

B.E.A.D

RAPPORT FINAL D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD – A – 2003 – 002 – A



Date de l'événement :	20 janvier 2003
Lieu de l'événement :	commune de Courçon
Appareil :	
Type :	Epsilon TB 30
Immatriculation :	n°13 F-SEUL
Organisme :	Commandement des écoles de l'armée de l'air
Unité :	École de pilotage de l'armée de l'air

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. Les causes de l'accident, identifiées dans le second chapitre, sont résumées dans la conclusion, objet du troisième chapitre. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

UTILISATION DU RAPPORT

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

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Synopsis</i>	6
<i>Glossaire</i>	8
1. Renseignements de base	9
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Mission	9
1.1.2. Déroulement	9
1.1.2.1. Préparation du vol	9
1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement	9
1.1.3. Localisation.....	12
1.2. Tués et blessés	12
1.3. Dommages à l'aéronef	13
1.4. Autres dommages	13
1.5. Renseignements sur le personnel	13
1.5.1. Pilote moniteur.....	13
1.5.2. Elève navigateur	14
1.6. Renseignements sur l'Aéronef	15
1.6.1. Maintenance.....	15
1.6.1.1. Historique.....	15
1.6.1.2. Maintenance de l'Epsilon n°13	16
1.6.2. Performances	18
1.6.3. Carburant	18
1.7. Conditions météorologiques	18
1.7.1. Prévisions :	18
1.7.2. Observations :	19
1.8. Aides à la navigation	19
1.9. Télécommunications	19
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	19
1.11. Enregistreurs de bord	19

1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	19
1.12.1. Examen de la zone	19
1.12.2. Examen de l'épave	22
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	24
1.13.1. Membres d'équipage de conduite	24
1.14. Incendie	24
1.15. Survie des occupants	25
1.15.1. Abandon de bord	25
1.15.2. Organisation des secours	25
1.16. Essais et recherches	26
1.17. Renseignements sur les organismes et la gestion	27
1.17.1. Particularités de la gestion de zone	27
1.18. Renseignements supplémentaires	27
1.18.1. Moyens de signalisation	27
1.18.2. Moyens radio et IFF	28
1.19. TecHniques d'enquête utiles ou efficaces	28
2. Analyse	29
2.1. Analyse des faits	29
2.1.1. L'élève navigateur	29
2.1.2. Le moniteur	29
2.1.3. Analyse des traces au sol	30
2.1.4. Maintenance	31
2.1.4.1. périodicité de maintenance	31
2.2. Expertises et essais	32
2.2.1. Expertises	32
2.2.2. Essais en vol réalisés par le CEV	32
2.3. Enonce et verification des hypothèses relatives aux causes de l'évènement	33
2.3.1. Hypothèses liées à des causes d'origine humaines	33
2.3.1.1. Réduction de puissance du moteur	33
2.3.1.2. Arrêt du moteur	35
2.3.1.3. Conclusion sur une cause humaine	36
2.3.2. Hypothèses liées à des causes d'origine environnementales	36
2.3.3. Hypothèses liées à des causes d'origine technique	37
2.3.3.1. Perte de puissance	37
2.3.3.2. Incendie	53
2.3.3.3. Analyse de l'enchaînement de la perte de puissance et de l'incendie	61
2.3.4. Arborecence des causes identifiées.	Erreur ! Signet non défini.
2.4. Analyse de faits n'ayant pas de liens directs avec l'évènement	65
2.4.1. L'atterrissage configuration moteur coupé (ACMC)	65
2.4.2. La survie des occupants	66
2.4.3. L'évacuation en vol	66
2.4.3.1. Instruction	67
2.4.3.2. Matériel	67

3. Conclusions	68
3.1. Faits Etablis utiles a la comprehension de l'évenement	68
3.2. Causes de l'évenement	68
4. Recommandations de sécurité	70
4.1. Mesures ayant trait directement à l'accident	70
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement avec l'accident	70
Appendices	72
1. étude menée par le CEV	73

SYNOPSIS

- Date de l'événement : lundi 20 janvier 2003 à 12h52¹
- Lieu de l'événement : commune de Courçon (17), lieu-dit Bois-Vilain
- Armée : armée de l'air
- Commandement : commandement des écoles de l'armée de l'air (CEAA)
- Aéronef : Epsilon TB 30
- Nature du vol : navigation très basse altitude
- Nombre de personnes à bord : 2 (deux)

Résumé de l'événement

Vingt minutes après le décollage du terrain de Cognac, pour une mission en très basse altitude au profit de l'élève navigateur en place arrière, l'équipage de l'Epsilon n°13 ressent une forte décélération. Le pilote moniteur, en place avant, prend une pente à cabrer. Les paramètres du moteur semblent cohérents mais au sommet du cabré le pilote constate que la puissance délivrée ne permet pas de maintenir l'appareil en vol horizontal. Considérant que seul un atterrissage forcé en campagne est possible, le moniteur présente son appareil vers un champ, face au vent. En finale l'équipage perçoit des odeurs de brûlé puis, en très courte finale, de légères fumées en cabine. Le poser s'effectue train rentré avec 15° de volets. L'appareil s'arrête en 70 mètres sur un terrain labouré très humide. L'équipage coupe l'arrivée carburant et l'alimentation électrique puis évacue l'appareil et constate qu'un incendie s'est déclaré. Sa propagation est très lente et semble provenir de la partie arrière du moteur. L'équipage est évacué par hélicoptère à 14h17 vers l'aérodrome de Cognac.

Organisation de l'enquête

Le BEAD² a été informé de l'évènement le 20 janvier 2003 à 13h10 par message "DETRESFA³" provenant du RCC⁴ de Mont de Marsan.

Il est confirmé vers 13h20 par la division sécurité des vols du bureau emploi de l'état major de l'armée de l'air.

L'officier d'astreinte du BEAD prévient l'autorité de permanence et l'enquêteur d'alerte. Ce dernier est désigné pour mener l'enquête.

L'enquêteur de première information stationné sur la base aérienne de Cognac est désigné à 15h00 et est présent sur site vers 17h00. Il rend compte de ses premières constatations à l'enquêteur désigné arrivé sur base à 21h30.

Enquête technique

- Président du groupe d'enquête : un officier enquêteur du bureau enquêtes accidents défense (BEAD).
- Composition du groupe d'enquête :
 - ⇒ un officier pilote sur Epsilon ;
 - ⇒ un officier mécanicien ayant une expérience sur Epsilon ;
 - ⇒ un médecin du personnel navigant ;
 - ⇒ un officier parachutiste d'essai.

Enquête judiciaire

- ⇒ Le Procureur du tribunal aux affaires militaires de Poitiers s'est saisi de l'affaire.
- ⇒ Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air de Rochefort a été commis.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure légale en vigueur en France métropolitaine le jour de l'événement.

² BEAD : bureau enquêtes accidents Défense

³ DETRESFA : message de déclenchement d'une procédure de recherche

⁴ RCC : rescue coordination center

GLOSSAIRE

ACMC	Atterrissage en configuration moteur coupé
BA	Base aérienne
CAM	Circulation aérienne militaire
CCT	Centre de contrôle du trafic
CEAA	Commandement des écoles de l'armée de l'air
CEAM	Centre d'expérimentations aériennes militaire
CEMPN	Centre d'expertises médicales du personnel navigant
CEPr	Centre d'expertise des propulseurs
CEV	Centre d'essai en vol
CPSV	Consignes permanentes de sécurité des vols
DETRESFA	Message de déclenchement d'une procédure de recherche
EIV	Escadron d'instruction en vol
EPAA	Ecole de pilotage de l'armée de l'air
FL	Flight level = niveau de vol
Ft	Pied ; 1 pied = 0,33 mètre
GPS	Système de positionnement sol par satellite
GV	Grande visite
hpa	Hectopascal
IFF	Système d'identification radar
kt	Nœud ; 1 nœud = 1Nm /heure
MIFOR	Carte de prévisions météo pour la navigation basse altitude militaire
NOSA	Navigateur officier système d'armes
Nm	Nautique mile ; 1Nm = 1852 mètres
NTI	Niveau technique d'intervention
RCC	Rescue coordination center = centre de coordination des recherches
RG	Révision générale
SAR	Search and rescue = recherche et sauvetage
SPAé	Service des programmes aéronautiques
VCM	Visite complète moteur
VIM	Visite intermédiaire moteur
VP	Visite périodique
VSV	Vol sans visibilité
QNH	Pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer
BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses de l'aviation civile
SFI	Servo fuel injection : système d'injection carburant
PSI	Pound per square inch : livre par pouce au carré
SEA	Service des essences des armées
ULM	Ultra léger motorisé
AD	Air worthiness directive : directive de navigabilité
BEAD	Bureau enquêtes accidents défense
EGT	Exhaust gas temperature : température de gaz d'échappement

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DEROULEMENT DU VOL

1.1.1. Mission

Indicatif mission	ROUMI 44
Type de vol	Très basse altitude "CAM V" ⁵
Type de mission	Instruction navigation très basse altitude
Dernier point de départ	Cognac
Heure de départ	12h35
Point d'atterrissage prévu	Cognac

1.1.2. Déroulement

Nota : les éléments présentés dans ce chapitre ont été établis au vu des différents témoignages et du tracé de la navigation sur la carte au 1/500.000.

1.1.2.1. Préparation du vol

La mission (nommée R03 dans le programme de l'école) est une navigation à 500ft sol au profit d'un élève navigateur. Elle comporte une étude de la navigation à l'aide de cartes au 1/100.000 et une initiation à l'utilisation du GPS. La mission préparée le 17 janvier est reportée pour des raisons météorologiques. Le 20 janvier, la mission est briefée vers 11h00 et l'équipage se rend vers l'avion à 12h10 pour un décollage prévu à 12h30.

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

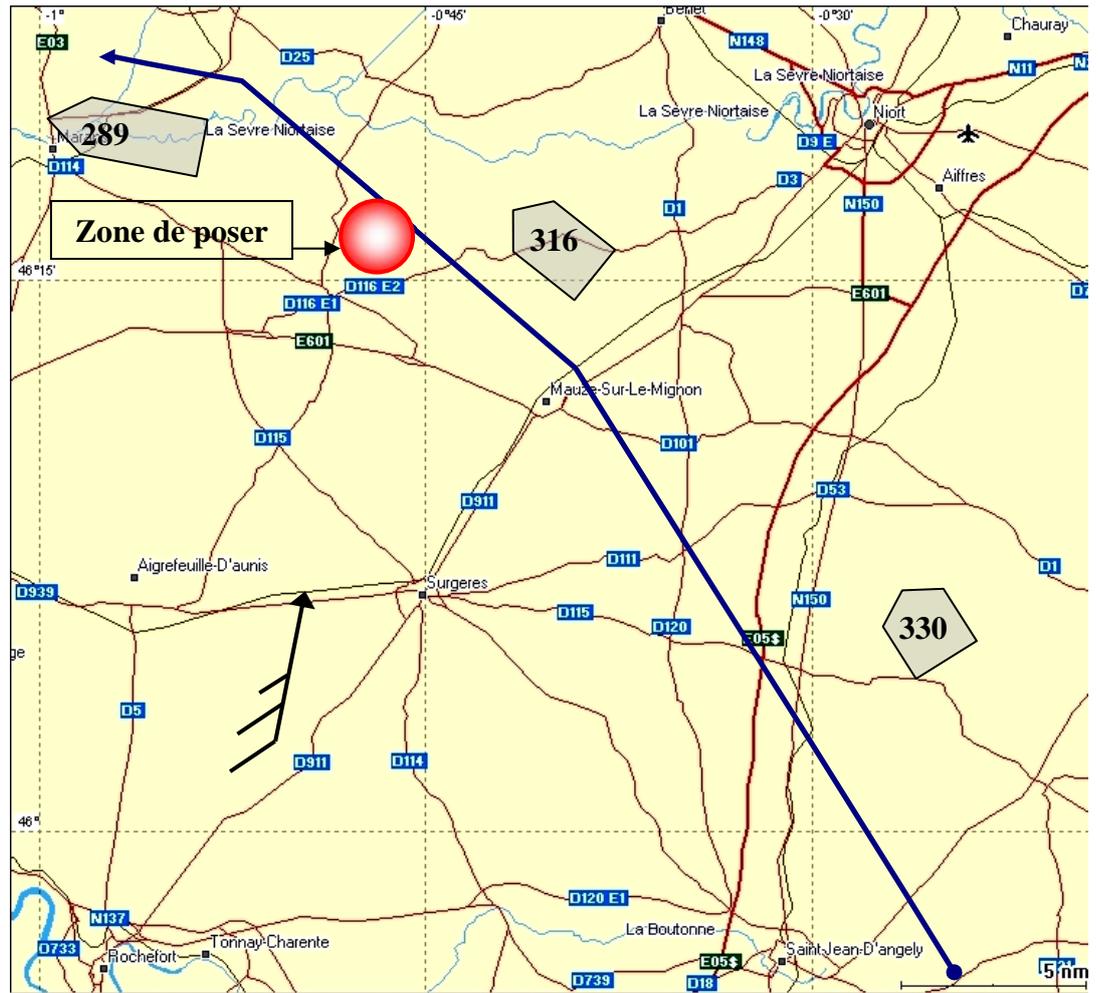
Le lundi 20 janvier 2003 l'Epsilon n° 13 (F-SEUL) décolle du terrain de Cognac pour une mission très basse altitude au profit d'un élève navigateur. Le vol s'effectue à 500ft et 180kt. Le pilote moniteur est en place avant. Il assure le pilotage, la sécurité et l'instruction de l'élève. L'élève en place arrière est instruit sur les principes de navigation. Il suit le trajet de la navigation sur des cartes et communique au pilote les éléments de navigation à prendre en compte et les corrections à effectuer.. Il est également formé sur le suivi pétrole

(consommation et gestion de la sélection des réservoirs), la surveillance des paramètres moteurs et l'utilisation des moyens radio et de navigation.

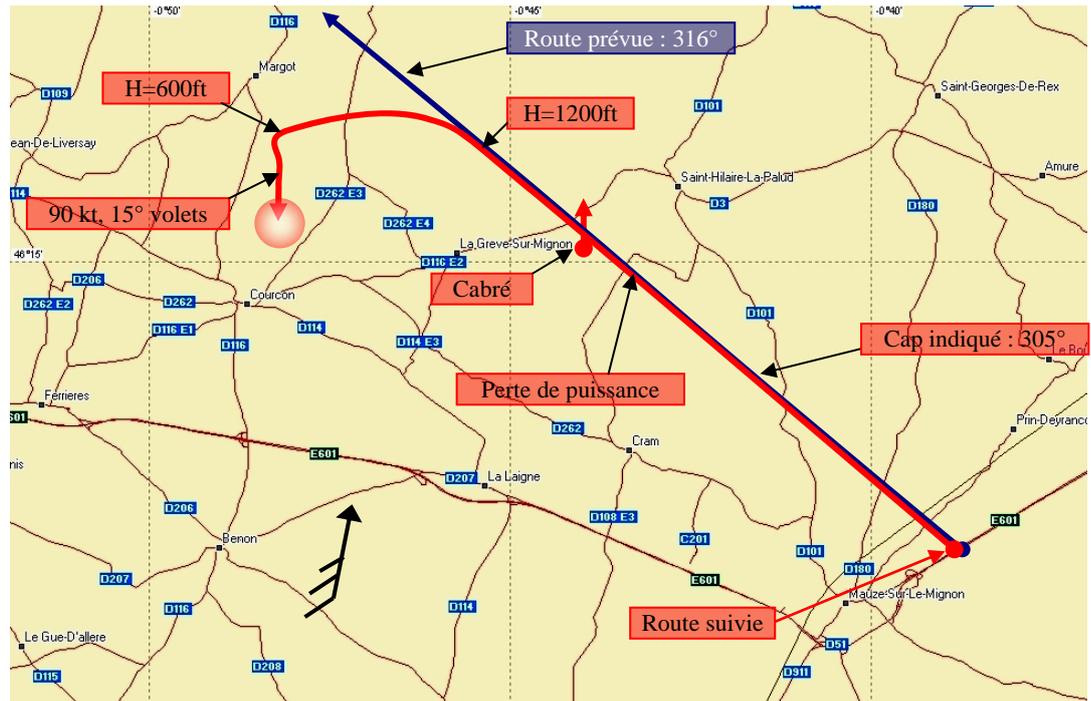
La mission prévue est une navigation Cognac-Cognac avec un trajet passant au nord des Sables d'Olonne, au nord de Niort et à l'est de Parthenay. Au décollage, le sélecteur carburant est positionné sur le réservoir gauche. Douze minutes après, l'appareil est passé sur le premier point tournant. Comme le précise la procédure, l'équipage a effectué des actions vitales et le pilote est passé sur le réservoir droit. Trois minutes plus tard, l'équipage ressent une forte décélération. Simultanément le moniteur semble percevoir des à-coups (comme si le moteur "broutait"). Croyant à un geste mal contrôlé de l'élève navigateur, il l'interroge et commence à monter soudainement en positionnant la manette des gaz plein avant. Il constate au sommet du cabré, estimé à 1200ft, qu'il ne peut pas maintenir l'appareil en vol en pallier. Il vérifie également que la manette de richesse est en position pleine avant.

Décidant de procéder à un atterrissage en campagne, l'élève dirige l'appareil vers une parcelle cultivée et dégagée. Simultanément, il commence à sentir une odeur décrite comme étant du plastique ou du métal brûlé. L'élève semble avoir perçu ces odeurs quelques instants plus tôt (une quinzaine de secondes). L'atterrissage étant assuré, le pilote sort 15° de volets après avoir passé un dernier message radio. En finale, il voit de légères fumées provenir de l'avant de la cabine. L'atterrissage a lieu vent de face (une vingtaine de noeuds). Dès que l'avion est immobilisé, l'équipage évacue par le côté gauche du cockpit après avoir actionné le coupe-feu et le contact électrique (clé).

⁵ Circulation aérienne militaire



Vue générale du secteur et tracé de la navigation



Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	0	0	0
Graves	0	0	0
Aucune	2	0	0

1.3. DOMMAGES A L'AERONEF

L'incendie a totalement détruit le poste de pilotage et une grande partie du groupe motopropulseur. Les voilures sont sérieusement endommagées et non réparables. Elles ont été démontées et découpées sur le site.

1.4. AUTRES DOMMAGES

L'enlèvement de l'épave s'est déroulé trois jours après l'évènement. Sur le site, il a été constaté que trois ou quatre mètres carrés de la parcelle de poser présentent des traces de brûlure en surface. En outre, une quarantaine de litres d'essence s'est vraisemblablement écoulee des ailes. Ce carburant a totalement été absorbé par le sol détrempe et perméable à ce moment.

1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

1.5.1. Pilote moniteur

- Age : 34 ans
- Unité d'affectation : école de pilotage de l'armée de l'air, 3^{ème} escadron d'instruction en vol, section marine, Cognac.
 - ⇒ fonction dans l'unité : pilote moniteur
 - ⇒ origine : Marine nationale
 - ⇒ qualification : sous-chef moniteur
 - ⇒ école de spécialisation : Tours
 - ⇒ année de sortie d'école : 1993

➤ heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Epsilon	Sur tous types	Sur Epsilon	Sur tous types	Sur Epsilon
Total	2231h15	1242h20	149h00	149h00	21h45	21h45
Dont nuit	116h30	75h25	12h00	12h00	1h00	1h00
Dont VSV	247h20	120h00	6h25	6h25	0h00	0h00

➤ date du dernier vol comme pilote :

⇒ sur l'aéronef :

⇒ de jour : 17 janvier 2003

⇒ de nuit : 9 janvier 2003

⇒ sur tous types :

⇒ de jour : 17 janvier 2003

⇒ de nuit : 9 janvier 2003

➤ Carte de circulation aérienne :

⇒ Type : carte verte

⇒ date d'expiration : 8 août 2003

1.5.2. Elève navigateur

➤ Age : 23 ans

➤ unité d'affectation : école de pilotage de l'armée de l'air, 3^{ème} escadron d'instruction en vol

⇒ fonction dans l'unité : élève navigateur officier système d'armes

➤ spécialité : élève navigateur officier systèmes d'armes (ENOSA)

➤ heures de vol comme élève navigateur :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Epsilon	Sur tous types	Sur Epsilon	Sur tous types	Sur Epsilon
Total	36h00	36h00	25h00	25h00	6h30	6h30

➤ date du dernier vol comme élève navigateur :

⇒ sur l'aéronef :

- de jour : 16 janvier 2003

1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

- Armée : Armée de l'air
- Commandement organique d'appartenance : commandement des écoles de l'armée de l'air
- Base aérienne de stationnement : BA 709, Cognac
- Unité d'affectation : école de pilotage de l'armée de l'air, 3^{ème} escadron d'instruction en vol
- Type d'aéronef : Epsilon TB 30

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis	Dégats
Cellule	Epsilon	13	3067h20	GV : 89h35	VP ² : 0	Détruit
Moteur	Lycoming AEIO 540 L1B5B	L23651-48A	2634h35	RG : 1139h35	VIM : 47h00	Détruit
Hélice	HC-C2YR-4CF/FC8475-6	AU9957B	386h25	/	/	Détruit

1.6.1. Maintenance

1.6.1.1. Historique

Les grandes visites moteur s'effectuent toutes les 1500 heures, soit un multiple du pas de 500 heures des visites intermédiaires. Ce pas de 1500 heures correspond au pas de visite cellule défini par l'armée de l'air.

Le plan complet des visites se fait aujourd'hui comme suit :

- Une VIM (visite intermédiaire moteur) toutes les 100h par l'utilisateur (NTI1 ou NTI2) ;
- Une VCM (visite complète moteur) toutes les 500h par l'utilisateur (NTI2) ;
- Une GV (grande visite) toutes les 1500h par l'industriel.

1.6.1.2. Maintenance de l'Epsilon n°13

Certification conforme par SOCATA le 23 mai 1984

Date de fabrication : 04 juin 1984 (qui semble être la date de livraison à l'armée de l'air)

- Cellule

Constructeur : SOCATA

Sont pris en compte dans l'inventaire constructeur : la cellule, les voilures, les équipements, les trains. Le moteur et ses constituants sont déposés et stockés pendant la GV.

- Premier dossier de contrôle avion par SECA AEROSPATIALE en 1990.

GV effectuée entre le 09 mai 1990 et le 30 mai 1990.

⇒ A 1473h25 de vol (premier pas de 1500 heures) ;

⇒ Et 1973 atterrissages.

- Deuxième dossier de contrôle par LAB-TAT (EADS), à Dinard

GV effectuée entre le 08 avril 2002 et le 08 juillet 2002.

⇒ A 2977h45 de vol soit 1504h20 depuis dernière visite (deuxième pas) ;

⇒ Et 4171 atterrissages.

- Moteur

Constructeur : LYCOMING

Type : AE 10-540-L1B5D

N° L23651-48A

⇒ Sont pris en compte dans l'inventaire de l'équipement moteur les éléments suivants :

- 1 moteur

- 1 système d'injection
- 1 magnéto double
- 1 alternateur
- 1 démarreur
- 1 pompe à essence mécanique
- 1 distributeur
- 6 cylindres

⇒ Suivi des visites moteur :

- Livraison en février 1988
- 1^{ère} "VCM 500" effectuée à 499h45 partiel en mars 1992 (visite complète moteur à 500 heures)
- GV à 1495h00 par France Aviation en juin 1993 (premier pas de 1500 heures)
- "VCM 500" à 492h30 partiel (depuis la grande visite précédente), en juillet 1996
- Dépose le 12 décembre 1997
- REE (révision alors que le moteur est entreposé) par France Aviation en mai 1999
- Ré avionné en juillet 2000
- VCM 1000 le 13 décembre 2001 à 993h35 depuis la GV
- VIM : dernière intervention notifiée sur fiche matricule le 25 novembre 2002 à 1092h35 depuis GV.

⇒ Suivi moteur : le moteur a équipé les Epsilon suivants

- Epsilon n° 139 de février 1988 au 28 mars 1989 ;
- Epsilon n° 68 du 09 mai 1990 à avril 1993 ;
- Epsilon n° 111 de mars 1995 au 12 décembre 1997 ;
- Epsilon n° 69 de juillet 2000 à juillet 2000 ;
- Epsilon n° 13 depuis le 11 octobre 2000.

Remarque : la documentation de l'Epsilon n° 13 ne renfermait aucun dossier de contrôle concernant la grande visite effectuée par la société FRANCE AVIATION en 1993.

➤ Hélice

⇒ Constructeur : Hartzell

⇒ Type : HC-C2YR-4CF/FC8475-6

⇒ N° de série : AU9957B

⇒ Date construction : 28 janvier 1998

⇒ Livré par la société TECHNIC AVIATION le 20 février 2001

⇒ Monté sur l'Epsilon n° 13 le 09 avril 2001

1.6.2. Performances

Aucune remarque particulière n'a été relevée dans la documentation et aucun pilote n'a émis de commentaires quant au comportement de cet aéronef.

1.6.3. Carburant

➤ Type de carburant utilisé : essence avion F18

➤ Quantité de carburant au décollage : 210 litres

➤ Quantité de carburant restant au moment de l'événement : estimée à 180 litres.

1.7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

1.7.1. Prévisions

Les prévisions pour la station de Cognac ont été réalisées à 11h00 pour la période allant de 12h00 à 21h00.

« Le vent prévu est du 180° pour 15kt, la visibilité supérieure à 10 km. La nébulosité est faible à 3000ft et de 4/8 au FL55 puis descendant vers 3000ft. Temporairement, de 12h00 à 18h00, le vent forcé à 20kt rafales à 30kt, la visibilité réduite à 7km avec de la pluie et un plafond de 3/8 à 1500ft ».

Les cartes MIFOR sur le trajet sont blanches c'est-à-dire correspondent à des conditions favorables à ce type de mission.

1.7.2. Observations

Situation générale : le flux est de sud sud-ouest, rapide à caractère cyclonique et pluvieux, une perturbation abordant la région en début de journée. La nébulosité est de 2/8 en strato-cumulus à 5000ft et la visibilité est de 15km. Il a faiblement plu entre 12h30 et 12h35. Le vent est du 170° pour 16kt avec des rafales à 20kt. La température est de 9,5°C au sol et le QNH est de 1001hpa.

1.8. AIDES A LA NAVIGATION

Les moyens de radionavigation sélectionnés par l'équipage jusqu'au moment de la survenu de l'évènement étaient ceux de Cognac.

Tous les moyens du terrain de départ et des terrains en route étaient opérationnels.

1.9. TELECOMMUNICATIONS

Au moment de la panne, l'équipage était en émission et réception sur la fréquence d'auto information et en écoute de la fréquence commune du secteur de contrôle (CCT) 143.55Mhz. Le pilote a ensuite émis ses messages de détresse sur la fréquence d'auto information et sur la fréquence du surveillant des vols de Cognac (Véloce).

1.10. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME

L'aérodrome de Cognac ne comportait aucune restriction au moment de l'évènement. Tous les moyens radio et navigation sont opérationnels.

1.11. ENREGISTREURS DE BORD

Néant

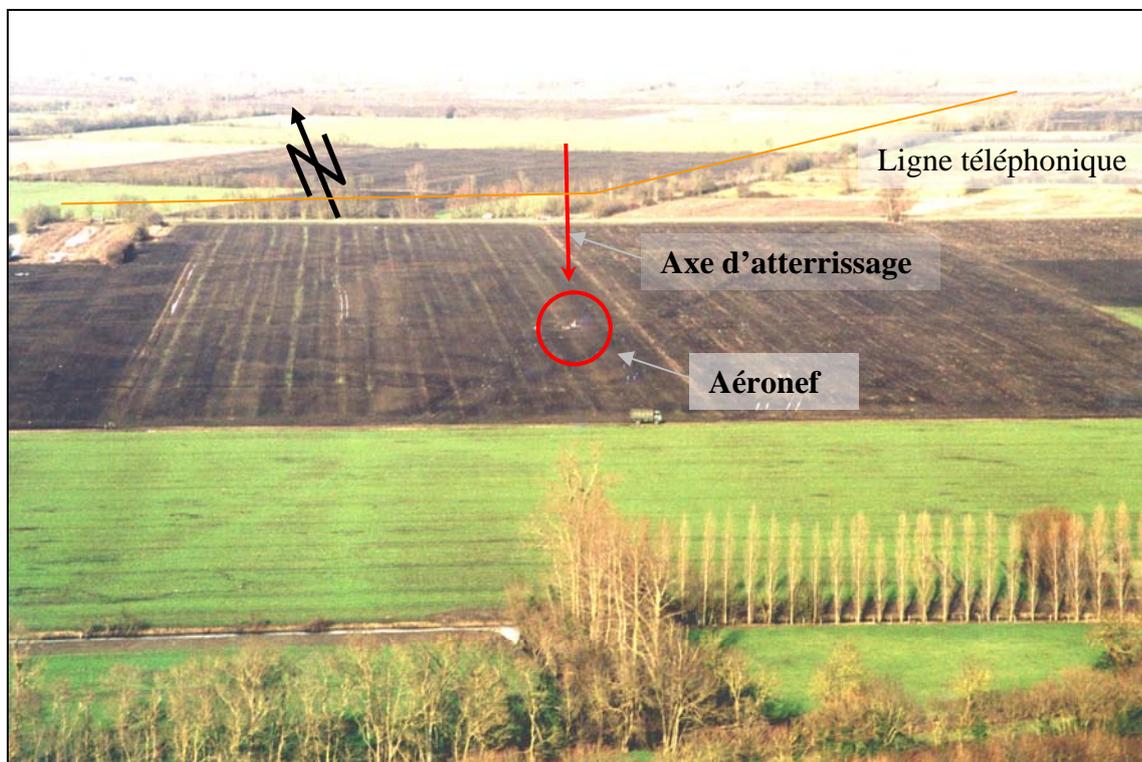
1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'IMPACT ET SUR L'EPAVE

1.12.1. Examen de la zone

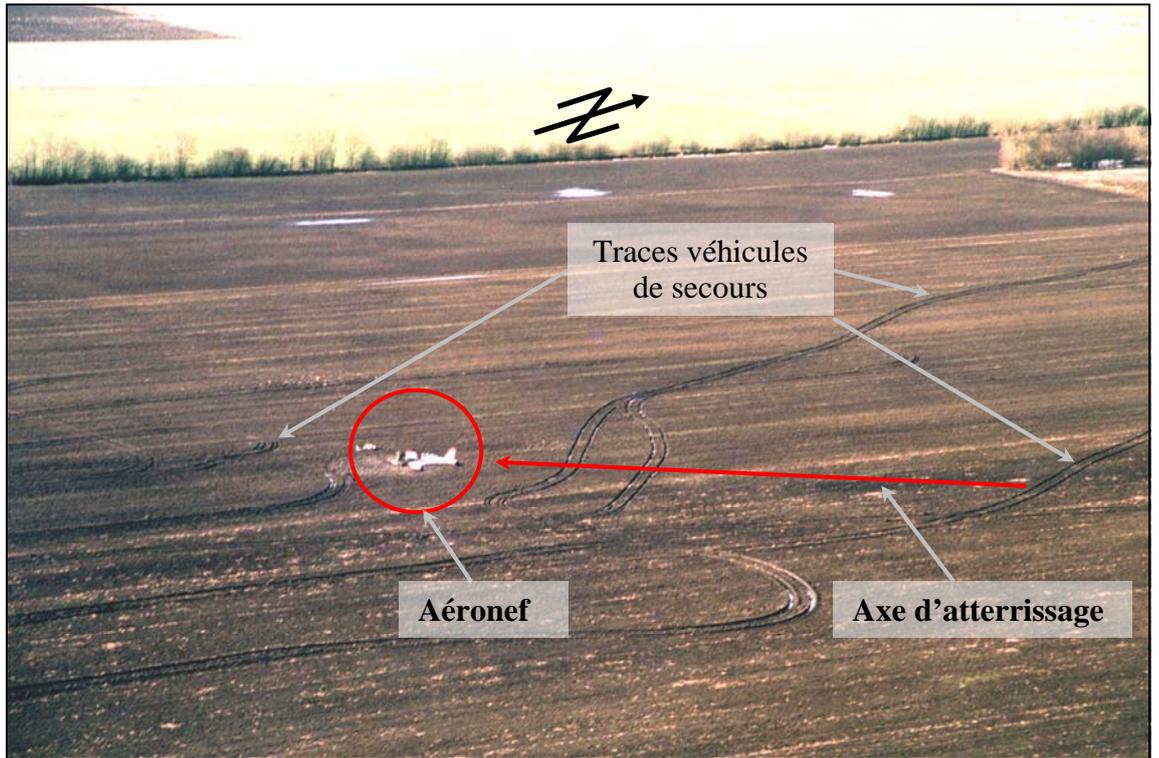
La zone se situe sur la commune de Courçon en Charente Maritime. L'appareil s'est posé dans un champ dégagé et labouré. Suite au dégel et aux fortes pluies, le sol est détrempé.

Cette parcelle très vaste est entourée de fossés et de canaux.

Une ligne à haute tension orientée est-ouest passe à deux kilomètres au sud. Une ligne téléphonique de quelques mètres de haut passe au nord et est parallèle à une haie légèrement plus basse. Elle est à l'extérieur du champ.

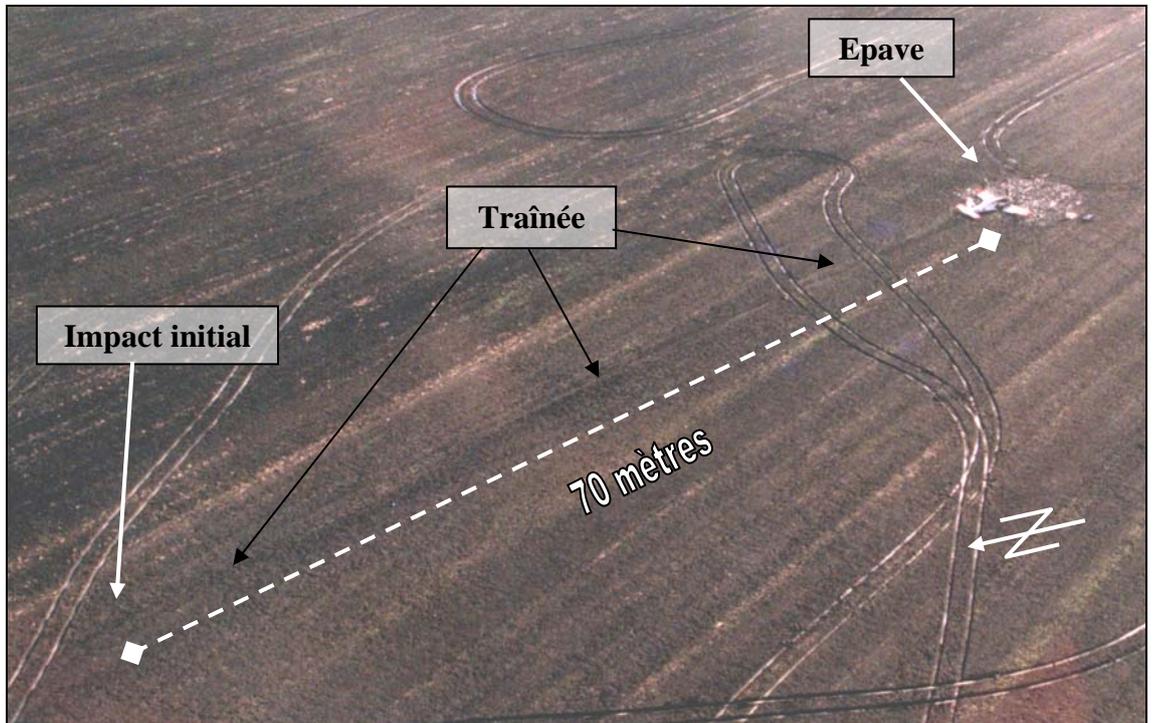


Vue générale du site



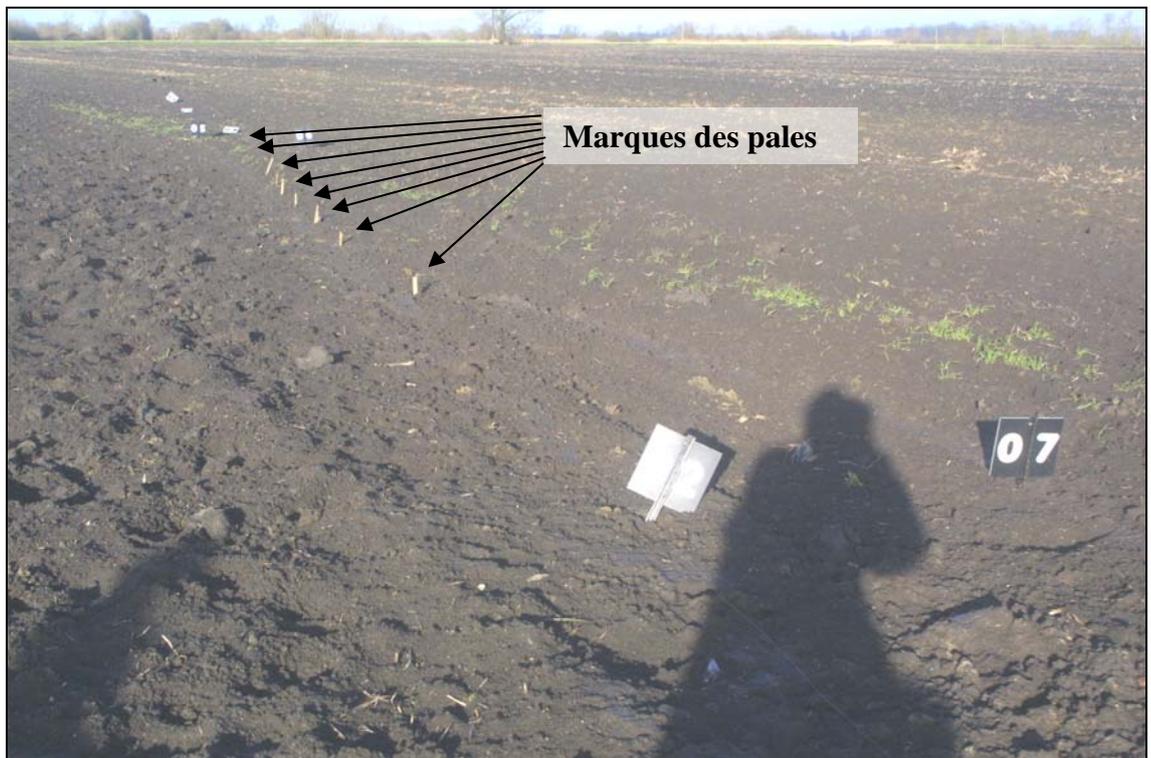
Vue rapprochée du site

L'appareil s'est arrêté 70 mètres après avoir touché.



Trajectoire au sol

Depuis l'impact initial, huit traces laissées par les pales en rotation sont nettement visibles. Les espaces entre elles augmentent régulièrement et ont pour valeur : 94cm, 98cm, 100cm, 104cm, 114cm, 129cm et 144cm. La dernière marque est plus large.

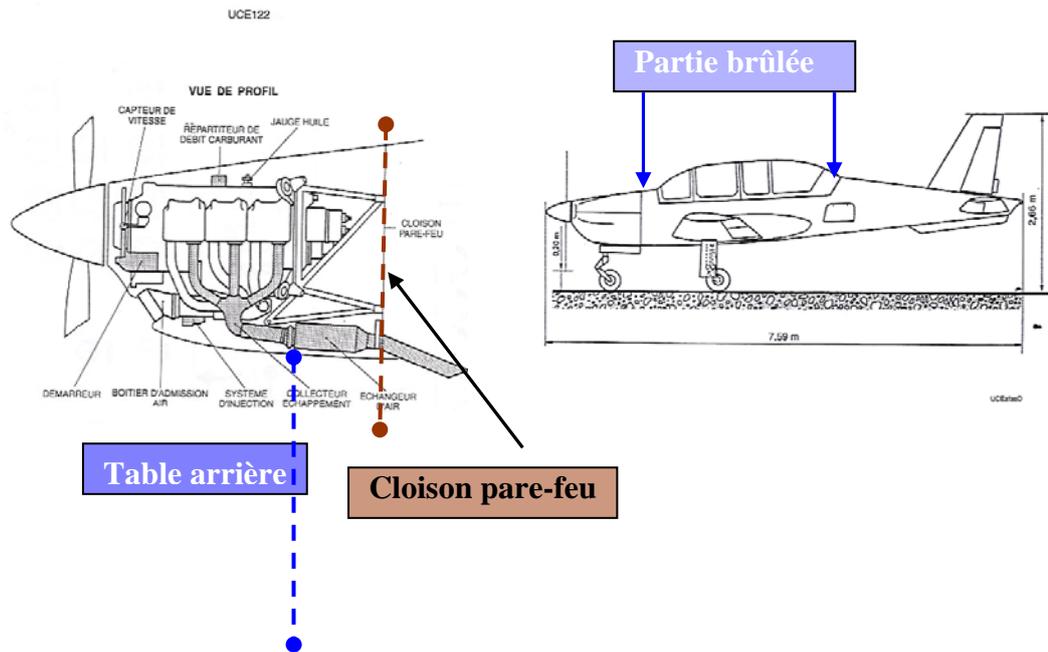


Impacts hélice

1.12.2. Examen de l'épave

Lors de l'atterrissage forcé, aucune partie ne s'est détachée de l'appareil.

Les pales de l'hélice sont tordues et un incendie a totalement détruit la partie du fuselage située entre la table arrière du moteur et le siège arrière. L'ensemble des éléments situés entre la table arrière et la cloison pare-feu a totalement disparu sous l'effet de l'incendie.



Positionnement des zones détruites par le feu

L'avion est retrouvé d'un seul bloc et ne semble pas avoir subi de dommages graves résultant de l'atterrissage forcé. La trace de l'avion dans le champ s'étend sur 70 mètres. Le feu a détruit la partie arrière du moteur, le poste de pilotage avant ainsi que le poste de pilotage arrière jusqu'au siège qui est brûlé au deux tiers. Le reste de l'appareil présente des traces superficielles de brûlures par endroits mais est globalement intègre. Les ailes présentent une inclinaison de quelques degrés par rapport à l'empennage arrière. Le moteur est légèrement basculé vers l'avant. Seuls quelques résidus de combustion sont retrouvés sous le vent.



Vue d'ensemble de l'épave



Vue de face

1.13. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

Les deux membres d'équipage étaient en très bonne santé et en excellente condition physique.

1.14. INCENDIE

Avant l'atterrissage l'équipage a senti une odeur de brûlé puis a vu de légères fumées s'échappant de l'avant du poste de pilotage.

Aucun moyen d'extinction n'existe à bord de l'Epsilon.

Une fois l'avion évacué, après l'atterrissage en campagne, l'équipage remarque l'apparition d'une épaisse fumée noirâtre se dégageant de la partie arrière du moteur, en avant du poste de pilotage. Cette fumée est ensuite devenue plus blanche tout en restant épaisse. Des points de fusion rouge apparaissent ensuite sur le côté gauche, à l'emplacement du sigle "Epsilon", suivi de flammes d'une cinquantaine de centimètres de hauteur.

L'incendie se limite au même secteur pendant près de cinquante minutes.

Le pilote déconseille aux pompiers d'intervenir avec des extincteurs à eau car le foyer est très chaud et les ailes sont encore pleines de carburant. Ce n'est qu'une heure quinze après l'évènement qu'un véhicule arrive à atteindre l'épave et à éteindre l'incendie.

1.15. SURVIE DES OCCUPANTS

1.15.1. Abandon de bord

➤ En vol : non

1.15.2. Organisation des secours

Dès la prise de conscience de la gravité de l'évènement, le pilote a passé un message de détresse sur la fréquence d'auto information et sur la fréquence école de surveillance des vols (indicatif : Véloce). Juste avant de se poser, il passe un dernier message. Un avion de l'école, en exercice sur un axe de travail, reçoit le message et le relaie vers les services de contrôle aérien.

Une fois l'avion évacué, le pilote utilise son téléphone portable personnel pour appeler la direction des vols de Cognac, son commandant d'escadron et la section marine de l'école.

A 12h52, les opérations de Cognac transmettent au RCC de Mont de Marsan le message de détresse. L'hélicoptère SAR stationné à La Rochelle est mis en alerte à 12h56.

La procédure DETRESFA est déclenchée à 13h07 par le service de contrôle de Cognac. A 13h24 l'hélicoptère décolle vers la première position donnée par

l'équipage en détresse, c'est-à-dire dans le relèvement 340° pour 15Nm de Cognac. Les coordonnées ne sont pas les bonnes mais l'équipage de l'autre avion école qui volait à proximité du lieu de l'accident a pu communiquer les coordonnées exactes au contrôle de Cognac qui les retransmet alors à l'hélicoptère. L'hélicoptère se pose près de l'épave à 13h45.

Le moniteur reste sur site près de son avion en attente de l'arrivée des secours et des gendarmes.

Les pompiers de Courson arrivent sur les lieux du crash vers 14h10 et sont rejoints par la gendarmerie qui sécurise la zone.

L'équipage du TB30 est récupéré à 14h15 et est ramené sain et sauf à Cognac à 14h40.

L'équipage ne possédait ni moyen de signalisation ni balise de détresse.

1.16. ESSAIS ET RECHERCHES

Des expertises ont été demandées au CEPr de Saclay. Elles sont de trois types :

- Les premières consistent à analyser les différents fluides recueillis : essence et huile.
- Les deuxièmes reposent sur l'analyse du groupe motopropulseur afin de déterminer les raisons de la réduction brutale de puissance.

Il s'agit d'analyser :

- ⇒ l'intégrité des parties mécaniques du groupe motopropulseur ;
 - ⇒ les éléments présents et identifiés susceptibles d'intervenir dans l'alimentation électrique du moteur ;
 - ⇒ les éléments présents et identifiés susceptibles d'intervenir dans l'alimentation carburant.
- Les troisièmes concernent l'origine de l'incendie : carburants et comburants.

Parallèlement, des essais en vol ont été demandés au CEV⁶ afin :

- D'établir un relevé des températures en certains points du compartiment moteur. Pour ce faire, un avion Epsilon a été mis à la disposition du CEV qui a procédé à son instrumentation en intégrant des capteurs de température ;

⁶ Centre d'essais en vol.

- De mesurer les trajectoires suivies par un Epsilon, dans différentes configurations, lors d'une coupure moteur.

Le BEAD est entré en contact avec le Service des essences des Armées afin d'obtenir des données sur le processus d'inflammation de l'essence et de l'huile lorsque ces fluides entre en contact avec des parties chaudes.

Des contacts ont également été pris avec le BEA⁷ pour déterminer si des accidents similaires ont déjà été observés sur des avions civils équipés du même type de moteur.

La base de données VORTEX⁸ a également été consultée mais aucun des événements qui y sont relatés ne présente de similitudes transposables à l'accident de l'Epsilon N°13.

1.17. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES ET LA GESTION

1.17.1. Particularités de la gestion de zone

Dans le cas de cette navigation, le tracé se situe au dessous de la zone R49, réservée aux avions de l'école de pilotage de l'armée de l'air.

L'ensemble de cette zone est géré par le centre de contrôle de Cognac en coordination avec la direction des vols et un surveillant des vols (indicatif : "Véloce")

Un axe ou un secteur de travail est attribué par la direction des vols à chaque mission. Un compte-rendu radio est effectué au début et à la fin de chaque activation de volume aérien par le responsable de la mission, au contrôle et à "Véloce".

1.18. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES

1.18.1. Moyens de signalisation

⁷ Bureau d'enquêtes d'analyses de l'aviation civile

⁸ Mettre la définition

L'ordre 10 N des CPSV⁹ CEAA ne prévoit pas le port de ceinture de signalisation FIC3-92MGG2 de manière systématique.

Nota : les moyens offerts par cette ceinture permettent d'émettre un signal sur les fréquences de détresse assurant la mise en alerte des secours et leur guidage vers le lieu de l'accident, de même que de réaliser une signalisation de proximité.

A ce jour, son port est obligatoire :

- Pour les vols de nuit ;
- Pour les missions de navigation à vue avec atterrissage sur un aérodrome extérieur ;
- Pour toutes les missions au cours desquelles il serait probable que la récupération de l'équipage ne puisse se faire dans un délai suffisamment court (transit entre terrains éloignés par exemple).

1.18.2. Moyens radio et IFF

Les postes radio équipant les Epsilon ne sont pas équipés d'un commutateur présélectionné sur une fréquence de détresse. Le pilote est obligé de l'afficher manuellement. De plus, une fois cette fréquence affichée, le pilote ne peut pas écouter simultanément une autre fréquence sur le même poste radio. Il est donc coupé des autres pilotes de l'école.

Concernant l'IFF, il n'y pas de sélecteur "Emergency". Le pilote doit afficher manuellement 77.00 pour se signaler en détresse.

1.19. TECHNIQUES D'ENQUETE UTILES OU EFFICACES

Néant.

⁹ Consignes permanentes de sécurité des vols

2. ANALYSE

Elle s'articule en quatre parties :

- La première partie analyse les faits exposés dans le chapitre premier relatif aux renseignements de base ;
- La seconde synthétise les différents résultats des expertises et essais ;
- La troisième énonce et vérifie les hypothèses relatives à des causes liées aux facteurs humains, à l'environnement et à la technique et propose une arborescence des causes possibles à l'origine de cet accident ;
- La dernière est relative à l'analyse des faits qui n'ont pas de lien direct avec l'événement.

2.1. ANALYSE DES FAITS

2.1.1. L'élève navigateur

Au moment de la réduction de puissance, l'élève pense que le moniteur lui simule une panne. Il sort sa check-list et débute les vérifications. Pour lui, tous les paramètres sont bons et il ne se souvient pas d'un battement quelconque d'aiguille. Il ne semble pas stressé par l'évènement et agit rigoureusement face à un exercice.

Il se rend compte qu'il ne s'agit pas d'une simulation lorsque le moniteur émet le message de détresse. Dès lors, il ne peut plus se concentrer sur les paramètres du moteur ni sur la navigation et ne réussit pas à afficher la fréquence radio que le moniteur lui demande. Sur son ordre il débute les actions préliminaires à un atterrissage en campagne, serre son harnais, baisse sa visière et dégrafe le mousqueton du parachute. Il décrit un poser souple suivi d'une très forte décélération. Il se souvient avoir actionné le "coupe-feu" carburant avant d'évacuer.

2.1.2. Le moniteur

Lorsque le moniteur ressent la décélération, il pense que l'élève en place arrière a agi sur une commande. Simultanément il cabre en mettant plein gaz. Au sommet du cabré, qu'il estime à 1200ft, il constate qu'il ne peut pas maintenir l'appareil en

vol en palier. En revanche, il pense qu'il persiste une certaine traction et envisage en premier lieu un déroutement sur le terrain de La Rochelle. Du fait qu'ils survolent une zone marécageuse et que le vent est très fort, et pensant que le moteur délivre encore une certaine puissance, le pilote rejette l'idée d'une évacuation en vol. Estimant que le moteur n'est pas arrêté, il ne branche pas la pompe à carburant, comme le prescrit la procédure avant un rallumage, et maintient une vitesse indiquée de 90kt.

L'appareil continuant à descendre, il passe un message de détresse en donnant une position inexacte (dans le 300° pour 40Nm de Cognac). Il entend un autre appareil de l'école faire le relais radio vers Cognac et se sent plus rassuré. Il passe un nouveau message en donnant sa position exacte. Ce dernier message ne semble pas avoir été reçu clairement.

Il se retrouve alors à une hauteur comprise entre 500 et 800ft. Il prend alors la décision de se poser dans un champ. Son souci est de le faire face au vent qu'il estime de 20 à 30kt. Apercevant un terrain dégagé sur la gauche, il sert son virage en prenant 40° d'inclinaison et vise le centre de la parcelle.

Jusqu'à l'atterrissage, sachant qu'il y a un fort vent de face, il considère que la traction du moteur n'est pas nulle car le plan de descente lui paraît plus faible que lors des exercices d'atterrissage configuration moteur coupé (ACMC). Il prépare l'équipage à un poser train rentré. Simultanément, il commence à sentir une odeur décrite comme du plastique ou du métal brûlé. L'élève semble avoir perçu ces odeurs quelques instants plus tôt (une quinzaine de secondes). L'atterrissage train rentré paraissant assuré, le pilote sort 15° de volets. En finale, il voit de légères fumées provenir de l'avant de la cabine. L'atterrissage est réalisé vent de face le moniteur réduit les gaz à l'arrondi. Dès que l'avion s'immobilise, il ordonne à l'élève d'évacuer et passe un dernier message radio : « On est posé, on va bien, on évacue ». Seul le terme "évacue" sera compris, laissant un doute sur une évacuation au sol ou en vol.

La durée réelle entre le début de l'évènement et l'atterrissage peut être estimée (après écoute radio) à moins de deux minutes. Le moniteur l'estime à un peu plus de trois et l'élève à près de cinq minutes.

2.1.3. Analyse des traces au sol

Pendant l'atterrissage, les pales ont laissé des marques dans le sol humide. Les premiers espaces entre chaque coup de pale sont de 94, 98 et 100 cm.

La vitesse estimée par le pilote est voisine des 80kt et le vent au sol proche de 20kt. La vitesse sol de l'avion avoisine donc les 60kt. Un calcul donne une vitesse de rotation du moteur de l'ordre de 900 tr/mn ce qui, comme le confirme les essais en vol, correspond à un régime très proche d'un moteur à l'arrêt tournant en moulinet.

2.1.4. Maintenance

2.1.4.1. périodicité de maintenance

L'analyse des plans de maintenance a montré qu'au fil du temps, les utilisateurs ont procédé à un allongement des différents pas d'entretien dans un souci d'allègement de la maintenance. Ces différentes évolutions, présentées dans le tableau ci-après, ont été appliquées sans concertation avec les industriels concepteurs et intégrateurs.

Travaux	Pas initial constructeur	Pas utilisateur
Visite intermédiaire moteur	50 heures et changement huile Christen à 25 heures si voltige	100 heures
Visite complète moteur	400 heures	500 heures
Grande visite moteur	1400 heures	1500 heures
Entretien mineur cellule	400 heures ou 18 mois	500 heures ou 18 mois
Grande visite cellule	1600 heures ou 5ans	1500 heures ou 5 ans objectif 2000 heures ou 7 ans
Hélice	500 heures (voltige)	500 heures (voltige)

La marque d'huile préconisée par le constructeur a également été abandonnée au profit d'une autre marque. Il n'est certes pas possible d'établir un lien direct entre l'accident et les évolutions de maintenance. Toutefois on peut s'interroger sur les raisons qui conduisent à avoir un nombre élevé de problèmes techniques sur

l'Epsilon comparativement à d'autres avions équipés de moteurs identiques ou similaires.

2.2. EXPERTISES ET ESSAIS

2.2.1. Expertises

L'expertise du groupe motopropulseur a été confiée au CEPr de Saclay. Cette expertise fait l'objet du rapport N°14 IP 02 du 25 septembre 2003. La synthèse de cette expertise s'établit de la façon suivante :

- Les équipements situés entre la table arrière du moteur et la cloison pare-feu sont partiellement ou totalement détruits ;
- Les protections thermiques des tuyauteries des circuits de carburant, d'huile et d'hydraulique sont partiellement ou totalement consumées par l'incendie. Les raccords de leur connections sont dessertis. Les gaines internes de ces tuyauteries sont fondues et les protections en inox ne sont pas percées ;
- Les éléments du circuit électrique et du circuit d'allumage sont détériorés par l'incendie ;
- Aucun endommagement interne du moteur, ni anomalie de lubrification ne sont constatés. Le moteur est libre en rotation ;
- Aucune anomalie n'est relevée sur le système SFI (servo fuel injection), sur le distributeur de carburant et le circuit d'allumage ;
- Aucune anomalie n'est constatée sur l'hélice et son régulateur.

Les conclusions de l'expertise du CEPr sont les suivantes :

- Les différents constats effectués sur l'ensemble des matériels examinés ne permettent pas d'émettre avec certitude une quelconque hypothèse sur l'origine de la perte de puissance et de l'incendie ;
- L'incendie et la perte de puissance auraient pu être causés par une fuite de carburant ou par un feu de nature électrique sans pouvoir en déterminer l'élément en cause.

2.2.2. Essais en vol réalisés par le CEV

Les mesures des différentes températures dans le compartiment moteur ont montré qu'elles étaient suffisamment élevées pour que de l'essence qui y serait projetée s'enflamme.

Les mesures de trajectographie d'un Epsilon en configuration « moteur coupé » ont montré que les procédures appliquées par l'Armée de l'air pour un atterrissage en campagne, étaient adaptées aux performances réelles de l'avion dans cette configuration.

2.3. ENONCE ET VERIFICATION DES HYPOTHESES RELATIVES AUX CAUSES DE L'EVENEMENT

L'analyse des faits, des témoignages de l'équipage, du résultat des expertises et essais divers exposés précédemment, nous permet de formuler un certain nombre d'hypothèses sur l'origine et les causes de l'événement.

Ces hypothèses sont exposées en trois parties en fonction de l'origine des causes :

- Humaines ;
- Environnementales ;
- techniques.

2.3.1. Hypothèses liées à des causes d'origine humaines

L'hypothèse d'une erreur humaine ayant entraîné la perte de puissance et l'incendie doit être examinée. Il est possible qu'un des membres d'équipage ait agit par erreur sur une des commandes en cabine.

2.3.1.1. Réduction de puissance du moteur :

La terminologie « réduction du régime » est celle employée par le moniteur. Cette impression de décélération peut être ressentie lors d'une baisse de puissance brutale du groupe moto propulseur.

- Une baisse de puissance du groupe moto propulseur peut être la conséquence :
 - ⇒ D'une réduction de la commande des gaz ;
 - ⇒ D'une inadéquation du mélange air-carburant ;

- ⇒ D'une modification du pas de l'hélice ;
- ⇒ De la coupure d'une des deux magnétos.

➤ Une coupure du moteur peut être la conséquence :

- ⇒ De l'arrêt de l'alimentation carburant ;
- ⇒ De la coupure totale de l'alimentation électrique par la magnéto double.

*** Hypothèse d'une réduction involontaire de la commande des gaz**

Cette situation peut se rencontrer en école de début en présence d'élèves pilotes stressés. Dans le cas présent, il s'agit d'un élève navigateur en place arrière n'ayant jamais à agir sur les commandes au cours de sa formation et dont l'attention était accaparée par la lecture de la carte au 1/500.000 et le suivi de la navigation. De plus, lorsque le pilote ressent la décélération, il rapporte qu'il cabre en mettant plein gaz sans constater que la manette ait eu une position initiale proche du plein ralenti.

L'hypothèse d'une action sur la commande des gaz est REJETEE

*** Hypothèse d'une inadéquation du mélange air-carburant**

Un appauvrissement du mélange air-carburant aux conditions de vol où l'événement est apparu n'entraîne pas une réduction de puissance telle que décrite par l'équipage. De plus, il est souvent associé à des variations de régime et de battements de l'indicateur de débit qui n'ont pas été observés ni par le pilote ni par l'élève.

L'hypothèse d'une action inappropriée sur la commande de richesse est REJETEE

*** Hypothèse d'une modification du pas de l'hélice**

Les essais en vol ont montré que le passage du plein grand pas au plein petit pas ou l'inverse n'amenait pas une sensation de perte de puissance brutale.

**L'hypothèse d'une action sur la commande de pas de l'hélice est
REJETEE**

*** Hypothèse d'une coupure d'une magnéto**

L'alimentation électrique des bougies s'effectue à partir d'une magnéto double entraînée par le moteur. La coupure d'un seul corps de magnéto se serait traduite par une baisse de régime de 150 tours au maximum et par l'allumage du voyant "magnéto seule" en place arrière, ce qui n'a pas été observé par l'équipage. D'autre part, la coupure d'une seule magnéto n'aurait pas entraîné une telle réduction de puissance.

L'hypothèse d'une action sur la commande des magnétos est REJETEE

2.3.1.2. Arrêt du moteur

La décélération ressentie par l'équipage aurait pu résulter de la coupure du moteur.

➤ Interruption de l'alimentation carburant.

Une interruption d'alimentation en carburant du moteur entraîne son arrêt.

Dans ce cas les éléments suivants peuvent être observés :

- ⇒ Allumage de voyants ;
- ⇒ Réduction du régime moteur ;
- ⇒ Variation des paramètres moteurs et carburant.

Il est très improbable qu'une action involontaire sur la commande de l'alimentation en carburant soit à l'origine de la réduction de puissance. Une telle situation aurait inmanquablement été perçue par les deux membres d'équipage.

**L'hypothèse d'une action sur la commande du circuit carburant est
REJETEE**

- Coupure totale de l'alimentation électrique des bougies par la magnéto double.

Dans ce cas, le voyant "magnetos coupées" s'allume, ce qui n'a pas été observé par l'équipage.

**L'hypothèse d'une action sur la commande des magnétos entraînant leur
arrêt est REJETEE**

2.3.1.3. Conclusion sur une cause humaine

En tout état de cause aucune des actions possibles en cabine n'est susceptible de conduire à un incendie dans le compartiment moteur.

Par ailleurs, lors de l'apparition de l'événement, le moniteur est persuadé que l'élève a agit malencontreusement sur une des commandes alors que l'élève pense que le moniteur l'a placé dans un exercice de panne. Chacun des deux membres d'équipage s'engage alors indépendamment dans un processus de vérification de l'ensemble des paramètres. Ce type de situation réduit naturellement la probabilité que l'équipage ne détecte pas une anomalie.

**En conséquence l'hypothèse que des causes d'origine humaines soient à
l'origine de l'événement est REJETEE**

2.3.2. Hypothèses liées à des causes d'origine environnementales

Les conditions météorologiques du jour, favorables à la mission, ainsi que les conditions de vol ne sont raisonnablement pas de nature à entraîner une perte de puissance et un incendie dans le compartiment moteur.

En conséquence l'hypothèse que des conditions environnementales soient à l'origine de l'événement est REJETEE

2.3.3. Hypothèses liées à des causes d'origine technique

L'analyse est réalisée selon trois axes relatifs aux phénomènes constatés :

- Le premier est la recherche des causes ayant entraîné la sensation de décélération, donc de réduction de puissance ou d'un arrêt du moteur ;
- Le second cherche à établir les raisons qui ont entraîné l'incendie ;
- Le troisième tente de déterminer si la perte de puissance et l'incendie sont liés et si oui comment ils ont pu s'enchaîner.

2.3.3.1. Perte de puissance

- Groupe motopropulseur

⇒ Moteur



Ensemble moteur et hélice après démontage

(Photo CEPr)

Les expertises menées au CEPr montrent que l'ensemble des pièces mécaniques constituant le moteur sont présentes et ne comportent ni usure ni rupture. Les seuls dégâts constatés sont consécutifs à l'incendie : traces de brûlures, débuts de déformations.

**L'hypothèse que le moteur soit à l'origine de la perte de puissance est
REJETEE**

⇒ Hélice

Les parties constituant l'hélice sont présentes. Les deux pales présentent la même position qui semble proche du plein petit pas. Suite à l'atterrissage train rentré, leur extrémité est déformée vers l'arrière.



Vues de l'Hélice (droite et gauche)

Après démontage et expertise, l'ensemble des pièces - moyeu, pales, pieds de pale – ne comporte aucune rupture ou usure anormale.

**L'hypothèse que l'hélice soit à l'origine de la perte de puissance est
REJETEE**

⇒ Régulateur hélice

Après expertise, il ressort que le régulateur était mécaniquement intègre et ne comportait aucune déformation ou rupture.

Il a été demandé au CEV d'effectuer un essai en vol de passage en plein grand pas à partir d'une position plein petit pas en vol rectiligne horizontal à 180 kts. Les valeurs de régime et de vitesse atteinte, en faisant varier la pression d'admission, sont les suivantes :

Pression d'admission	Pas	Régime	Vitesse
850 mb	Plein petit pas	2500 tr/mn	180 kt
850 mb	Plein grand pas	1700 tr/mn	160 kt
700 mb	Plein grand pas	1500 tr/mn	140 kt
550 mb	Plein grand pas	1400 tr/mn	110 kt

Ces essais montrent que, quelle que soit la valeur de pression d'admission pour une hélice en position plein grand pas, le vol en pallier peut être maintenu et que l'équipage aurait pu assurer un déroutement.

L'hypothèse que le régulateur d'hélice soit à l'origine de la perte de puissance est REJETEE

⇒ Commandes

Les liaisons reliant les manettes du poste de pilotage au compartiment moteur sont totalement mécaniques. Les trois liaisons correspondant à la commande de pression d'admission, à celle de pas hélice et la commande de richesse sont en place, continues et raccordées. Seules les gaines ont été fortement endommagées ou brûlées par l'incendie.

Enfin, une rupture de la commande aurait figé le régime moteur et n'aurait en aucun cas entraîné un passage au ralenti.

L'hypothèse de la rupture d'une liaison de commande moteur est REJETEE

➤ Circuit carburant

⇒ Réservoirs

Les deux réservoirs principaux sont situés dans les ailes. Au moment de l'évènement ils contenaient une quantité proche de 160 litres de carburant équitablement réparti. Après l'atterrissage le carburant c'est lentement écoulé au niveau des emplantures d'aile mais il restait encore près de 100 litres plus de

48 heures après l'évènement. Les bouchons des réservoirs étaient correctement fermés.

L'hypothèse du manque de carburant ou d'une mise à l'air libre du circuit au niveau des réservoirs est REJETEE.

⇒ Connexions et accessoires entre les réservoirs et le robinet coupe feu
L'ensemble des connexions et des accessoires situés sous le plancher du poste de pilotage sont intègres. La nourrice de 2,5 litres de carburant et la pompe électrique sont intactes et présentaient encore, lors de l'expertise, des traces humides d'essence non brûlée.

Les éléments se trouvant derrière la paroi droite du poste avant et avant le robinet coupe feu ont été complètement détruits par l'incendie. Le feu n'est pas remonté par les canalisations, sûrement par manque d'oxygène et du fait d'une température insuffisante.

De plus, à aucun moment l'équipage n'a senti d'odeur de carburant.

L'hypothèse du manque de carburant ou d'une rupture de l'alimentation carburant entre les réservoirs et le robinet coupe feu est REJETEE.

⇒ Pompe à carburant électrique

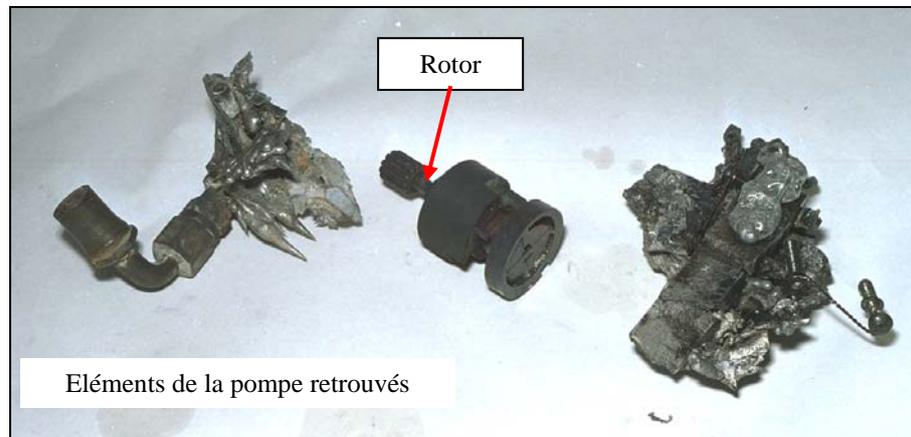
La pompe électrique n'est pas nécessaire en vol normal en palier. Elle n'était pas sous tension lors de l'apparition de l'évènement.

L'hypothèse que la pompe électrique ait pu être à l'origine de la perte de puissance est REJETEE

⇒ Pompe mécanique

Elle est fixée sur la face extérieure de la table arrière et elle est directement entraînée par le moteur. Dans le cas présent, la partie de la table la supportant a totalement fondu et seuls quelques fragments ont été retrouvés dans les débris. Une partie du corps de la pompe, liée avec du métal fondu provenant de la

magnéto, ainsi que le rotor de la pompe intact ont été retrouvés. Ce rotor ne présente ni trace de rupture ni usure particulière.



Pompe à carburant mécanique

En aval de cette pompe se trouve une prise de pression couplée à un voyant d'alarme qui s'allume lorsque la valeur est inférieure à 0.84 bar. A aucun moment l'équipage n'a constaté son allumage ce qui semble montrer que la pompe fonctionnait et délivrait une pression supérieure à 0.84 bar. Il est possible qu'une fuite se soit déclarée dans le circuit carburant, soit au niveau des tuyauteries soit au niveau de la pompe tout en laissant une pression résiduelle supérieure à 0.84 bar avec un moteur qui fonctionnait correctement. En effet des essais au sol ont montré qu'un moteur d'Epsilon fonctionnait encore correctement lorsque la pression du carburant n'était que de 0.3 bar.

L'hypothèse d'une perte de puissance liée à une diminution du débit carburant ou d'une fuite suite à une défaillance de la pompe mécanique est REJETEE.

⇒ Tuyauteries souples

Les raccords de toutes les tuyauteries encore en place paraissent desserrés ou desserrés. Après expertise, cela semble être la conséquence de la perte de matériau élastomère brûlé et consommé sur la section serrée avec le raccord.

Les tuyauteries en amont de la pompe sont brûlées mais les renforts métalliques en assurant la rigidité et l'étanchéité sont en place et non dégradés.

Une fuite par raccord est possible. Dans ce cas, bien que, l'équipage n'ait pas rapporté avoir perçu d'odeur d'essence cela pourrait peut être s'expliquer si l'essence s'enflamme rapidement. Il faudrait de plus que cette fuite soit suffisamment faible pour ne pas réduire la pression à la valeur du seuil de déclenchement de l'alarme pression carburant tarée à 0.84 bar. Or des essais au sol ont montré que le moteur fonctionnait toujours lorsque la pression carburant n'est que de 0.3 bar.

L'hypothèse d'une perte de puissance liée à une fuite de carburant au niveau des tuyauteries souples est REJETEE

⇒ Système d'injection

L'ensemble du système est intègre, peu ou pas brûlé, et les injecteurs sont intacts. De l'essence résiduelle était encore présente dans les canalisations. Ceci montre que jusqu'à l'atterrissage et tant que le coupe-feu n'a pas été actionné, le système d'injection était alimenté et étanche.

L'hypothèse d'un arrêt d'alimentation en carburant au niveau du système d'injection est REJETEE.

⇒ Carburant

L'analyse par le CEPr des prélèvements d'essence effectués dans les réservoirs montre une coupe pétrolière de type F18 correcte.

Considérant les caractéristiques des filtres situés sur le circuit il est impossible qu'une impureté ait obturé un élément et empêché l'alimentation du moteur sans allumage du voyant "pression carburant".

L'hypothèse d'une mauvaise qualité de carburant ayant entraînée une perte de puissance est REJETEE.

➤ Circuit d'huile

⇒ *Pompe à huile*

Normalement située sur la face interne de la table arrière, son carter a totalement disparu sous l'effet de l'incendie. Le pignon mené en aluminium a fondu. Les éléments retrouvés dans les débris sont l'arbre et le pignon menant en acier. Ceux-ci ne portent pas de traces d'effort ni de rupture antérieures à l'incendie.



Système d'entraînement de la pompe à huile

Un arrêt de la pompe est impossible sans la rupture des axes internes et sans l'allumage du voyant "pression d'huile", pour une valeur inférieure à 1,75 bar. Ensuite, son mauvais fonctionnement aurait généré un défaut de lubrification et entraîné des détériorations mécaniques du moteur.

**L'hypothèse d'un arrêt ou d'une rupture de la pompe à huile est
REJETEE.**

⇒ Filtre à huile

Situé sur la table arrière, il a été retrouvé dans les débris. Il est intègre mais fortement brûlé et recouvert de nombreuses gouttes de métal fondu. Son pas de vis ne présente aucune marque d'effort. Il avait été correctement fixé.

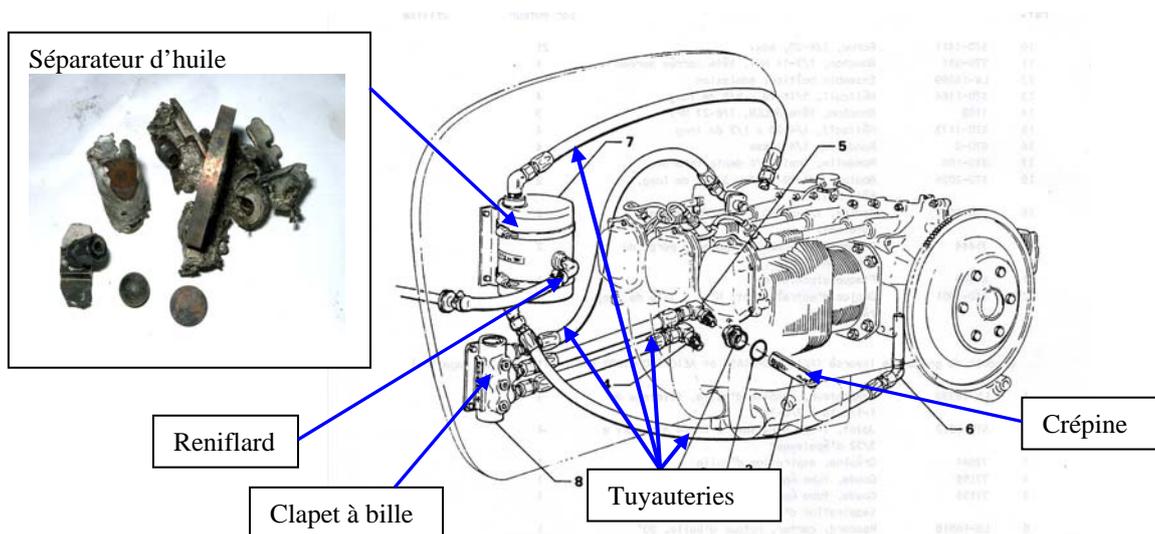


Filtre à huile

Un colmatage aurait entraîné une détérioration de certains éléments en mouvement du moteur pouvant aller jusqu'à un blocage total. En aucun cas il aurait amené à la perte de puissance décrite par l'équipage.

L'hypothèse d'une désolidarisation ou d'un colmatage du filtre à huile entraînant une perte de puissance est REJETEE.

⇒ Système Christen



Système de lubrification pour le vol inversé (Christen)

Ce système est un circuit de graissage inverse. Il permet la lubrification du moteur quelle que soit la position de l'avion.

N'ont été retrouvées que les pièces en acier du séparateur d'huile et une partie du clapet à bille. Le reste des éléments a fondu.

Une détérioration d'un élément du système aurait entraîné une baisse de pression dans le circuit et un défaut de lubrification dont les conséquences auraient été visibles sur le moteur à l'expertise.

L'hypothèse d'une perte de puissance par détérioration du système Christen est REJETEE.

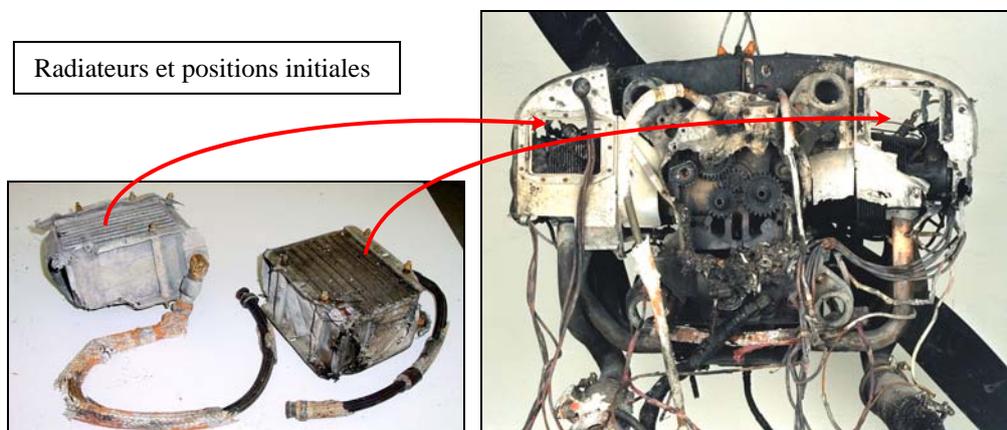
▪ **Tuyauteries d'huile et radiateurs**



Tuyauteries d'huile.

L'ensemble des tuyauteries souples, situé entre le système Christen et le moteur, a brûlé. Comme pour le circuit carburant, une fuite au niveau d'un raccord qui aurait pu être desserré est possible. Ceci n'aurait en aucun cas amené une perte de puissance seule mais une détérioration et certainement un blocage moteur.

Les deux radiateurs ont été retrouvés intègres dans les débris brûlés. Leur support a fondu.



Vues des radiateurs et de la table arrière

L'hypothèse d'une perte de puissance par détérioration du circuit d'huile est REJETEE.

⇒ Lubrification du régulateur hélice

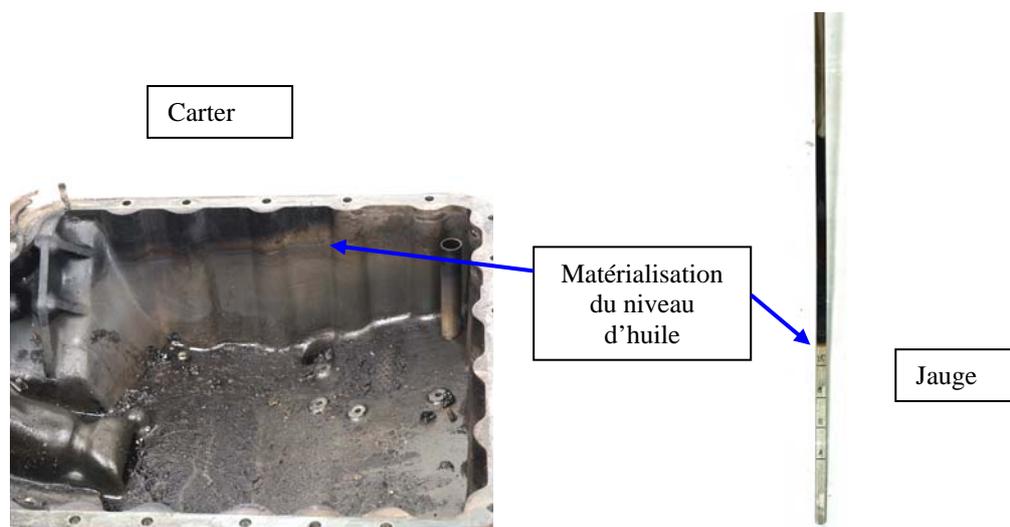
L'huile utilisée pour la régulation hélice est celle qui assure également la lubrification du moteur. Un défaut d'alimentation en huile du régulateur peut modifier le pas des pales. Dans le cas d'un passage en plein grand pas, il s'ensuit une perception de perte de puissance mais en aucun cas elle ne pourrait empêcher le maintien de l'avion en palier. Ceci a été confirmé par les essais en vol menés par le CEV.

L'hypothèse d'une panne de lubrification du régulateur hélice est REJETEE.

⇒ Huile moteur

Après démontage du moteur il n'est constaté aucune usure sur les paliers du vilebrequin, ce qui certifie une lubrification correcte jusqu'à l'arrêt complet du moteur. De plus, la quantité d'huile était satisfaisante, le niveau étant matérialisé dans le carter et sur la jauge par l'incendie.

L'huile ayant été totalement brûlée, aucun prélèvement n'a été effectué. Les caractéristiques des résidus ont été fortement modifiées par l'incendie.



Carter d'huile et jauge

L'hypothèse d'une perte de puissance par défaut de lubrification ou manque d'huile est REJETEE.

➤ Circuit électrique

⇒ Bougies

Elles sont au nombre de douze, deux par cylindre, et sont alimentées par la magnéto double. Elles ont toutes été testées et fonctionnent correctement. De plus, pour obtenir une telle perte de puissance, il faudrait pratiquement que toutes les bougies soient défectueuses simultanément.

L'hypothèse d'une perte de puissance par mauvais fonctionnement des bougies est REJETEE.

⇒ Faisceau d'allumage

Le harnais assurant l'alimentation des bougies est en partie brûlé mais en place. Le faisceau en partance de la magnéto au niveau de la table arrière est quant à lui entièrement détruit.

Il est possible que le faisceau d'allumage ait pu être détruit par une projection de gaz chauds en provenance d'une fuite sur le pot d'échappement. Les gaz chauds ont une température généralement comprise entre 700 et 800°C au niveau du collecteur.

Un tel incident s'est déjà produit sur un appareil civil de type Scintex ML 250 équipé d'un moteur de la même famille que celui équipant l'Epsilon. Dès le décollage, une fumée en provenance du capot moteur avait été perçue par le pilote qui a entamé un retour terrain immédiat. Le moteur s'était immédiatement arrêté et le pilote avait réussi à poser son appareil en bordure de piste n'ayant plus de puissance pour la rejoindre. L'expertise avait montré qu'une rupture du collecteur du pot d'échappement avait entraîné la combustion du faisceau d'allumage.

Dans sa description, cet incident ressemble à l'accident de l'Epsilon n° 13.

Dans le cas de l'Epsilon, l'expertise du pot d'échappement a mis en évidence des traces d'incendie intense sur les pipes d'échappement des cylindres N°5 et N°6 (arrière du moteur) mais aucune anomalie n'a été notée sur le pot d'échappement, y compris au niveau d'examen des soudures par re-suage. Le faisceau d'allumage pourrait également avoir été détruit par un incendie naissant dans le compartiment moteur.

L'hypothèse d'une perte de puissance par coupure du faisceau d'allumage est POSSIBLE.

⇒ Magnéto double

Elle est située à l'endroit de la table arrière qui a été totalement détruite. Sont toujours présents au niveau de la table arrière l'accouplement menant et l'arbre d'entraînement.

Tous les composants métalliques de la magnéto double ont été retrouvés parmi les débris à l'exception d'un rupteur qui a totalement disparu dans la masse fondue.



Accouplement menant et arbre d'entraînement

Positionnement de la magnéto



Vues de la magnéto (rotors et entraînement)

L'arbre menant et l'arbre d'entraînement étaient toujours accouplés lors des investigations. L'endroit de cet accouplement ne montre aucune marque ou frottements particuliers pouvant présager d'un effort anormal. La liaison moteur - magnéto était donc assurée jusqu'à l'atterrissage.

Les deux roues dentées, en plastique, assurant la rotation de chaque corps de magnéto ont totalement disparu.



Composants de la magnéto

L'équipage a rapporté une perte brutale de puissance sans signalisation de panne. Ceci est symptomatique d'un arrêt de l'allumage. Ce constat a conduit le BEAD à focaliser ses investigations sur la magnéto. Les photos des composants de cet équipement ont été grossies et transmises à l'ETIS de Cognac pour analyse détaillée.



Cette photo a attiré l'attention de l'ETIS qui a remarqué la position anormale de la masselotte désignée ci- dessus. Le BEAD a alors contacté le CEPR pour qu'il vienne récupérer la pièce douteuse dans les débris de l'épave entreposée au BEAD. L'expertise du mécanisme a montré une rupture du ressort spirale qui positionne la masselotte destinée à assurer le calage automatique de l'avance à l'allumage. Des essais au banc ont montré que lorsque le ressort était cassé le calage de l'avance à l'allumage était de $+18^\circ$ au lieu de -20° soit un retard angulaire de 38° . Dans ces conditions l'allumage se produit dans le cycle d'échappement ce qui entraîne d'une part une perte quasi totale de la puissance et une combustion dans le circuit d'échappement. Cette combustion explique l'origine des odeurs de chaud ressenti par l'équipage.

L'analyse métallographique du faciès de rupture du ressort menée par le CEPR montre une très forte suspicion de rupture en fatigue.

L'examen de la documentation récemment livrée à l'Armée de l'Air a montré que le ressort de la magnéto faisait l'objet d'un SB impératif définissant les opérations de maintenance de la magnéto ainsi que d'un second rappelant de procéder au changement du ressort tous les 4 ans. Ce dernier SB avait été émis par le constructeur de la magnéto suite à des accidents ayant pour origine la rupture du ressort en vol, ressorts qui n'avaient pas été changés avec la périodicité requise. Ces deux SB n'avaient jamais été transmis à l'Armée de l'Air. L'examen de la documentation du moteur de l'Epsilon N°13 a montré que le ressort avait été changé en janvier 1988 soit une durée de vie supérieure triple de celle définie par le constructeur.

On note que le changement du ressort est prévu pour être réalisé chez l'industriel lors des grandes visites moteur soit toutes les 1500 heures, ce qui correspond à une durée moyenne d'environ onze ans pour les Epsilon de l'armée de l'air compte tenu de son activité aérienne. Il y a donc une incohérence entre le plan de maintenance du moteur et les opérations de maintenance de la magnéto.

La magnéto fait également l'objet d'un autre Service bulletin impératif pour traiter un problème potentiel sur le calage de l'avance à l'allumage automatique qui peut entraîner un arrêt du moteur. Ce bulletin a été émis en 1997 par le constructeur et n'a été diffusé à l'Armée de l'Air qu'en septembre 2003. Il n'était pas appliqué sur l'Epsilon N°13.

L'expertise de la magnéto ayant montré une rupture du ressort du système de réglage automatique de l'avance à l'allumage entraînant et une combustion dans le cycle d'échappement et donc une perte de puissance, l'hypothèse que la magnéto soit à l'origine de l'accident est CERTAINE

⇒ Batterie et équipements électriques de puissance

La batterie n'intervient en rien dans l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation du moteur lorsque celui-ci est en fonctionnement. De même, aucun équipement ne pourrait, de part son arrêt ou sa destruction, entraîner une réduction de puissance du moteur. Ils ne sont d'ailleurs pas sous tension lors du vol en palier.

L'hypothèse d'une défaillance de la batterie ou des équipements électriques de puissance est REJETEE

➤ Circuit d'admission d'air

⇒ Entrées d'air

Il a été constaté sur le site que les entrées d'air étaient complètement dégagées. Au moment de l'évènement, l'appareil se trouvait en ciel clair et la température extérieure était proche de 10°. Il n'avait donc pas rencontré de conditions givrantes.

L'hypothèse d'une perte de puissance par mauvais fonctionnement du circuit d'admission d'air est REJETEE.

⇒ Régulation

Le système a été démonté et expertisé. Le fonctionnement était correct et aucune détérioration n'a été constatée. De plus, le moteur n'aurait pas subi une telle perte de puissance, voir un arrêt moteur, dans le cas d'un problème de

régulation d'air. L'équipage aurait tous d'abord ressenti des à-coups et des ratés moteur.

L'hypothèse que le système de régulation d'air soit à l'origine de la perte de puissance est REJETEE

➤ **Échappement**

Il peut se produire une perte de puissance du moteur lors de l'obturation du système d'échappement ou lors de problème sur le système de régulation. Il y aurait certainement une diminution de vitesse, mais en aucun cas une impossibilité de maintenir un vol en palier.

L'hypothèse d'une perte de puissance par mauvais fonctionnement ou un endommagement du système d'échappement est REJETEE.

2.3.3.2. Incendie

➤ **Généralités**

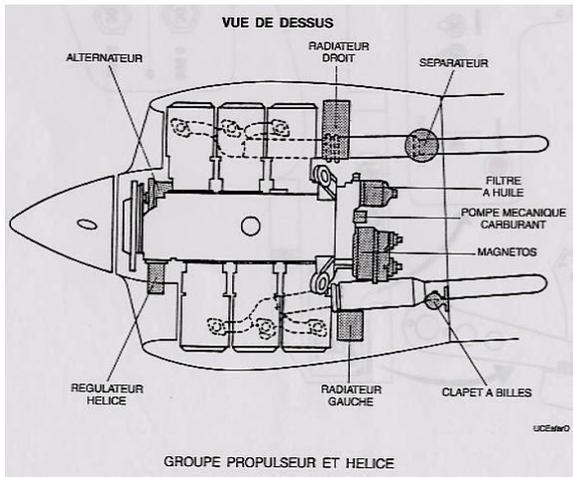
Il convient de rappeler que l'équipage n'a pas indiqué qu'un

Tous les éléments relatifs à la genèse de l'incendie sont difficiles à déterminer étant donné l'état général de l'épave, consécutif à un incendie de forte intensité.

Des recherches ont été demandées au CEPR pour tenter de déterminer une zone origine de l'incendie et une analyse de tous les composants récupérés dans la masse fondue.

Après analyse de l'épave, il apparaît que la zone origine de l'incendie se situe entre la table arrière et la cloison pare feu. La propagation du feu a ensuite totalement détruit le poste de pilotage et une partie du capotage supérieur du moteur. L'incendie s'est également étendu à l'huile contenue dans le carter et a brûlé l'ensemble du moteur.

La plus grande partie de la table arrière a fondue ainsi que les accessoires y étant fixés : magnéto, pompe à carburant mécanique, support de filtre à huile.



Plan des accessoires du moteur et vue de la table arrière

Un incendie peut avoir lieu lorsque trois conditions sont réunies :

- ⇒ Présence d'un fluide inflammable ;
- ⇒ Présence d'une source de chaleur : flamme, partie chaude, étincelle...
- ⇒ Présence d'oxygène pour entretenir le feu.

➤ Sources de chaleur

- ⇒ Gaz d'échappement

Une fuite au niveau du circuit d'échappement peut entraîner une projection de gaz chaud, et amener la destruction d'une tuyauterie de carburant ou des joints de la pompe à carburant ce qui aurait pour effet de déclencher un incendie. La température des gaz au niveau du collecteur d'échappement est comprise entre 700 et 800°C donc bien supérieure à la température d'auto inflammation de l'essence à savoir 400°.

L'hypothèse qu'une fuite de gaz d'échappement ait pu jouer un rôle dans l'incendie en détériorant certains composants du circuit carburant est POSSIBLE

⇒ Circuit électrique

Le feu qui s'est déclaré pourrait avoir eu une origine électrique. Les feux électrique proviennent généralement d'élément dans lesquels circulent des intensité élevées telle que les moteur, démarreur, alternateur et batterie.

En vol, aucun élément dit de puissance n'est alimenté et les intensités circulant dans le reste du circuit électrique sont faibles et donc peu susceptibles à générer des élévations de température pouvant conduire à des incendies. En cas de défaillance d'un composant électrique entraînant une surintensité, donc une surchauffe, le feu ne peut se déclarer que s'il y a présence d'un combustible. Dans le cas présent, le feu s'est déclaré dans une zone où les éléments électriques sont peu nombreux et ne sont pas en contact de combustibles. De plus, la magnéto génère des tensions élevées pour l'allumage des bougies mais les intensités sont très faibles.

L'hypothèse qu'un élément du circuit électrique ait pu être à l'origine de l'incendie est REJETEE

⇒ Batterie

Elle est située en avant du poste de pilotage. Elle a été retrouvée en place et sévèrement brûlée. Après expertise, il s'avère que tous les éléments interne étaient en place et reliés correctement. La totalité du liquide s'est évaporé et l'ensemble des éléments a subi l'effet du feu.

L'expertise montre qu'aucun court-circuit n'a pu se produire avant l'incendie.

L'hypothèse que la batterie ait pu être à l'origine de l'incendie est REJETEE

⇒ Démarreur

Le démarreur ne présente aucune anomalie. Il est toujours en bon état mécanique.

**L'hypothèse que le démarreur ait pu être à l'origine de l'incendie est
REJETEE**

⇒ Moteur électrique de commande des volets

Les volets hypersustentateurs sont activés par un moteur électrique. Celui-ci est situé sous le poste de pilotage. L'équipage a rapporté avoir perçu de la fumée en provenance du moteur ce qui exclut donc un incendie en provenance du moteur de commande des volets.

**L'hypothèse que le moteur électrique de commande des volets soit à
l'origine de l'incendie est REJETEE**

⇒ Pompe à carburant électrique

La pompe électrique n'est pas nécessaire en vol normal en palier. Elle n'était pas sous tension lors de l'apparition de l'événement.

**L'hypothèse que la pompe électrique ait pu jouer un rôle dans l'incendie
est REJETEE**

⇒ Alternateur

L'alternateur n'a pas été endommagé lors de l'accident. Son examen ne laisse apparaître aucun dysfonctionnement.

**L'hypothèse que l'alternateur soit à l'origine de l'incendie est
REJETEE**

⇒ Magnéto

La magnéto est un dispositif électromécanique entraîné par le moteur destiné à générer une haute tension lors d'un cycle d'ouverture et de fermeture d'un

circuit inductif basé sur le principe du transformateur. Ce dispositif est autoalimenté dans la mesure où il se fournit lui-même, par induction, le courant nécessaire à son alimentation.

De part son principe, il génère des étincelles qui sont confinées dans une enceinte étanche. De plus, une fuite d'huile interne à la magnéto au niveau du mécanisme d'entraînement, serait en quantité trop faible pour pouvoir générer un incendie rendant impossible l'inflammation de fluides ou vapeurs extérieurs à la magnéto¹⁰.

L'hypothèse que la magnéto ait pu générer des étincelles susceptibles d'enflammer des vapeurs d'essence issues d'une fuite est REJETEE

➤ Fluides

⇒ Carburant

Bien que l'analyse d'un accident de même nature que celui intéressant l'Epsilon n° 13, il montre que lors d'un incendie survenu au roulage sur un appareil équipé du même moteur, le pilote n'avait jamais senti l'odeur du carburant qui s'écoulait d'une tuyauterie défectueuse. Ce n'est qu'en voyant les flammes qu'il a évacué son appareil. Cet accident prouve qu'une fuite de carburant n'est pas nécessairement détectée avant son inflammation.

Le carburant utilisé sur Epsilon est de l'essence de type AVGAS F18. C'est un fluide volatile et inflammable. La température d'autoallumage est de l'ordre de + 400°C. Lorsque l'essence est portée à cette température, elle s'enflamme spontanément. Ceci peut se produire si l'essence vient à s'écouler sur une partie chaude. Les essais en vol menés par le CEV ont montré qu'en plusieurs endroits du pot d'échappement, la température était supérieure à la température d'auto inflammation de l'essence. (Appendice 01 : Mesures de O des pots d'échappements)

¹⁰ Les essais en vol menés par le CEV ont montré que la température sur le corps de la magnéto était de l'ordre de 50°C ce qui est bien en deçà des températures d'auto inflammation de l'huile et de l'essence.

Une fuite d'essence sur une de ces parties chaudes pourrait donc conduire à un incendie. On remarque aussi que le pot d'échappement droit est plus chaud que le gauche probablement du fait de la présence de l'échangeur. Ainsi, si un incendie devait se déclarer, il est plus probable qu'il prenne naissance du côté droit. Cela pourrait également expliquer que les traces d'incendie sont d'avantage marquées sur le côté droit du moteur. Des experts du SEA confirment que, dû à une fuite, du carburant aurait pu être projeté sur une partie chaude provoquant son inflammation. Qu'ensuite, le feu soit remonté jusqu'à la source de cette fuite et qu'enfin il s'éteigne sur la partie chaude faute de combustible. Par contre, le feu peut continuer à être entretenu au niveau de la source de carburant. Dans ce cas la combustion n'est pas nécessairement violente mais est fonction du débit de la fuite qui subsiste. Ceci pourrait expliquer pourquoi les dégâts sur le pot d'échappement restent limités.

Un cas de ce type a été recensé au BEA. La rupture d'une bride de fixation du carburateur sur un ULM¹¹ a permis la projection de carburant sur le pot d'échappement provoquant un incendie. L'expertise a montré que le carburateur avait fondu ce qui confirme que le feu est remonté à la source de la fuite.

L'hypothèse que l'auto inflammation par contact de l'essence sur les parties chaudes du pot d'échappement soit à l'origine de l'incendie est POSSIBLE

Dans cette hypothèse, examinons les sources possibles d'une fuite de carburant.

⇒ Tuyauteries et raccords

L'expertise du CEPR n'a pas permis de statuer sur l'intégrité des tuyauteries carburant en raison de leur détérioration consécutive à l'incendie. En conséquence, une fuite de carburant au niveau d'une tuyauterie ou de ses raccords est possible.

¹¹ Ultra léger motorisé

L'hypothèse qu'une fuite de carburant au niveau d'une tuyauterie ou de ses raccords est POSSIBLE

⇒ Pompe à carburant

Les travaux d'expertise du CEPR réalisés à la demande du SPAé ont mis notamment en évidence que le réglage de la pompe, à 40 PSI¹², est hors de tolérance d'utilisation fixée par le constructeur à 26 ± 2 PSI. Aucun document ne témoigne que cette évolution a été approuvée par le constructeur. Il semble également qu'aucune étude quant à la tenue dans le temps de ce joint dans ces nouvelles conditions de pression n'ait été conduite.

D'autre part cette pompe fait l'objet d'une *Air worthiness (AD)* directive demandant aux utilisateurs de vérifier régulièrement le couple de serrage du corps de la pompe à carburant pour éviter des fuites au niveau de deux joints d'étanchéité. Cette *Air worthiness* directive a ensuite été complétée pour demander un contrôle du positionnement des joints lorsqu'ils sont comprimés. Le constructeur précise qu'une fuite peut entraîner une perte de puissance ou un incendie moteur. Cette action préventive est nécessaire pour compenser la mauvaise tenue des joints du fait que la matière qui les compose ne semble pas adaptée à leur utilisation. Le constructeur a d'ailleurs proposé un changement du type de joint mais cette évolution n'a pas été retenue par l'armée de l'air. Dans le cas de l'Epsilon n°13 les opérations prévues dans l'AD sont mentionnées comme effectuées dans la documentation du moteur. L'accident s'est produit à 47 heures de vol depuis la dernière visite moteur, soit 3 heures avant la butée de visite.

L'association d'une pression de travail supérieure à celle préconisée par le constructeur avec la fragilité potentielle des joints nécessitant des contrôles réguliers rend possible une fuite de carburant au niveau de la pompe à essence.

¹² Le bar est une unité de pression valant 14.5 PSI (pound force per square inch).

L'hypothèse qu'une fuite de carburant au niveau d'une tuyauterie ou de la pompe à essence ait pu conduire à un incendie par auto inflammation au contact du pot d'échappement est POSSIBLE

⇒ Huile

L'huile est présente au niveau du carter moteur, de la pompe mécanique, des tuyauteries et du système de graissage pour le vol inversé. Le point éclair de l'huile et son point d'auto inflammation sont tous deux proches de 250°C. De l'huile qui viendrait s'écouler sur les parties chaudes du moteur pourrait s'enflammer. L'ensemble du circuit de graissage a été détruit dans l'incendie,, l'expertise a montré que les différents éléments du moteur étaient correctement lubrifiés ce qui laisse penser qu'il n'y pas eu de fuite sur le circuit d'huile. L'huile aurait donc contribué à l'alimentation du feu et non à sa genèse.

L'hypothèse qu'une fuite d'huile soit à l'origine de l'incendie est REJETEE

⇒ Hydraulique

Le liquide hydraulique est utilisé pour le système de commande du train d'atterrissage. Lors de la phase de vol considérée, le train n'était pas en manœuvre. Au niveau du compartiment moteur, seul est présent le vérin de relevage du train avant dans lequel ne se trouve qu'une très faible quantité de fluide hydraulique. L'examen du vérin et des tuyauteries associées ne montre pas d'anomalies particulières autres que les conséquences de l'incendie.

L'accumulateur de pression du circuit hydraulique est situé en arrière de la cloison pare-feu, zone qui n'a pas été rapportée par les pilotes comme pouvant avoir donné naissance à l'incendie puisque la fumée et les flammes sont d'abord apparues au niveau du moteur.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'examen de l'épave montre que le siège de l'incendie se situe au niveau de la table arrière et non pas dans les zones où se trouvent les éléments du circuit hydraulique.

L'hypothèse que le fluide hydraulique et son circuit associé soient à l'origine de l'incendie est REJETEE

2.3.3.3. Analyse de l'enchaînement de la perte de puissance et de l'incendie

Bien que cela ne puisse pas être démontré, il est peu probable que l'incendie et la perte de puissance soient indépendants. En considérant que ces deux évènements sont liés, deux scénarios sont possibles :

- ⇒ La perte de puissance ou l'arrêt du moteur conduit à l'incendie
- ⇒ L'incendie a conduit à la perte de puissance ou à l'arrêt du moteur

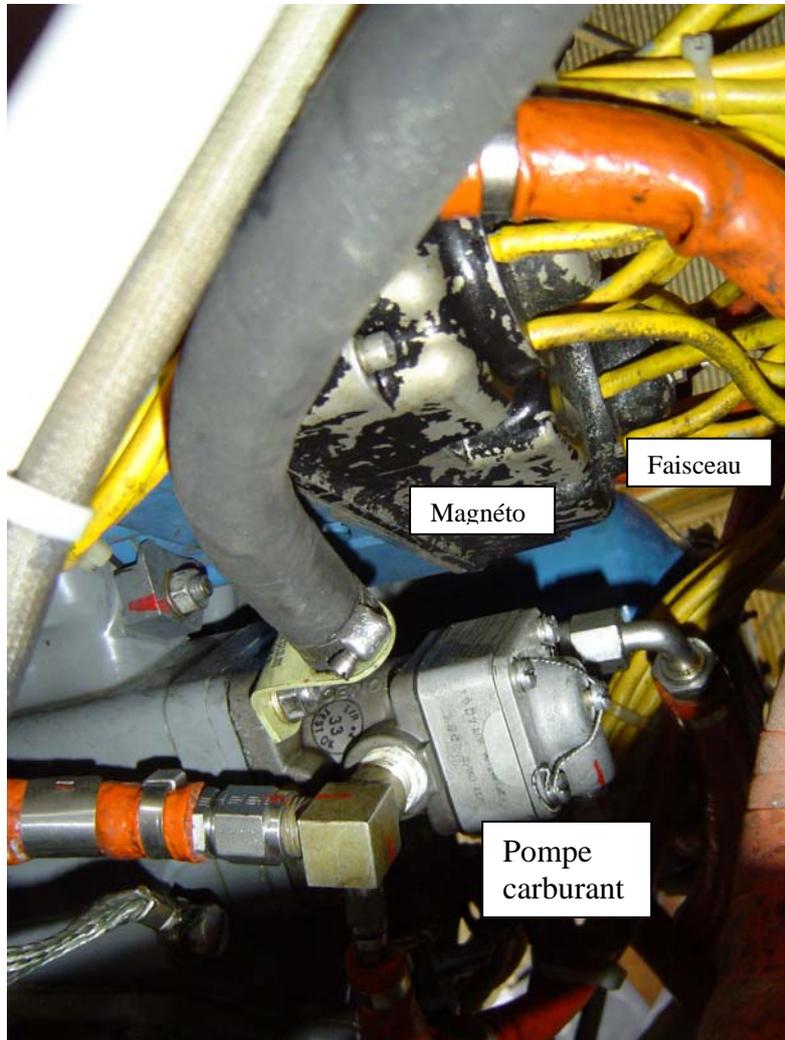
- Dans l'analyse qui a précédé, les causes possibles de la perte de puissance sont :
 - ⇒ Une défaillance de la magnéto ;
 - ⇒ Une coupure du faisceau d'allumage.

- Les causes possibles de l'incendie sont :
 - ⇒ Une fuite de carburant entrant en contact avec le pot d'échappement ;
 - ⇒ Une fuite des gaz d'échappement à haute température détruisant un des composants du circuit carburant.

De la fusion de ces deux analyses, il ressort :

- ⇒ Que les causes possibles expliquant la perte de puissance ne peuvent matériellement pas entraîner un incendie ;
- ⇒ Que les causes retenues pour l'incendie peuvent entraîner une perte de puissance par coupure du faisceau d'allumage. Cette coupure peut être causée :
 - par un incendie provenant de l'inflammation d'une fuite de carburant projetée sur le pot d'échappement.

⇒ Comme le montre la photo suivante, la proximité de la pompe à carburant et de la magnéto est telle qu'un feu sur la pompe peut entraîner la destruction du faisceau d'allumage.



Positionnement relatif de la magnéto et de la pompe à carburant

- Par une fuite de gaz d'échappement vers le faisceau d'allumage et le détériorant. Ceci pourrait expliquer pourquoi les pilotes ont d'abord perçu une odeur de plastique ou de métal brûlé et par la suite aperçu de légères fumées pouvant provenir de la combustion des câblages et autres composants. Elle pourrait également expliquer pourquoi aucune alarme n'a été déclenchée puisque l'incident aurait conduit à une coupure de l'allumage. Cette hypothèse suppose que les gaz chauds

aient également détruit une tuyauterie carburant pour permettre au feu de se développer.

2.3.4. Synthèse des causes identifiées et des causes possibles – Arbre des causes.

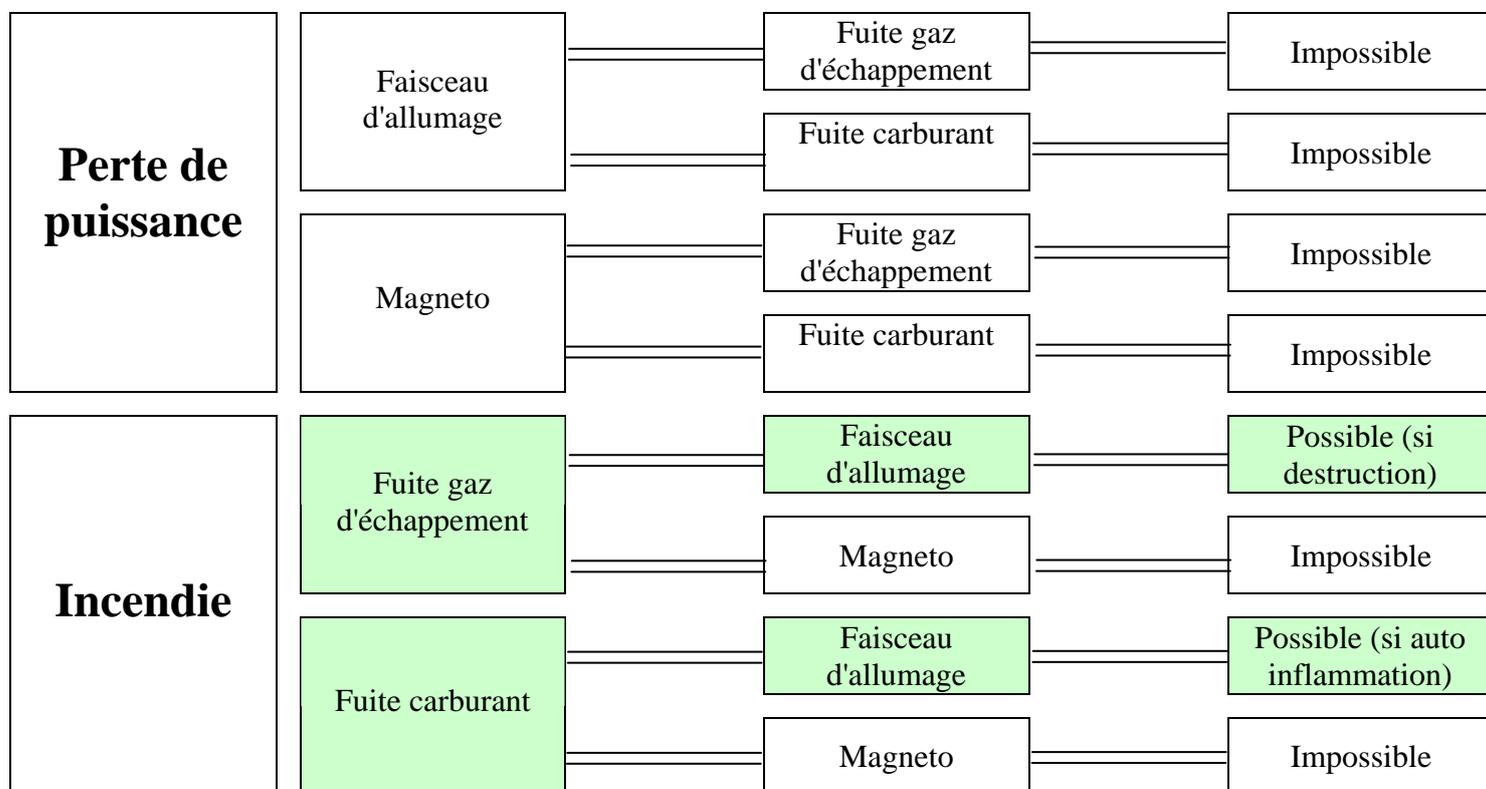
Les diagrammes suivants présentent :

- Les hypothèses techniques examinées pour la perte de puissance et l'incendie ;
- Les scénarios possibles d'enchaînement des hypothèses retenues ;

Les hypothèses et scénarios possibles sont indiqués en vert.

ARBRE DES CAUSES (2/2)

Enchaînement des hypothèses



2.4. ANALYSE DE FAITS N'AYANT PAS DE LIENS DIRECTS AVEC L'ÉVÈNEMENT

2.4.1. L'atterrissage configuration moteur coupé (ACMC)

Une nouvelle politique d'entraînement est adoptée à l'EPAA depuis plusieurs évènements similaires.

Ces entraînements consistent à augmenter le nombre d'exercices d'ACMC sur piste en dur, train sorti, et en campagne (piste en herbe), train rentré avec dans ce cas une remise de gaz avant une hauteur de 400ft.

Au cours de cet évènement, le pilote a constamment été persuadé d'avoir un taux de descente inférieur à celui visualisé lors des exercices. Comme il savait qu'il était soumis à un fort vent de face, cette sensation s'est renforcée.

Simultanément, cela le conforta dans l'idée qu'il persistait une traction résiduelle et donc que le moteur n'était pas à l'arrêt.

Suite à ces constatations, il a été demandé au CEV d'Istres d'établir un relevé des performances du TB30 en configurations simulant un moteur à l'arrêt, train sorti et train rentré. Les distances réellement parcourues dans ces différentes configurations pourront alors optimiser l'entraînement à l'atterrissage en campagne.

2.4.2. La survie des occupants

Le terrain choisi étant favorable à un poser train rentré, l'équipage n'a pas rencontré de problème pour évacuer l'épave et se mettre à couvert.

En revanche, aucun système de signalisation n'était à leur disposition. L'Epsilon n'est équipé ni de balise de détresse, ni de système de signalisation pyrotechnique, ni de trousse de survie. De plus, les nouveaux blousons du personnel navigant ne contiennent plus de chasuble orange, dernier moyen pour se signaler. Dans le cas où l'équipage aurait eu des problèmes pour évacuer ou aurait été blessé, il aurait pu ni prévenir et guider les secours, ni procéder aux premiers soins.

Grâce à son téléphone portable, le pilote a pu joindre la base aérienne de Cognac et a ainsi permis de réorienter les recherches, son premier message de position étant erroné.

L'atterrissage s'étant réalisé moteur au ralenti ou à l'arrêt, l'appareil était peu bruyant et n'a alerté personne. Seules les évolutions de l'hélicoptère de recherche ont attiré l'attention de témoins puis des secours.

On peut donc considérer que seule une suite de circonstances favorables a permis la sauvegarde et la récupération de l'équipage.

2.4.3. L'évacuation en vol

Malgré la tendance qui semble exister au sein de l'école à privilégier l'ACMC à l'évacuation en vol, le pilote y a pensé au moment de l'évènement. Cependant, considérant qu'il n'est pas en panne moteur et qu'il peut assurer un atterrissage sur un terrain de secours, l'évacuation en vol ne lui a pas paru être la meilleure solution. La force du vent et le survol de zones marécageuses l'ont confortés dans sa décision.

Lorsqu'il s'aperçoit de la gravité de la panne, l'appareil se trouve trop bas pour une évacuation en vol alors que la présence d'un champ accessible peut lui permettre d'envisager un atterrissage forcé de manière favorable.

Malgré cela, plusieurs actions peuvent être menées pour faire sensiblement évoluer ce rejet même inconscient de l'évacuation en vol :

2.4.3.1. Instruction :

Le film présenté à l'EPAA lors de l'instruction à l'abandon de bord pourrait être amélioré et montrer des démonstrations d'évacuation plus proches de la réalité concernant les environnements humain et aéronef.

Deux solutions sont envisageables :

- Dans un premier temps, il serait possible de réaliser des évacuations (par une et par deux personnes) à partir d'un appareil aux performances similaires (de type DHC6 Twin Otter), de les suivre en trajectoire et de reporter ces trajectoires sur une maquette virtuelle de TB 30. Ces essais permettraient également de visualiser les durées d'évacuation, d'ouvertures parachutes et de chute avant poser ainsi que l'effet du vent relatif sur le personnel à des vitesses proches de 100kt.
- Dans un deuxième temps, il pourrait être envisagé de réaliser une évacuation à partir d'un l'Epsilon. Néanmoins, des questions subsistent par rapport à l'utilisation du TB 30 sans la verrière arrière et sur les contraintes liées à l'emport d'un parachute de secours ventral. Ces points doivent être finement étudiés avant d'envisager toute expérimentation d'évacuation en vol sur Epsilon. Dans le cas d'une impossibilité de réaliser ces essais en vol, ils pourraient être réalisés en soufflerie depuis une maquette montée sur pivot.

2.4.3.2. Matériel

3. CONCLUSIONS

3.1. FAITS ETABLIS UTILES A LA COMPREHENSION DE L'EVENEMENT

- L'événement s'est déroulé le 20 janvier 2003 à 12h52 lors d'un vol d'instruction au profit d'un élève navigateur sur un appareil Epsilon de la base aérienne de COGNAC ;
- L'appareil est entretenu conformément au plan de maintenance approuvé par l'armée de l'air ;
- Le commandant de bord, pilote instructeur chargé de mener l'instruction en vol possède toutes les qualifications requises ;
- Environ 15 minutes après le décollage, alors que l'appareil vole à 500ft et 180 kt, l'équipage ressent une forte décélération. Le pilote cabre son appareil pour prendre de la hauteur. L'équipage vérifie les paramètres et les commandes du moteur sans déceler d'anomalie ;
- Voyant qu'il ne peut maintenir le vol en palier, le pilote repère une parcelle cultivée et se prépare à un atterrissage en campagne ;
- Peu avant l'atterrissage, l'équipage sent une odeur de plastique ou de métal brûlé puis aperçoit de légères fumées en provenance du capot moteur ;
- L'atterrissage est réalisé de vent de face en configuration train renté, volets à 15° ;
- Dès l'immobilisation de l'appareil, l'équipage évacue après avoir actionné la poignée coupe feu et coupé les circuits électriques ;
- Une fois évacué, l'équipage remarque l'apparition d'une épaisse fumée noire se dégageant de la partie arrière du moteur. L'incendie se propage et détruit le poste de pilotage. L'appareil se consume pendant plus d'une heure jusqu'à l'arrivée d'un véhicule de pompiers.

3.2. CAUSES DE L'EVENEMENT

Compte tenu de l'état de l'épave partiellement détruite par l'incendie, de l'absence d'enregistreur d'accident et en dépit des différentes expertises et essais en vol effectués l'enquête n'a pas pu déterminer avec certitude les causes de l'événement.

Néanmoins l'analyse a permis :

- D'éliminer les causes humaines et environnementales ;
- De dégager deux causes techniques possibles :
 - ⇒ Une fuite de gaz d'échappement au niveau du pot d'échappement qui aurait pu détruire le faisceau d'allumage puis des composants du circuit carburant, entraînant respectivement l'arrêt du moteur puis l'incendie ;
 - ⇒ Une fuite de carburant, au niveau d'une tuyauterie ou de la pompe à carburant qui aurait pu venir s'enflammer au contact du pot d'échappement entraînant la destruction du faisceau d'allumage et par voie de conséquence l'arrêt du moteur alors que l'incendie continue de se développer.

L'examen de la base de données du BEA a montré que des scénarios similaires se sont déjà produits sur des appareils équipés de moteur de la famille de celui de l'Epsilon.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. MESURES AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'ACCIDENT

Les expertises et les essais en vols réalisés n'ayant pas permis de dégager les causes de l'événement, aucune recommandation ne peut être faite quant à l'utilisation de l'Epsilon. Néanmoins, le BEAD recommande de sensibiliser les équipages sur le fait qu'un arrêt moteur n'est pas nécessairement perceptible par l'équipage et qu'il convient donc d'appliquer la procédure « panne moteur en vol » dès les premiers symptômes d'un dysfonctionnement du moteur.

4.2. MESURES DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT AVEC L'ACCIDENT

En ce qui concerne les aspects techniques relatifs à l'épsilon, l'enquête a mis en évidence les points suivants :

- S'agissant de la maintenance de cet avion, l'armée de l'air procède à l'externalisation de certaines actions au travers de sociétés civiles spécialisées comme par exemple la société LAB-TAT (EADS) pour la cellule, France-Aviation pour le moteur et Technic-Aviation pour l'hélice. Il ressort des entretiens qui ont été conduits sur ce sujet que la vision globale de cette maintenance est insuffisante (suivi des documentations, actions de maintenance). Ainsi il semble que l'instauration d'une maîtrise d'œuvre des différents acteurs NTI3 soit nécessaire afin d'améliorer la cohérence de la maintenance des "Epsilon". D'autre part, il est apparu lors de l'enquête que les pas de maintenance initialement définis ont été augmentés par les utilisateurs sans que les constructeurs aient été consultés. Le BEAD recommande qu'une étude soit menée en liaison avec les industriels pour évaluer la pertinence et les conséquences de ces évolutions.

- La pompe à carburant ayant été surtarée sans accord du constructeur ni étude de vieillissement, le BEAD recommande qu'une analyse soit conduite sur la pertinence et les conséquences de cette évolution.
- Un certain nombre de service bulletins, dont certains impératifs, ont été transmis à l'Armée de l'Air par l'industriel en charge de la maintenance bien après leur émission par le constructeur. Le BEAD recommande qu'une action soit entreprise auprès des industriels pour limiter ces délais de mise en application.

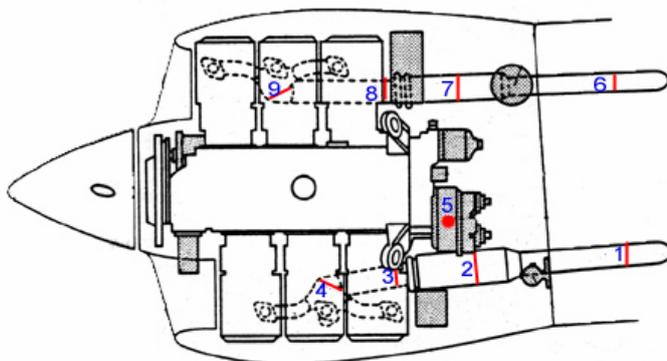
En ce qui concerne la survie et la signalisation, le Bureau enquêtes accidents défense recommande :

- Qu'une étude soit menée afin d'équiper les "Epsilon" de radio et d'IFF compatibles avec une émission de signaux ou de message de détresse ;
- Qu'une balise de détresse, interne à l'appareil ou dans un lot porté par l'équipage, soit emportée à chaque vol ;
- Que l'emport de la ceinture de signalisation existant à l'école soit obligatoire pour chaque occupant d'un appareil quel que soit le type de mission en attendant qu'un packaging adapté contenant une balise de détresse soit réalisé ;
- Que l'instruction à l'abandon de bord dispensée au sein de l'EPAA soit améliorée afin de faire évoluer les tendances réticentes face à l'évacuation en vol.

APPENDICES

1. ETUDE MENEÉE PAR LE CEV

Mesures de températures des pots d'échappements



Mesures effectuées au point fixe

N	EGT
2300	800

N° de sonde	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Température en °C	325	163*	412	540	39	357	448	466	577

Mesures effectuées en basse altitude.

Zp (ft)	Vi (kt)	N (tr /mn)	Pa (mb)	Flw (l/h)	T Huile(°C)	T cyl (°C)	EGT(°C)
500	180	2500	850	72	85	170	750

N° de sonde	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Température en °C	280	135*	381	477	51	266	370	393	**

Mesures effectuées à 1400ft

Zp	Vi	N	EGT
1400	175	2700	750

N° de sonde	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Température en °C	339	171*	428	532	54	310	436	453	527

Le capteur de température EGT (exhaust gas temperature) est placé au niveau du collecteur du côté droit du moteur. On remarque que la température sur le pot est inférieure de 200°C environ à celles de gaz chauds