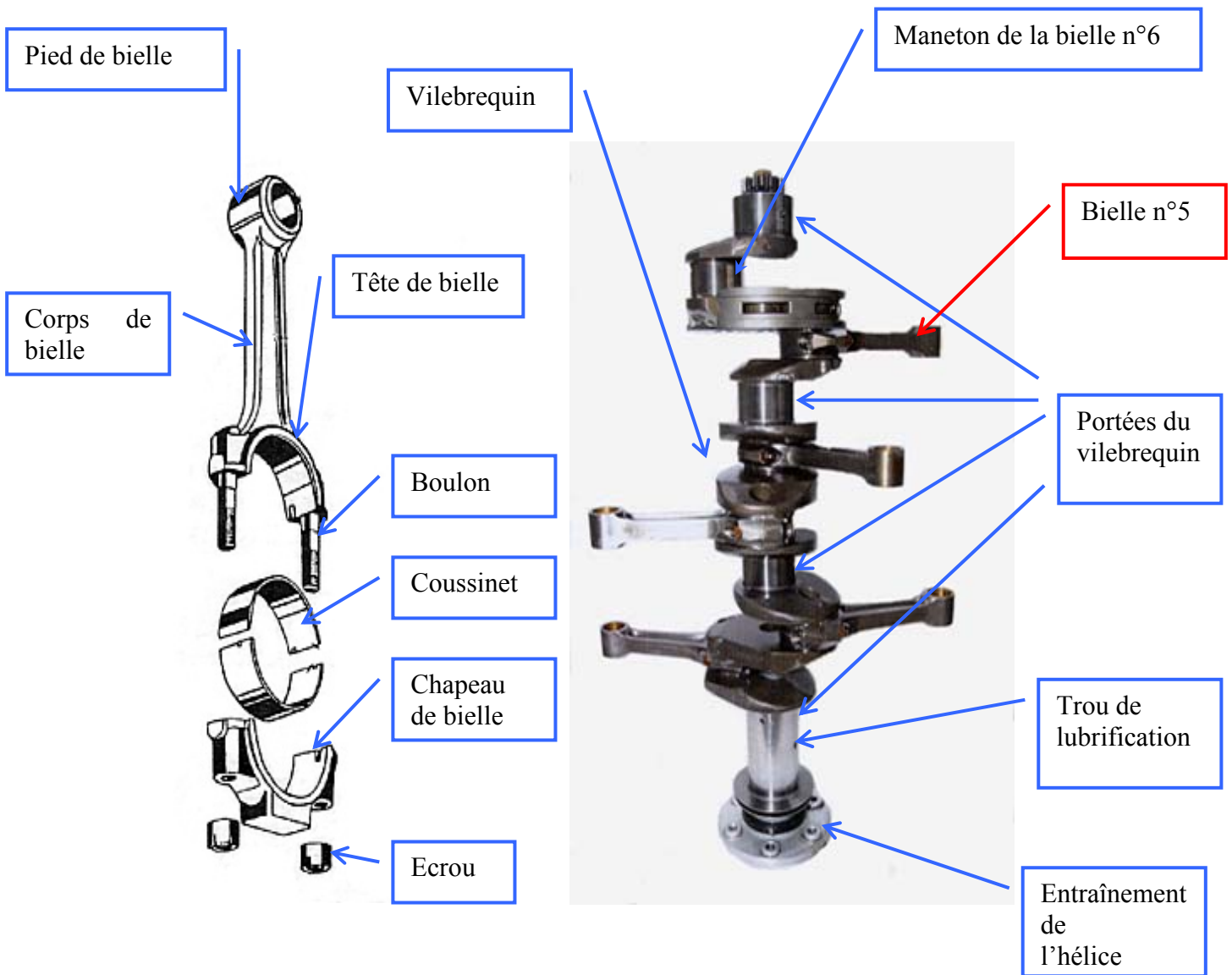
à l'armée de l'air, en liaison avec la SIMMAD, de veiller à la qualité de la rédaction de la documentation de contrôle des TB 30 proposée par ECATS.

ANNEXES

Annexe 1 : Description succincte de l'assemblage bielle-maneton _____	page 36
Annexe 2 : Schéma de principe du circuit de lubrification du moteur AEIO540L1B5D _____	page 37
Annexe 3 : Récapitulatif de la séquence d'événements _____	page 39
Annexe 4 : Position d'ECATS au sein d'EADS _____	page 40

ANNEXE 1

Description succincte de l'assemblage bielle-maneton



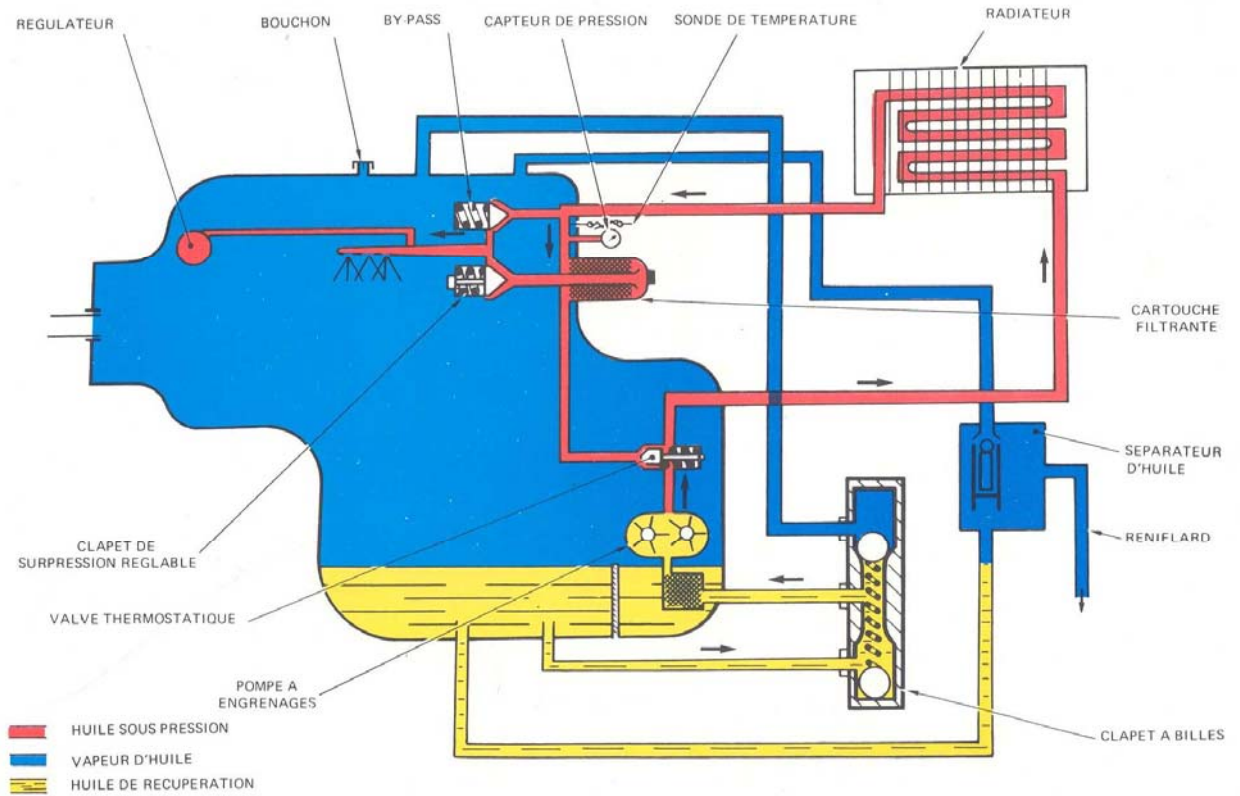
Eléments de bielle

Vue de l'embiellage du moteur Lycoming AEIO L1B5D

L'extrémité de la bielle fixée sur un maneton du vilebrequin est appelée « tête de bielle ». Montée sur le maneton, la tête de la bielle est divisée en deux parties : la tête proprement dite et le chapeau de bielle qui se visse sur la tête. La friction entre l'ensemble bielle chapeau et maneton est réduite par l'interposition entre les pièces mobiles de deux demi coussinets en acier recouverts, sur leur face interne, de métal antifricition.

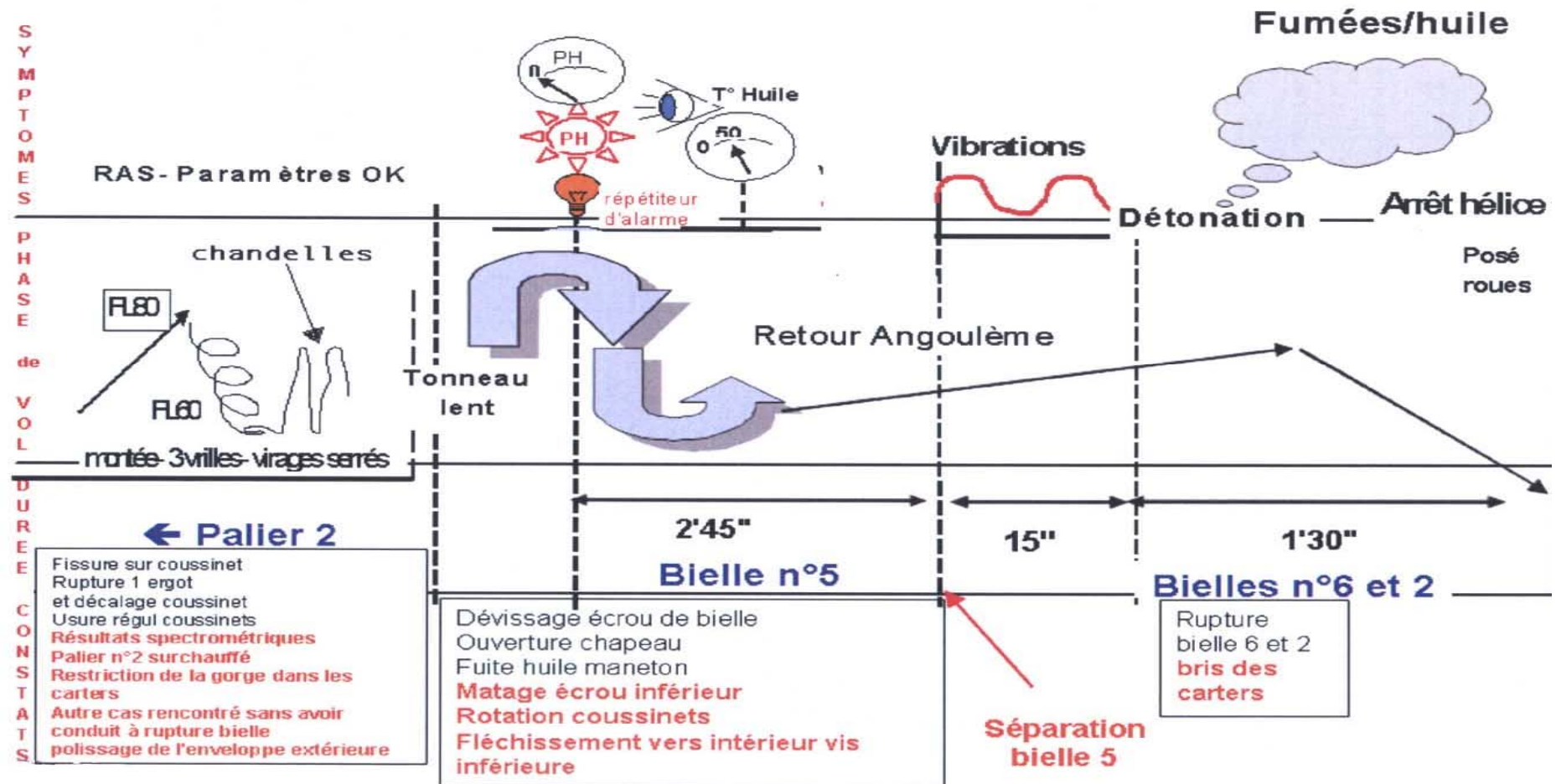
ANNEXE 2

Schéma de principe du circuit de lubrification du moteur AEIO540L1B5D



ANNEXE 3

Récapitulatif de la séquence d'événements



ANNEXE 4

Position d'ECATS au sein d'EADS

