

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2021-10-I

Date de l'évènement	14 avril 2021
Lieu	Base aérienne 709 de Cognac (Charente)
Type d'appareil	Grob 120
Organisme	Armée de l'Air et de l'Espace

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, l'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités.

L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale.

Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

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

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

CRÉDITS

	Armée de l'Air et de l'Espace	Page de garde
Figure 1	RESEDA et Google	8
Figure 2	Service de l'information aéronautique	11
Figures 3 à 5	BEA-É	12
Figures 6 à 9	RESEDA et BEA-É	16 à 19
Figures 10 à 13	BEA-É	20 à 22
Figure 14	Mécanair	22

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef.....	9
1.7. Conditions météorologiques	10
1.8. Aides à la navigation	10
1.9. Télécommunications	11
1.10. Renseignements sur l'aéroport	11
1.11. Enregistreurs de bord.....	11
1.12. Constatations sur l'aéronef	12
1.13. Renseignements médicaux.....	13
1.14. Incendie.....	13
1.15. Questions relatives à l'organisation des secours.....	13
1.16. Essais et recherches	13
1.17. Renseignements sur les organismes.....	13
2. Analyse.....	15
2.1. Expertises techniques.....	15
2.2. Séquence de l'évènement.....	24
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	25
3. Conclusion	31
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Causes de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	34
ANNEXES.....	35

GLOSSAIRE

AFAE	Airbus Flight Academy Europe
BA	Base aérienne
CAPS	Commande, alimentation, protection, secours
CN	Consigne de navigabilité
DGA EP	Direction générale de l'armement – Essais propulseurs
DGA TA	Direction générale de l'armement – Techniques aéronautiques
DRHAAE	Direction des ressources humaines de l'armée de l'Air et de l'Espace
EAC	École de l'aviation de chasse
EASA	<i>European aviation safety agency</i> – agence de l'union européenne pour la sécurité aérienne
FAA	<i>Federal aviation administration</i> – autorité de l'aviation civile américaine
Ft	<i>Feet</i> – pieds. Un pied vaut 30,48 centimètres
hPa	Hectopascal
inHg	<i>Inches of mercury</i> – pouces de mercure
kt	<i>Knots</i> - nœuds. Un nœud vaut 1,852 kilomètre par heure
l/h	Litres par heure
OFAC	Office fédéral de l'aviation civile suisse
PMA	<i>Parts manufacturer approval</i> – agrément de fabricant de pièces détachées
RESEDA	Restitution des enregistreurs d'accidents
RG	Révision générale
SB	<i>Service Bulletin</i> – bulletin de service
SFI	<i>Servo fuel injector</i> – régulateur de carburant
SI	Système d'injection
tr/min	Tours par minute

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 14 avril 2021 à 11h05

Lieu de l'évènement : base aérienne (BA) 709 de Cognac

Organisme : armée de l'Air et de l'Espace

Commandement organique : direction des ressources humaines de l'armée de l'Air et de l'Espace (DRHAAE)

Unité : école de l'aviation de chasse (EAC) 00.315

Aéronef : Grob 120 immatriculé F-GUKH

Nature du vol : instruction

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Au retour d'une mission d'instruction au profit d'un stagiaire de l'EAC 00.315, un Grob 120 se présente en approche pour la piste 05 sur la BA 709 de Cognac. En vent arrière à une hauteur d'environ 1 000 ft¹, le stagiaire se prépare à configurer l'avion pour l'atterrissage mais éprouve des difficultés à stabiliser ses paramètres (vitesse indiquée, altitude et puissance moteur). Il sort finalement les volets puis le train d'atterrissage et constate immédiatement une diminution de la vitesse indiquée. Il sollicite alors de la puissance moteur mais constate que celui-ci ne réagit pas.

Le moniteur reprend les commandes alors que l'avion abat fortement sur l'aile droite et que l'alarme de décrochage retentit. Il rétablit l'attitude de l'avion avec un point bas à une hauteur d'environ 500 ft. Il annonce à la tour la panne moteur et déclare une situation de détresse. Constatant qu'ils ne pourront pas atteindre la piste, le moniteur et le stagiaire recherchent un champ pour y effectuer un atterrissage d'urgence. Le moteur reprend alors spontanément sa pleine puissance. Le moniteur pose l'avion normalement sur la piste. L'équipage est rejoint au parking par les pompiers.

L'équipage est indemne, l'aéronef est intègre.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un expert technique (BEA-É) ;
- un enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur Grob 120 ;
- un mécanicien ayant une expertise sur Grob 120 ;
- un médecin breveté en médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéropropulsifs (DESA) ;
- DGA EP/restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).

¹ Feet – pieds. Un pied vaut 0,3048 mètre.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

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

Type de mission : instruction

Dernier point de départ : BA 709 de Cognac

Heure de départ : 9h55

Point d'atterrissage prévu : BA 709 de Cognac

1.1.2 Déroulement

1.1.1.1. Préparation du vol

Le vol prévu le jour de l'évènement est un vol pré-test pour le stagiaire, il est noté PIL14 dans la progression. Il comporte une phase de voltige et un exercice d'atterrissage forcé sur piste à Angoulême. Le briefing est effectué à l'heure et de façon standard par le stagiaire. A l'issue, il pose quelques questions au moniteur qui y répond. Le tour avion et la mise en route ont lieu avec un retard de cinq minutes.

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

La mise en route et le roulage se déroulent normalement. Au point d'arrêt, le stagiaire réalise les essais moteur. Le ralenti est initialement à 800 tr/min², alors que l'attendu est entre 600 et 700 tr/min. Le régime descend rapidement à 720 tr/min puis, lorsque les deux pilotes tirent simultanément sur leurs manettes des gaz respectives, il oscille finalement entre 690 et 700 tr/min. Considérant le ralenti dans les normes, l'équipage décide d'effectuer le vol comme prévu.

Le décollage se déroule normalement. Le moniteur simule une perte de puissance. Le stagiaire repose l'avion sur la piste de Cognac puis redécollé. L'équipage se rend ensuite sur l'axe de voltige pour réaliser cette phase de vol qui se déroule de façon normale. Il réalise ensuite un exercice de panne avec un déroutement à Angoulême, où il simule un atterrissage forcé sur piste en mettant le moteur au ralenti à la verticale de l'aérodrome. Alors que l'avion roule sur la piste, le moniteur ressent une impression de régime moteur faible. À cet instant, le stagiaire remet pleins gaz pour redécoller et le moniteur n'a pas le temps de vérifier la valeur du régime au ralenti. Pendant le transit retour vers Cognac, le moniteur constate une richesse trop élevée, indiquée par un débit de carburant supérieur à l'attendu (75 l/h³ pour 70 préconisés). Il l'indique au stagiaire, qui procède au réglage de la manette de richesse. Lorsque le débit de carburant est revenu à la normale, le moniteur remarque que la manette de richesse est positionnée anormalement vers l'arrière mais que tous les autres paramètres sont normaux. Trois minutes plus tard, le stagiaire note que le débit carburant est à nouveau à 75 l/h et réajuste la richesse.

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

Après une arrivée au break⁴ et une fois la checklist « 4P⁵ » effectuée, le stagiaire éprouve des difficultés à stabiliser la vitesse et l'altitude à 90 kt⁶ et 1 000 ft AAL⁷ comme attendu. Le moniteur remarque ces difficultés ainsi que des variations de régime du moteur, sans pouvoir les corrélérer aux mouvements effectués par le stagiaire avec la manette des gaz. En fin de vent arrière pour la piste 05 revêtue, le stagiaire sort finalement les volets puis le train d'atterrissage à 85 kt et réajuste la puissance en mettant pleins gaz pour compenser la traînée supplémentaire et corriger la vitesse un peu faible. Le moteur ne réagit pas. Le stagiaire annonce « plus de moteur » au moniteur, qui reprend les commandes alors que l'alarme de décrochage retentit et que l'avion abat fortement sur l'aile droite, nez bas. Le moniteur met du palonnier à gauche, émet un message de détresse

² Tours par minute.

³ Litres par heure.

⁴ Arrivée à la verticale du terrain à grande vitesse puis virage serré vers la branche vent arrière pour réduire la vitesse.

⁵ Pompe, phare, plein riche, plein petit pas.

⁶ *Knots* - nœuds. Un nœud vaut 1,852 kilomètre par heure.

⁷ *Above aerodrome level* – au-dessus du niveau de l'aérodrome.

sur la fréquence de la tour et effectue les CAPS⁸ (sélecteur de réservoir sur « both » et admission sur « alternate air »).

Il met le cap sur la piste 05 revêtue et, estimant qu'ils ne pourront pas l'atteindre, cherche une zone d'atterrissage forcé. Le stagiaire fait de même de son côté. Le moteur reprend spontanément sa pleine puissance. La perte d'altitude due à l'incident est d'environ 500 ft. Le stagiaire observe et annonce un débit de carburant anormalement bas de 28 l/h. Le moniteur pose l'avion normalement sur la piste après avoir coupé l'admission « alternate air ». Les pompiers le rejoignent au parking, où il s'est arrêté à l'écart des autres avions.

L'équipage est indemne et l'avion est intègre.

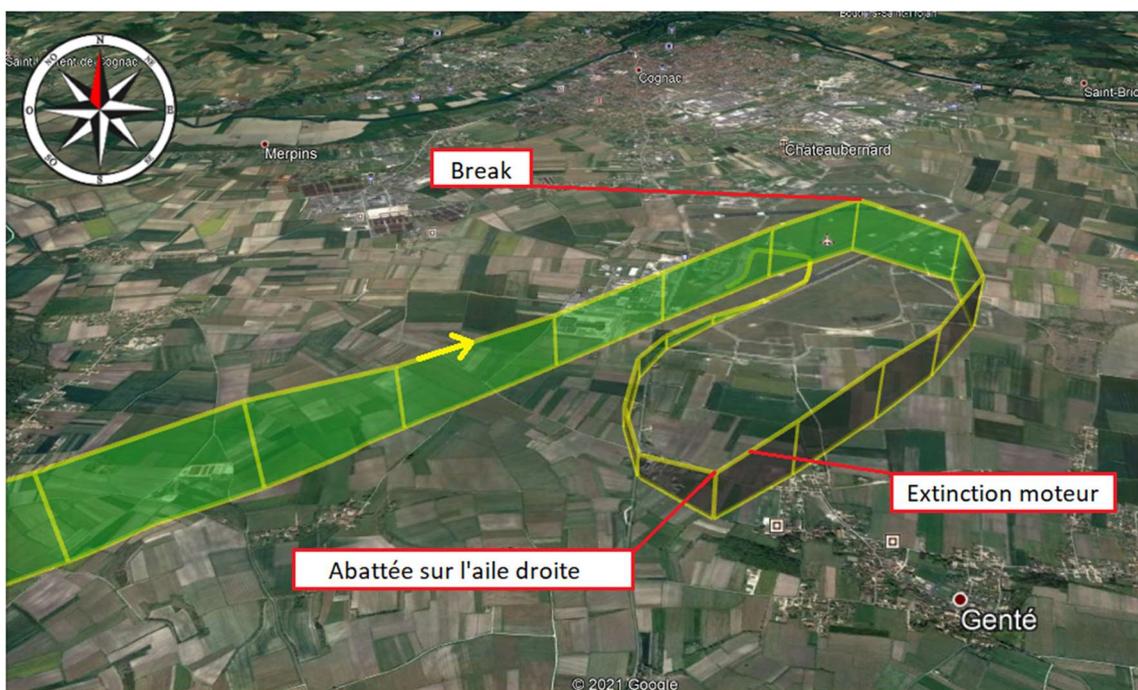


Figure 1 : trajectoire de l'avion de l'approche à l'atterrissage

1.1.3 Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Charente
- commune : Genté
- coordonnées géographiques : N 45°38'00"/O 000°19'29"
- hauteur du lieu de l'évènement : 1 000 ft

– Moment : jour

– Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Cognac Châteaubernard (LFBG)

1.2 Dommages corporels

Néant.

1.3 Dommages à l'aéronef

Néant.

1.4 Autres dommages

Néant.

⁸ Méthodologie générale de traitement d'une panne ou anomalie : Commandes, Alimentation, Protection, Secours.

1.5 Renseignements sur l'équipage

1.5.1 Moniteur commandant de bord

- Âge : 39 ans
- Unité d'affectation : EAC 00.315
- Fonction dans l'unité : moniteur
- Formations :
 - qualification : moniteur Grob 120. Titulaire d'une licence PPL⁹ dans le secteur civil et d'une qualification SEP(L)¹⁰.
 - école de spécialisation : école de l'aéronautique navale (Meridian, Mississippi, 2011)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120
Total (h)	2 600	166	136	124	10	10

- Date du précédent vol sur Grob 120 : le 13 avril 2021

1.5.2 Pilote stagiaire

- Âge : 25 ans
- Unité d'affectation : EAC 00.315
- Fonction dans l'unité : élève-pilote
- Formations :
 - qualification : titulaire d'une licence PPL dans le secteur civil et d'une qualification SEP(L).
 - école de spécialisation : EAC 00.315 (Cognac, 2021)
- Heures de vol comme pilote :

	Total			Dans le semestre écoulé			Dans les 30 derniers jours		
	sur tout type	dont Grob 120	dont simulateur Grob 120	sur tout type	dont Grob 120	dont simulateur Grob 120	sur tout type	dont Grob 120	dont simulateur Grob 120
Total (h)	226	14	6	28	14	6	21	14	6

- Date du précédent vol sur Grob 120 : le 13 avril 2021

1.6 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Airbus Flight Academy Europe (AFAE)
- Commandement d'appartenance : armée de l'Air et de l'Espace – DRHAAE
- Aérodrome de stationnement : LFBG
- Unité d'affectation : EAC 00.315
- Type d'aéronef : Grob 120

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis dernière	Heures de vol depuis dernière visite 50h
Cellule	Grob 120	85042	6 839	GV ¹¹ : 1 032	4
Moteur	Lycoming AEIO-540-D4D5	L-32082-48E	5 500	RG ¹² : 156	4
Hélice	Hartzell HC-C3YR-1RF/F7663R	DY7282B	737	-	4

⁹ Private pilot license – licence de pilote privé.

¹⁰ Single engine pistons (land) – Qualification de classe monomoteur à pistons terrestre.

¹¹ Grande visite, effectuée toutes les 3 000 heures de vol.

¹² Révision générale, effectuée toutes les 1 400 heures de fonctionnement ou 12 ans d'après le Service Instruction No. 1009 BE.

1.6.1 Maintenance

La documentation de maintenance est conforme à l'attendu. L'avion est navigable.

La révision générale du moteur a été effectuée par la société Mécanair à Ecuwillens (Suisse) du 11 décembre 2019 au 21 septembre 2020.

1.6.2 Performances

Les performances de l'aéronef dans les conditions du jour sont compatibles avec la mission effectuée.

1.6.3 Masse et centrage

La masse et le centrage sont dans les limites prévues par le constructeur.

1.6.4 Carburant

- Type de carburant utilisé : F-18 (AVGAS 100 LL)
- Quantité de carburant au décollage : 210 litres
- Quantité de carburant estimée au moment de l'évènement : 128 litres

1.6.5 Autres fluides

L'huile moteur est de type Total Aéro DM 15W50.

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Prévisions

Un message de prévisions TAF¹³ a été émis par la station météorologique de la BA 709 à 10h00. Il prévoit pour les 24 heures suivantes des conditions CAVOK¹⁴ et un vent du 050° pour 15 kt avec des rafales à 25 kt.

1.7.2 Observations

Les observations sont conformes aux prévisions. Le message d'observations automatique METAR¹⁵ émis par la station de la BA 709 à 10h00 indique un vent du 030° pour 11 kt, des conditions CAVOK, une température de 7 °C, un point de rosée de -1 °C, une pression au niveau de la mer de 1 026 hPa¹⁶, aucun changement significatif prévu dans les deux prochaines heures. En donnant la clairance de décollage à 9h55, la tour annonce à l'équipage un vent du 030° pour 13 kt.

Le METAR émis à 11h00 indique un vent du 040° pour 15 kt, des conditions CAVOK, une température de 10 °C, un point de rosée de -2 °C, une pression au niveau de la mer de 1 026 hPa. Ce bulletin prévoit que le vent se renforce à 15 kt du 050° avec des rafales à 25 kt. En donnant la clairance d'atterrissage à 11h05, le contrôleur de la tour annonce un vent du 030° pour 18 kt.

L'équipage rapporte avoir rencontré de la turbulence lors du vol.

1.8 Aides à la navigation

Le Grob 120 est équipé de deux EHSI¹⁷ avec fonctions VOR¹⁸/DME¹⁹ et GPS²⁰.

¹³ *Terminal aerodrome forecast* – prévision d'aérodrome. Prévision météorologique valide pour 6 à 30 heures pour un aérodrome donné.

¹⁴ *Ceiling and visibility OK* – plafond et visibilité OK : visibilité supérieure ou égale à 10 kilomètres, pas de nuages en dessous de l'altitude la plus élevée entre une hauteur de 5 000 ft au-dessus de l'aérodrome ou l'altitude minimale de secteur, pas de phénomène significatif, pas de cumulonimbus ou de cumulus bourgeonnant.

¹⁵ *Meteorological aerodrome report* – rapport météorologique d'aérodrome. Bulletin émis à intervalles réguliers par une station météorologique d'aérodrome indiquant ses observations.

¹⁶ Hectopascal.

¹⁷ *Electronic horizontal situation indicator* – indicateur électronique de situation horizontale.

¹⁸ *VHF omnidirectional range* – radiophare omnidirectionnel VHF.

¹⁹ *Distance measuring equipment* – dispositif de mesure de distance.

²⁰ *Global positioning system* – système mondial de positionnement.

1.9 Télécommunications

Le Grob 120 dispose de postes radio VHF et UHF²¹. Au moment de l'incident, l'équipage était en contact avec la tour sur la fréquence UHF dédiée.

1.10 Renseignements sur l'aéroport

La BA 709 est située à six kilomètres au sud de la ville de Cognac. Elle dispose de trois pistes :

- une piste revêtue de 2 422 mètres orientée 05/23 ;
- une piste revêtue de 1 814 mètres orientée 08/26 ;
- une piste non revêtue de 800 mètres orientée 05/23.

La BA 709 partage l'utilisation de ses pistes avec un aéroclub civil. Le contrôle est assuré par l'escadron des services de la circulation aérienne (ESCA) 1C.709.

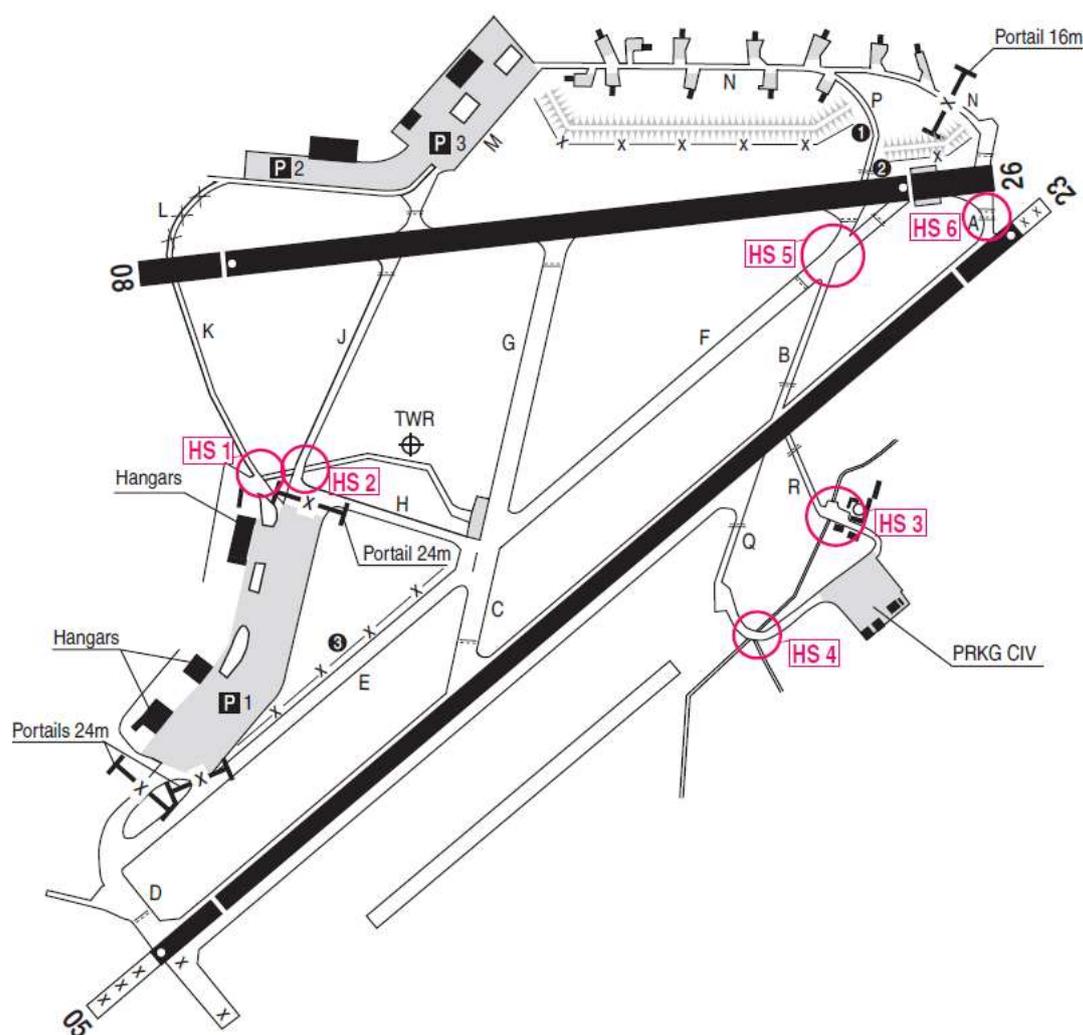


Figure 2 : extrait de la carte d'approche et d'atterrissage à vue de l'aérodrome de Cognac

1.11 Enregistreurs de bord

Les Grob 120 de l'armée de l'Air et de l'Espace sont équipés d'enregistreurs de bord de type APIBOX qui enregistrent les données de vol ainsi que les données vocales sur un support non durci (une carte SD). Ces données sont régulièrement exploitées par les pilotes à des fins de débriefing. Les données du vol de l'évènement ont pu être exploitées.

²¹ Very high frequency – très haute fréquence et ultra high frequency – ultra haute fréquence.

1.12 Constatations sur l'aéronef

L'appareil est intègre. L'inspection du compartiment moteur après la dépose du capot ne révèle ni trace de fuite, ni corps étranger, ni détérioration apparente. L'inspection des filtres à air et à carburant n'a pas révélé d'impureté, tout comme la purge des réservoirs. En revanche, l'inspection des bougies montre des résidus de combustion (dépôts de calamine et perlages).



Figure 3 : état du compartiment moteur



Figure 4 : état du filtre à air

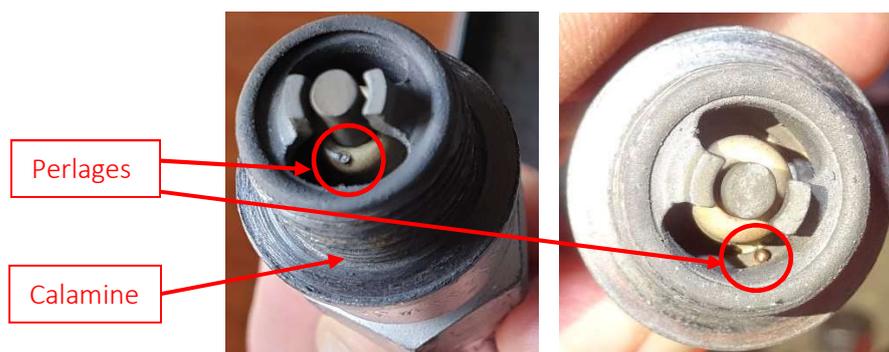


Figure 5 : présence de résidus de combustion sur deux bougies

1.13 Renseignements médicaux

1.13.1 Moniteur commandant de bord

- Dernier examen médical²² :
 - type : visite révisionnelle du personnel navigant (VRPN) (en référence à la visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 07 juillet 2020)
 - date : 27 janvier 2021
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

1.13.2 Pilote stagiaire

- Dernier examen médical²³ :
 - type : VRPN (en référence à la visite au CEMPN du 18 septembre 2020)
 - date : 17 mars 2021
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

1.14 Incendie

Néant.

1.15 Questions relatives à l'organisation des secours

Le contrôleur air-sol accuse réception du message de détresse du moniteur. Quinze secondes plus tard, le moniteur indique que le moteur est reparti et qu'il va pouvoir poser l'avion sur la piste. Le contrôleur ne déclenche pas le klaxon crash à la réception du message de détresse. Il appelle le chef des secours une minute plus tard et lui annonce que le Grob 120 a rencontré un problème moteur mais qu'il est trop tard pour déclencher le klaxon. Il raccroche le téléphone une fois l'avion posé, constatant que l'atterrissage est normal.

Une fois que l'avion a dégagé la piste, le contrôleur sol demande à l'équipage s'il a besoin des secours. Le moniteur répond qu'il préfère que les pompiers le suivent jusqu'au parking en raison d'un potentiel problème avec le carburant. Comme les pompiers n'ont pas été mis en alerte par le klaxon crash, ils ne sont pas prêts et le contrôleur sol propose à l'équipage de les attendre avant de rouler au parking. Le moniteur répond qu'il préfère rouler tout de suite. Les pompiers rejoignent finalement l'avion alors que celui-ci est arrivé au parking.

1.16 Essais et recherches

Une expertise du système d'injection est réalisée sous la supervision du BEA-É.

Les fluides prélevés sont analysés par DGA EP/DESA.

Les données de l'APIBOX sont exploitées par DGA EP/RESEDA.

Une analyse des facteurs organisationnels et humains a été réalisée par le BEA-É.

1.17 Renseignements sur les organismes

L'EAC 00.315 « Christian Martell » est stationnée sur la BA 709 de Cognac et assure la formation aéronautique initiale des élèves-pilotes de chasse de l'armée de l'Air et de l'Espace et d'une partie des élèves-pilotes de la Marine nationale. Le 12 septembre 2020, elle a fusionné avec l'EAC 00.314. Elle dispose d'avions Pilatus PC 21 et de Grob 120. La maintenance des Grob 120 est externalisée par l'armée de l'Air et de l'Espace à la société AFAE qui emploie des mécaniciens sur la BA 709.

²² Selon l'instruction n° 0-35460-2017/ARM/DPMM/PRH du 13 novembre 2017 relative aux normes médicales d'aptitude d'admission et révisionnelles aux emplois du personnel navigant de l'aéronautique navale.

²³ Selon l'instruction n° 4000/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA du 20 avril 2017 relative aux normes médicales d'aptitude applicable au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir pour les emplois de personnel navigant.

PAS DE TEXTE

2 ANALYSE

2.1 Expertises techniques

2.1.1 Analyse des fluides prélevés sur l'avion

Des prélèvements de carburant ont été effectués dans les nourrices droite et gauche et dans les réservoirs d'ailes droite et gauche. Un prélèvement d'huile moteur a été effectué au niveau de la purge et un bidon neuf a été récupéré pour comparaison.

L'analyse des prélèvements de carburant montre que celui-ci est du type attendu et correspond à une essence aviation F-18 (100LL). Aucune trace de pollution organique ou de dégradation n'a été mise en évidence.

L'analyse de l'huile a révélé des traces d'essence aviation de type F-18 et une teneur très élevée en plomb.

Les prélèvements de carburant ne comportent aucune anomalie, mais des traces d'essence et une teneur très élevée en plomb ont été retrouvées dans l'huile moteur. Ceci est un indice d'une carburation trop riche du moteur.

2.1.2 Expertise des bougies

Le moteur du Grob 120 possède 12 bougies (2 par cylindre). L'ensemble des bougies a été déposé et des tests d'allumage ont été réalisés au banc, sans nettoyage préalable des électrodes. Les 12 bougies produisent une étincelle normale.

En revanche, l'examen visuel des bougies montre des résidus de combustion : calamine sur l'ensemble des bougies et perlage sur 4 bougies. Ces résidus sont caractéristiques d'une carburation trop riche du moteur.

L'expertise des bougies révèle un fonctionnement normal de l'ensemble des bougies, mais montre des résidus caractéristiques d'une carburation trop riche du moteur.

2.1.3 Expertise du filtre à huile

Le filtre à huile et son joint externe sont en bon état extérieurement. Une découpe de l'enveloppe a été réalisée et a montré un bon état du joint interne et de son ressort. L'élément filtrant est en bon état, non déchiré et propre. Il ne contient pas de particules significatives.

L'expertise du filtre à huile n'a révélé aucune anomalie.

2.1.4 Exploitation de l'enregistreur de vol

2.1.4.1 Décrochage

Les données de vitesse, d'altitude et la position des volets et du train d'atterrissage ont été étudiées pour rechercher l'origine de la perte de contrôle.

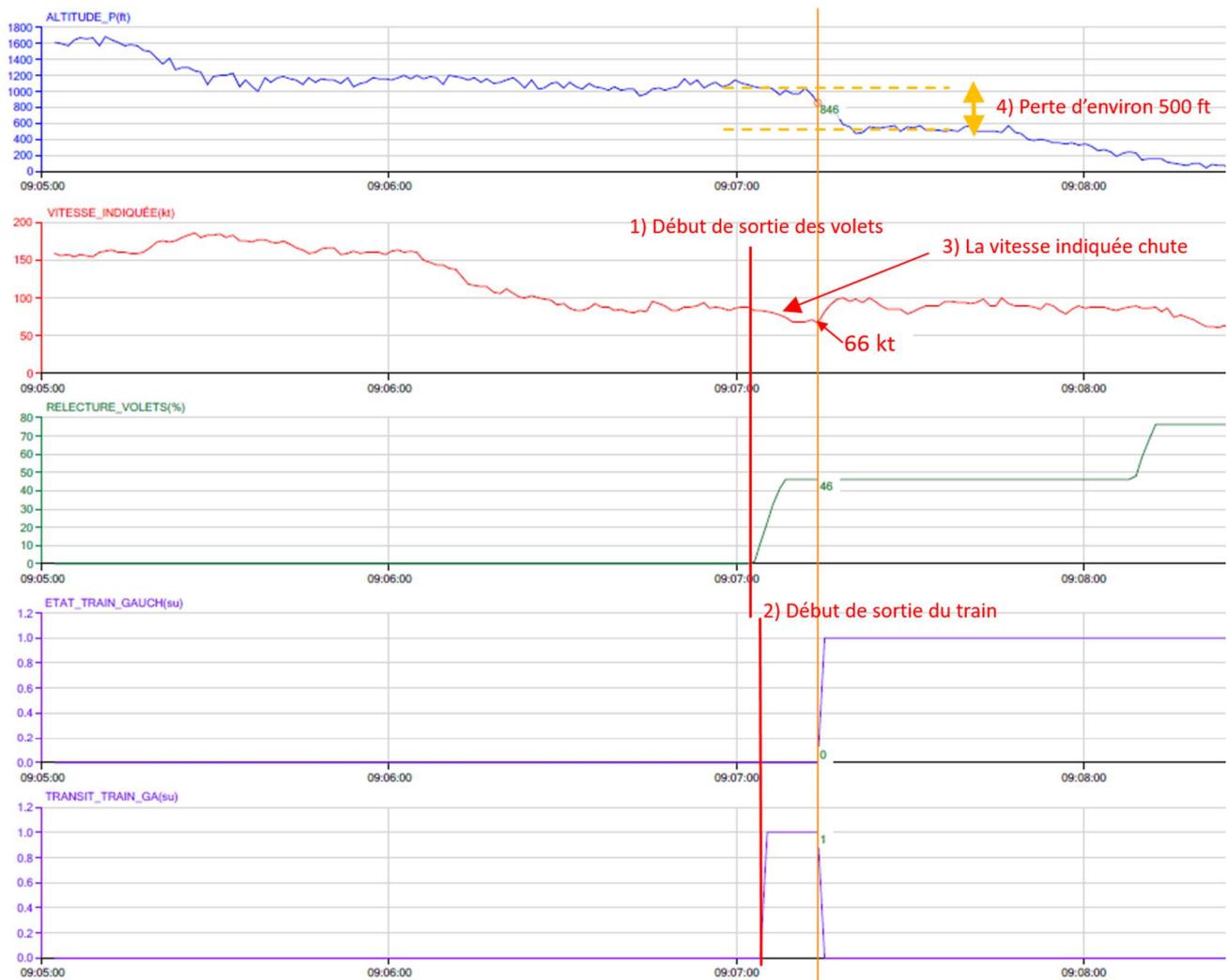


Figure 6 : évolution des paramètres au moment de l'incident

L'exploitation de l'APIBOX montre que la vitesse indiquée commence à chuter à partir du moment où le stagiaire commence à sortir le train d'atterrissage et les volets. Une vitesse indiquée de 66 kt est atteinte au moment où le train d'atterrissage est complètement sorti. À cet instant, une perte d'altitude d'environ 500 ft est observée, avec un point bas à environ 450 ft (calage altimétrique au QFE²⁴). Elle correspond à la perte de contrôle décrite par l'équipage. De plus, l'écoute de l'enregistrement audio montre que l'avertisseur de décrochage sonne au moment de cette perte de contrôle.

Pourtant, dans cette configuration²⁵, la vitesse de décrochage calculée de l'avion est d'environ 62 kt. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer un décrochage de l'avion malgré la vitesse supérieure enregistrée par l'APIBOX :

- la précision et la calibration imparfaite du circuit anémométrique de l'APIBOX ;
- la turbulence de l'aérodrome décrite par l'équipage, qui pourrait entraîner un décrochage par atteinte de l'angle d'incidence critique quelques nœuds au-dessus de la vitesse de décrochage attendue²⁶ ;
- un vol dissymétrique causé par la turbulence et le pilotage du stagiaire, qui pourrait entraîner le décrochage de l'aile droite (départ en vrille). En effet, une forte abattée du côté droit est décrite par l'équipage et l'indicateur de décrochage (palette aérodynamique) est situé sur cette aile.

²⁴ C'est-à-dire par rapport à la pression au niveau de l'aérodrome. L'altimètre indique alors une hauteur par rapport à l'aérodrome.
²⁵ Volets en position TAKEOFF, 128 litres de carburant restants, ailes horizontales (cf extrait du manuel de vol du Grob 120A en Annexe 1).
²⁶ Un avion décroche toujours à un même angle d'incidence donné, appelé angle d'incidence critique. La vitesse de décrochage peut quant à elle varier en fonction de la masse de l'avion, du facteur de charge, de l'altitude, de la configuration (volets, train d'atterrissage).

L'exploitation de l'APIBOX confirme que l'avion a perdu environ 500 ft lors de l'incident et que l'alarme de décrochage a sonné. Un décrochage est la cause de cette perte de contrôle.

2.1.4.2 Richesse du mélange et extinctions du moteur

Pour comprendre la panne moteur, les paramètres suivants, enregistrés par l'APIBOX, ont été analysés :

- débit carburant ;
- pression d'admission ;
- état de la pompe à carburant ;
- régime moteur.

Le Grob 120 est équipé d'un moteur à pistons avec une hélice à pas variable. Sur ce type de groupe motopropulseur, la puissance délivrée par le moteur est mesurée par la pression d'admission. Sur des avions plus basiques avec une hélice à pas fixe, la puissance est corrélée au régime moteur. En effet, sur les avions à hélice à pas variable comme le Grob 120, le régime moteur est constant pour une position de la manette d'hélice donnée. Lorsque le pilote augmente la puissance avec la manette de gaz, la pression d'admission, mesurée au niveau du papillon des gaz²⁷, augmente car ce dernier s'ouvre.²⁸

La mise en marche de la pompe à carburant électrique est exigée par le manuel de vol pour la phase d'atterrissage et pour toutes les phases critiques du vol afin de garantir l'alimentation du moteur en cas de défaillance de la pompe mécanique. Lorsque le pilote l'active, cela a pour effet une légère augmentation de la pression carburant et par conséquent de la richesse du mélange, que l'on constate sur la courbe du débit carburant. Plus le régime du moteur est bas, plus cette augmentation de richesse est significative. Elle l'est donc d'autant plus au ralenti.

En cas d'extinction du moteur en vol, la pression d'admission remonte vers la pression atmosphérique car l'air n'est plus aspiré et ne circule plus à travers le papillon. Le régime moteur diminue jusqu'à ce que l'hélice soit entraînée par le vent relatif. Ces caractéristiques sont recherchées sur les courbes suivantes, au moment de l'évènement et au moment de l'exercice sur piste à Angoulême.

²⁷ Dispositif permettant de faire varier la section de l'admission et donc le débit d'air admis dans le moteur.

²⁸ En mécanique des fluides, la pression statique d'un écoulement d'air à travers une veine augmente lorsque la section de celle-ci augmente, et inversement.

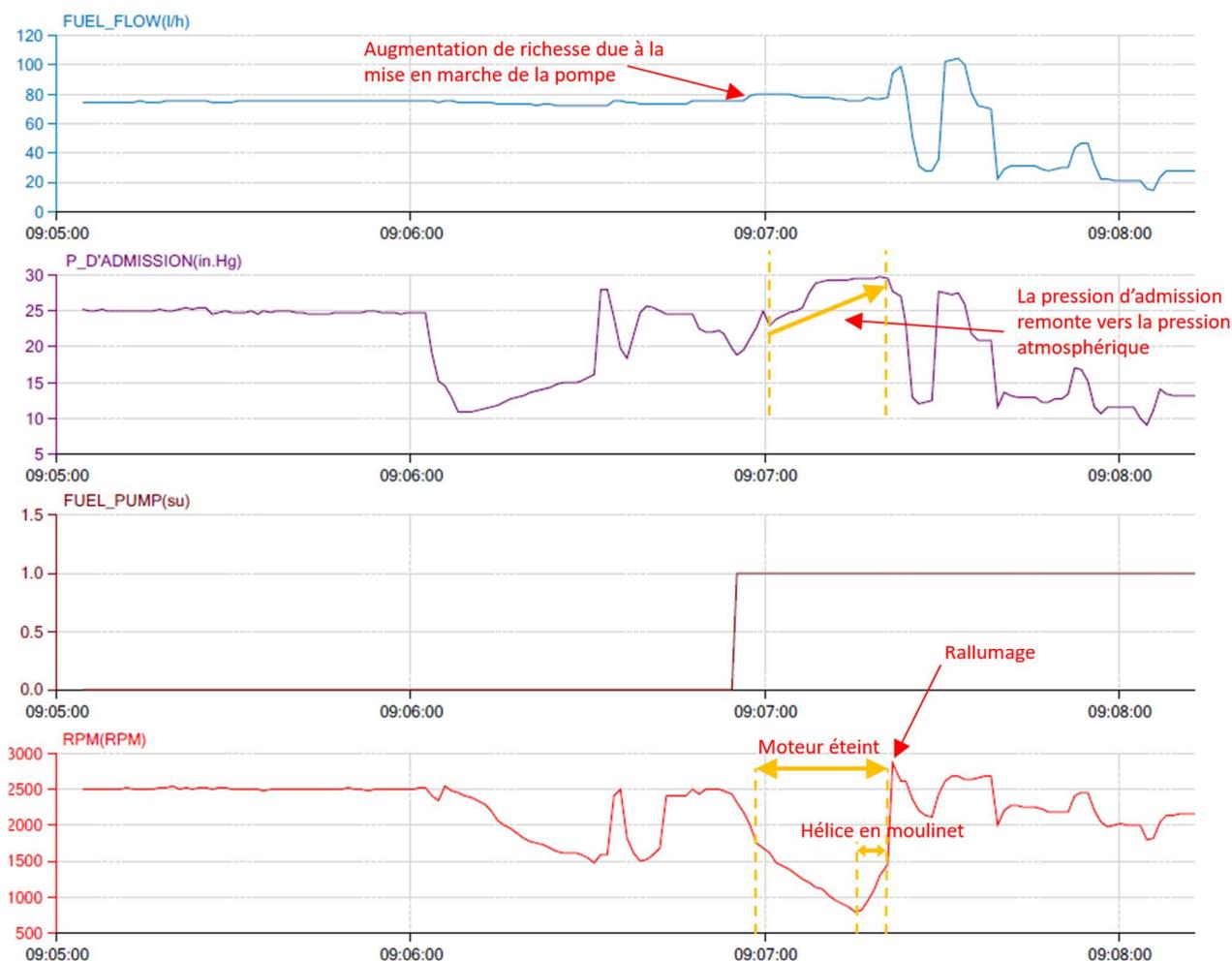


Figure 7 : évolution des paramètres moteur au moment de l'incident

L'extinction du moteur juste avant la perte de contrôle de l'avion est confirmée, car le régime moteur diminue fortement vers 800 tr/min pendant que la pression d'admission remonte vers la pression atmosphérique (de 1 026 hPa le jour de l'évènement, soit environ 30 inHg²⁹).

²⁹ Inches of mercury – pouces de mercure.

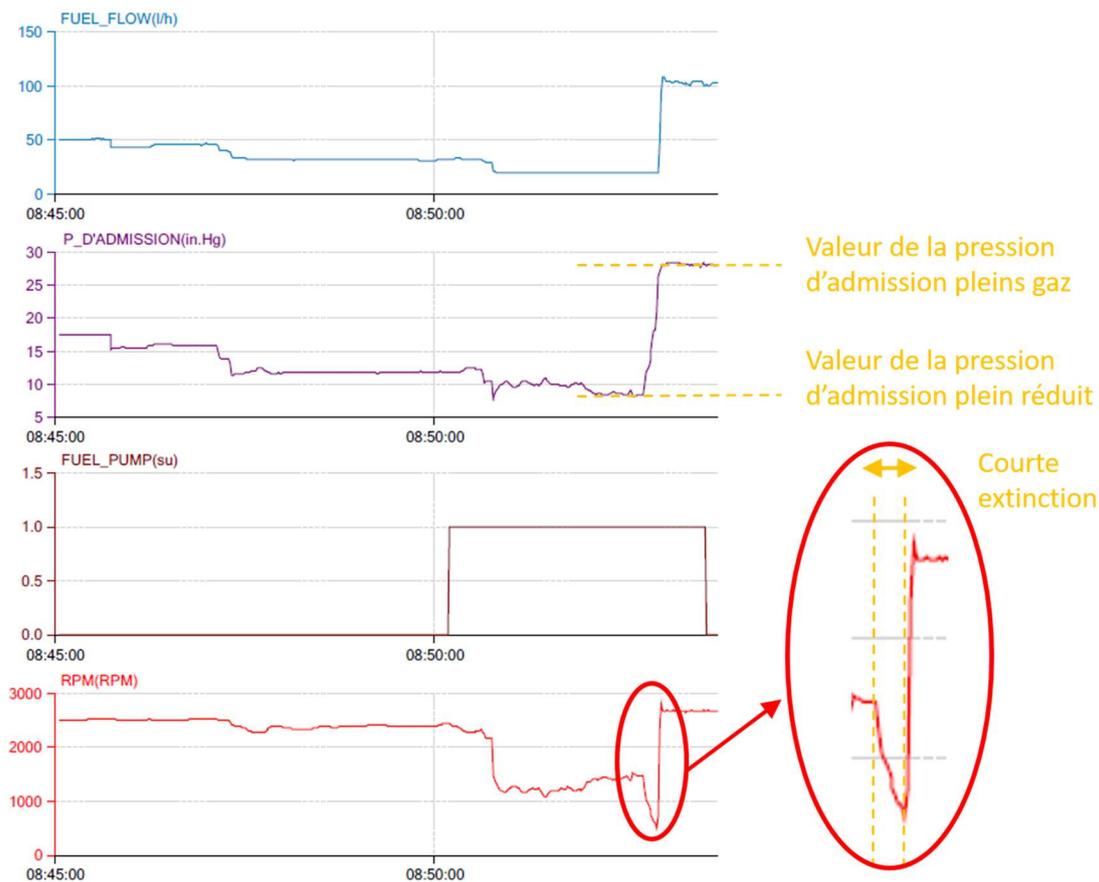


Figure 8 : évolution des paramètres moteur au moment de l'exercice à Angoulême

Une très courte extinction est également constatée pendant l'exercice sur piste à Angoulême, au moment où l'avion roule sur la piste avec la manette de gaz au ralenti. On observe une forte diminution du régime moteur, qui atteint une valeur inférieure à 500 tr/min pendant un bref instant. La pression d'admission commence alors à remonter vers la pression atmosphérique mais sans avoir le temps de l'atteindre. Lorsque le stagiaire remet pleins gaz pour redécoller, ceci provoque le rallumage du moteur et la poursuite de la remontée de la pression d'admission vers la valeur correspondant à une position pleins gaz du papillon.

De plus, en observant le débit de carburant pendant le transit retour vers Cognac, les difficultés du stagiaire pour obtenir une richesse correcte sont confirmées. Les données de l'APIBOX montrent que le débit de carburant est trop haut et instable et qu'il remonte lentement après chaque ajustement du stagiaire. Or, à régime constant, le débit de carburant est proportionnel à la richesse, grandeur sans unité qui ne peut pas être mesurée directement. Le débit de carburant, mesuré en litres par heure, est enregistré sur l'APIBOX et peut ainsi être utilisé pour observer les variations de richesse lors des phases à régime constant comme la croisière.

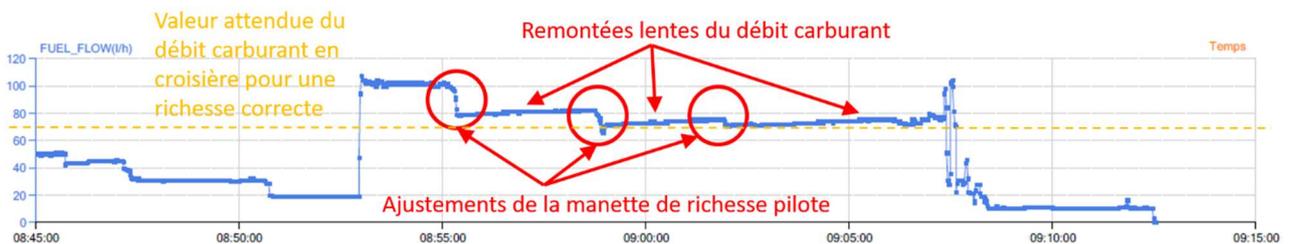


Figure 9 : débit carburant pendant le transit retour vers Cognac

L'exploitation de l'APIBOX confirme une richesse trop élevée pendant le transit retour vers Cognac, que le stagiaire a tenté d'ajuster trois fois. Le moteur s'est éteint une première fois brièvement au moment du roulage sur la piste d'Angoulême, puis une seconde au moment de l'évènement lors de l'approche à Cognac.

2.1.5 Expertise du système d'injection

2.1.5.1 Vérification de la calibration

Le système d'injection (SI) est l'équipement qui régule la quantité de carburant fournie au moteur par les injecteurs en fonction de la situation. Il remplace le carburateur employé sur les moteurs d'ancienne génération, avec pour avantages une plus faible sensibilité au givrage, une consommation plus faible, un contrôle plus précis du mélange, une meilleure distribution du carburant et une réponse à l'accélération plus rapide.

Le fonctionnement d'un SI est purement mécanique et le dosage du carburant est assuré par un ensemble membrane/ressort. Grâce à cette membrane, le SI mesure la consommation d'air du moteur et l'utilise pour contrôler le débit de carburant par un clapet à billes.

Sur le Grob 120, le SI est de type RSA5AD1. Il est produit par l'équipementier américain Precision Airmotive (schéma de principe en Annexe 2). Le SI de l'avion impliqué dans l'évènement a été déposé pour expertise en raison du grand nombre d'indices convergents vers une extinction du moteur causée par un mélange air/carburant trop riche au ralenti.

En Europe de l'Ouest, seulement deux ateliers sont agréés pour assurer la maintenance des SI de ce type. La maintenance des SI de la flotte des Grob 120 d'AFAE est assurée par la société Mécanair³⁰ à Ecuwillens en Suisse. Mécanair a effectué la révision du SI incriminé entre le 11 décembre 2019 et le 21 septembre 2020.

L'expertise du SI s'est déroulée sous la supervision du BEA-É et en deux temps :

- un passage au banc de calibration pour vérifier le réglage du SI ;
- un essai de fonctionnement au banc moteur puis un démontage pour inspection.

L'examen extérieur du SI préalable aux essais a révélé que :

- la molette externe de réglage de la richesse est en butée côté pauvre ;
- la longueur de la biellette sur laquelle se trouve cette molette a été mesurée à 68 mm (molette en l'état) et à 70 mm (molette centrée), pour une valeur nominale de 63,5 mm ;
- au ralenti, le papillon des gaz s'ouvre de 0,60 mm pour une valeur nominale de 0,15 mm.



Figure 10 : position de la molette de réglage externe de la richesse telle que retrouvée sur l'avion

Le passage au banc de calibration comprend quatre points de mesure réalisés en différents points du domaine de fonctionnement du SI³¹. Ces tests ont été réalisés avec la molette externe centrée conformément à la carte de travail. Sur ces quatre points de mesure, trois se sont révélés corrects. En revanche, le débit de carburant

³⁰ Agrément EASA n°CH.145.0246 délivré par l'office fédéral de l'aviation civile (OFAC) suisse.

³¹ Mesures réalisées selon la carte de contrôle de sortie de révision et les tolérances de la fiche de calibration de la documentation du fabricant (15-381H Change 1 du 25 juillet 2019).

au ralenti³², manette de richesse pilote sur plein riche, papillon en position pleins gaz, est hors tolérances. Le débit mesuré est de 13,39 kg/h, alors que la plage autorisée par Precision Airmotive va de 9,97 kg/h à 12,7 kg/h³³.



Figure 11 : SI du Grob 120 de l'évènement au banc de calibration

Les essais au banc moteur ont été réalisés avec un moteur Lycoming IO540C4D5D à six cylindres, sur lequel le montage du SI de l'évènement est approuvé. Ce moteur est en effet très similaire à celui du Grob 120. La seule différence réside dans le préfixe « AE » pour *aerobatics* (voltige) de la version avionnée sur Grob 120, qui désigne une conception spécifique pour cet usage. Les essais réalisés comprennent notamment le test de l'étouffoir permettant de vérifier le réglage de la richesse au ralenti : à ce régime, moteur chaud, le moteur doit gagner entre 10 et 50 tr/min avant de s'éteindre lorsqu'on place la manette de richesse pilote sur la position étouffoir. Un gain supérieur indique une richesse trop élevée, un gain inférieur ou nul indique un mélange trop pauvre. La valeur relevée au banc moteur avec le SI de l'évènement indique une augmentation de 150 tr/min, traduisant une richesse au ralenti beaucoup trop élevée. De plus, le fonctionnement du moteur au banc avec le SI montre un ralenti instable, avec des extinctions similaires à celles constatées pendant le vol de l'évènement.



Figure 12 : SI du Grob 120 de l'évènement au banc moteur

³² Pression d'impact de 0.

³³ L'expert utilise une fiche de calibration avec des mesures en unités du système international (kg/h). Mécanair utilise la fiche de calibration extraite du manuel de maintenance de Precision Airmotive, dont les unités sont en système anglo-saxon (livres/h). Ainsi, la mesure réalisée représente 29,52 livres/h, et la plage autorisée va de 22,0 à 28,0 livres/h.

Les expertises du SI, sorti de révision chez Mécanair le 21 septembre 2020, ont montré une richesse trop élevée au ralenti et des extinctions à ce régime.

2.1.5.2 Écarts de navigabilité non contributifs à l'évènement

L'expertise du SI s'est poursuivie avec son démontage pour inspection intérieure et avec l'examen de la documentation.

2.1.5.2.1 Absence de frein filet sur des assemblages vis/écrou

Le démontage a révélé que les pièces internes sont propres et en bon état et le serrage des écrous est conforme. Cependant, l'absence de Loctite³⁴ a été constatée sur les écrous repères 30 et 50 (voir Annexe 3), alors que son application comme frein filet est exigée par le *Component maintenance manual* de Precision Airmotive.



Figure 13 : absence de Loctite sur les écrous repères 30 et 50

L'expertise a montré l'absence de frein filet sur deux assemblages vis/écrou du SI, alors que son application est exigée par le manuel. Cet écart n'a pas contribué à l'évènement.

2.1.5.2.2 Mention non conforme de l'application d'un Service Bulletin

L'examen du rapport de travail concernant la RG du moteur du Grob 120 effectuée entre le 11 décembre 2019 et le 21 septembre 2020 montre que Mécanair indique avoir appliqué le *Service Bulletin* (SB)³⁵ PRS-99 de Precision Airmotive, interdisant l'usage de pièces de rechange autres que celles de ce constructeur. Or, ce SB ne peut pas avoir été appliqué car des pièces AVStar ont été utilisées par Mécanair pendant la révision du SI.

Servo Fuel P/N 2576608-1 S/N 70BD6105

Travaux effectués :

Révision effectuée selon OHM : 15-381H Chg.1 Date: 7/25/2019.

Démontage complet du servo fuel. Nettoyage des pièces. Nettoyage et traitement des carters. Inspection

NDT selon instructions MIL-STD-6866 et MIL-STD-1949. Remplacement des pièces défectueuses.

Remplacement des pièces selon manuel. Effectué/vérifié SB : SIL RS-70/ SIL RS-87 Rev. 1/ PRS-99/ PRS-

107 Rev. 4. Rectification des valves gaz et mixture. Cadmiage des pièces métalliques. Remontage du servo

fuel. Test et réglage au banc d'essai selon la feuille de calibration n° 11263-01. Refaire les assurances.

Fournitures :

1	Bushing	2540108
1	Seal	328617
1	Spacer	<u>AV2525318</u>
1	Valve Mixture Control	2541265
2	Bearing	367725
1	Bushing mixture control	<u>AV2540576</u>
1	Kit	<u>AVK-5AD1</u>

Figure 14 : travaux effectués par Mécanair sur le SI lors de sa révision, listant le SB PRS-99

³⁴ La Loctite grade 640 est une colle spécifique destinée à être appliquée sur des matériaux métalliques. Résistante aux fortes températures, elle est employée comme frein filet sur les assemblages vis/écrou pour les immobiliser dans le temps.

³⁵ Bulletin de service. Document émis par les constructeurs d'aéronefs, de moteurs ou d'autres équipements aéronautiques à la suite d'une anomalie constatée sur leurs produits et demandant une inspection, modification, amélioration ou réparation.

Cependant, les pièces de rechange fabriquées par AVStar pour les SI RSA5AD1 de Precision Airmotive sont approuvées par la *Federal Aviation Administration* (FAA)³⁶ dans le cadre du mécanisme *Parts manufacturer approval*³⁷ (PMA). Ce procédé permet d'approuver des pièces détachées de fabricants tiers qui ne sont pas titulaires d'un certificat de type pour un aéronef entier, un moteur ou une hélice, dès lors que la conformité de la conception et de la production des pièces a été démontrée à la FAA.

L'*European Aviation Safety Agency*³⁸ (EASA) reconnaissait automatiquement les pièces approuvées FAA PMA non critiques³⁹ par la décision ED 2007/003/C. Cette décision européenne a été remplacée le 1^{er} mai 2011 par un accord bilatéral entre l'Union Européenne (UE) et les États-Unis basé sur le principe de la réciprocité et conservant la reconnaissance automatique des pièces FAA PMA non critiques. Comme la Suisse n'est pas membre de l'UE, et bien qu'elle soit membre de l'EASA, l'accord bilatéral signé par l'UE ne s'y applique pas. Cependant, l'office fédéral de l'aviation civile (OFAC) suisse a signé directement un accord bilatéral équivalent avec la FAA reconnaissant les pièces FAA PMA dans les mêmes conditions que l'EASA.

Certaines pièces de rechange conçues et produites sans les spécifications, procédés et tolérances appliqués par le fabricant des pièces d'origine peuvent être approuvées FAA PMA si leur conformité a été démontrée par calcul et lors de tests. Cependant, le fabricant de l'équipement qui va recevoir les pièces tierces n'est pas consulté sur la conformité de leur conception. Les kits de pièces de rechange pour SI RSA5AD1 produits par AVStar ont été approuvés FAA PMA par cette méthode et sont non critiques. Leur utilisation pour la révision des SI par un atelier agréé par l'EASA est donc autorisée et présente un avantage pour Mécanair car ces pièces sont moins chères que les pièces d'origine de Precision Airmotive.

Cependant, Precision Airmotive a publié un SB⁴⁰ indiquant qu'il n'approuve pas l'utilisation de pièces détachées FAA PMA autres que celles qu'il fournit et annule dans ce cas la garantie du SI. Les pièces AVStar sont donc concernées. Or, un SB n'a qu'une valeur consultative pour l'opérateur ou le propriétaire, et ne devient obligatoire que s'il est suivi d'une consigne de navigabilité (CN), émise par l'autorité de l'aviation civile du pays concerné lorsque celle-ci considère que la modification demandée affecte la sécurité des vols. Ce n'est pas le cas pour ce SB, dont l'application est donc facultative pour Mécanair d'un point de vue réglementaire.

AVStar a publié⁴¹ à son tour un SB rappelant le caractère facultatif du SB de Precision Airmotive en l'absence de CN et accusant l'équipementier de chercher à discréditer les fabricants de pièces FAA PMA pour des raisons commerciales. Consulté par le BEA-É, Precision Airmotive invoque pour motiver son SB des raisons de qualité et de processus de certification insuffisants des pièces FAA PMA. L'équipementier cite également à titre d'exemple des CN⁴² émises par la FAA après l'accident d'un Piper PA32 dont le moteur s'est arrêté suite à la rupture de la membrane AVStar montée sur son SI. Ces CN concernent un autre type de SI et la membrane du SI du Grob 120 a été trouvée, elle, en parfait état. Les experts considèrent donc que l'utilisation de pièces AVStar par Mécanair pour la révision du SI incriminé n'a pas contribué à l'évènement.

L'analyse de la documentation a montré la mention de l'application par Mécanair d'un SB du fabricant du SI imposant l'utilisation de ses propres pièces de rechange, alors que des pièces d'un autre fabricant ont été employées. Cet écart n'a pas contribué à l'évènement et les pièces employées sont approuvées.

2.1.5.2.3 Utilisation d'une fiche de calibration expirée

À la demande du BEA-É, Mécanair a fourni la fiche de calibration comportant les valeurs relevées lors du contrôle de sortie de révision. Ce document indique que la carte de travail employée est la 15-381G Révision 1 du 31 août 1990. Or, la carte de travail 15-381H est entrée en vigueur le 20 décembre 2018 puis a été modifiée

³⁶ Autorité de l'aviation civile américaine. Elle dépend du département des transports.

³⁷ Agrément de fabricant de pièces détachées.

³⁸ Agence européenne de la sécurité aérienne.

³⁹ C'est-à-dire lorsque la mention « non critique » est portée dans le bloc de remarques du certificat FAA 8130-3.

⁴⁰ SB numéro PRS-99 Rev1 du 1^{er} février 2010.

⁴¹ AFS-SB5 du 19 mars 2010.

⁴² FAA AD 2011-15-10 et FAA AD 2012-03-06.

le 25 juillet 2019 (Change 1). La calibration du SI en sortie de révision par Mécanair étant datée du 25 mai 2020, la fiche de relevés était donc expirée depuis près d'un an et demi. Cependant, les plages de débit à employer pour la calibration n'ont pas changé par rapport à la carte 15-381G de 1990 et cet écart n'a donc pas contribué à l'évènement. De plus, cette fiche est un document de travail interne et cette constatation ne constitue donc pas un écart réglementaire.

L'analyse de la documentation a montré l'utilisation par Mécanair d'une fiche expirée pour relever les valeurs de calibration du SI en sortie de révision. Cet écart n'a pas contribué à l'évènement et n'a pas d'impact réglementaire.

2.1.5.2.4 Écarts constatés lors d'un évènement précédent

En outre et pour rappel, le BEA-É a mené une enquête présentant des similitudes avec cet évènement concernant l'extinction moteur d'un Cap 10 de la Marine nationale en courte finale à Lanvéoc (M-2021-06-I). L'expertise du *servo fuel injector*⁴³ (SFI), équipement proche du SI du Grob 120, a permis de conclure qu'un mélange trop riche avait provoqué l'extinction du moteur. Les Cap 10 de la Marine nationale sont également maintenus par AFAE et leurs SFI par Mécanair. Bien que d'autres facteurs aient été identifiés, l'expertise avait permis de mettre en évidence des écarts dans la maintenance du SFI : serrage des écrous internes non conforme induisant un débit de carburant trop élevé au ralenti, emploi de pièces AVStar malgré le SB PRS-99 listé comme appliqué.

Des écarts du même type que ceux relevés pendant l'expertise du SI du Grob 120 ont été précédemment constatés chez Mécanair à l'occasion d'un autre évènement.

2.2 Séquence de l'évènement

La séquence conduisant à l'extinction en vol du moteur du Grob 120 F-GUKH et à son décrochage est établie comme suit :

- entre le 11 décembre 2019 et le 21 septembre 2020, Mécanair effectue la RG du moteur de l'aéronef, comprenant la révision du SI ;
- entre la fin de la RG du moteur chez Mécanair et le jour de l'évènement, AFAE constate une richesse trop importante au ralenti et place la molette de réglage externe de celui-ci en butée pauvre. Le fonctionnement du moteur est alors jugé satisfaisant et l'avion est rendu disponible ;
- le jour de l'évènement, pendant les essais moteur avant le vol, l'équipage constate un ralenti trop haut. En tirant simultanément sur les deux manettes de gaz, l'équipage parvient à obtenir une valeur de ralenti dans les normes et décide d'effectuer le vol ;
- pendant un exercice d'atterrissage forcé sur piste à Angoulême, alors que l'avion roule sur la piste, le moteur s'éteint brièvement puis repart lorsque le stagiaire met pleins gaz. Le moniteur ressent un régime anormalement bas mais n'a pas le temps de confirmer son observation avant que le moteur ne reparte ;
- pendant le transit retour vers Cognac, le débit de carburant est élevé et le stagiaire éprouve des difficultés pour obtenir un réglage correct en ajustant la manette de richesse, car le mélange s'enrichit lentement après chaque ajustement. Le moniteur remarque une position anormalement tirée de la manette de richesse ;
- immédiatement après la sortie des volets et du train d'atterrissage en vent arrière, le moteur s'éteint, la vitesse diminue et l'avion décroche sur l'aile droite ;
- le moniteur reprend les commandes et rétablit l'avion. Le moteur se rallume spontanément ce qui permet au moniteur de poser l'avion normalement sur la piste de Cognac.

⁴³ Régulateur de carburant.

2.3 Recherche des causes de l'évènement

Les causes de l'évènement sont recherchées dans les domaines technique et des facteurs organisationnels et humains. Les actions de maintenance, celles effectuées pendant le vol et la gestion des secours sont étudiées.

2.3.1 Maintenance

2.3.1.1 Réglage de la richesse par la société AFAE

Avec un réglage correct de la richesse du mélange air/carburant au ralenti, le moteur doit gagner entre 10 et 50 tr/min maximum avant de s'éteindre lorsque la manette de richesse pilote est placée sur étouffoir. Si le gain de régime avant extinction est supérieur, le mélange est trop riche, il faut l'appauvrir et inversement. Pour cela, les mécaniciens d'AFAE utilisent une molette de réglage externe située sur le SI pour appauvrir ou enrichir le mélange en fonction du comportement constaté. Ce réglage permet de corriger les petites variations de richesse dues à la variabilité des conditions atmosphériques (pression, température), mais ne permet pas de corriger les gros écarts en raison de la course limitée de la molette. Lorsque le réglage par la molette externe du SI ne permet pas d'obtenir une richesse correcte, celui-ci doit être envoyé en révision à la société Mécanair, sous-traitant d'AFAE agréé pour la maintenance de ces équipements.

Les SI sont réputés être très sensibles aux variations de température, qui imposent de devoir faire régulièrement un réglage de la richesse, parfois entre deux vols en milieu de journée. La température en atelier lors du réglage du SI en sortie de révision est de l'ordre de 20 °C. La température extérieure le matin de l'évènement est de 7 à 10 °C. Un tel écart de température est suffisant pour amplifier un réglage interne incorrect du SI.

Pour contrôler les réglages du moteur et notamment celui de la richesse, les mécaniciens d'AFAE réalisent un point fixe, après chaque sortie de visite ou lorsque les pilotes signalent un dysfonctionnement moteur. Les valeurs relevées sont alors consignées sur une fiche de point fixe.

L'incident s'est produit 4 heures de fonctionnement après la dernière visite 50 heures, effectuée le 7 avril 2021 par AFAE. Lors de cette visite, seul un examen extérieur du SI (recherche de fuite) doit être effectué. Il n'a pas été possible de déterminer si un réglage du SI a été réalisé après le point fixe effectué en sortie de cette visite 50 heures car cette opération n'est pas tracée. Cependant, ce réglage est fréquent en sortie de visite 50 heures et il apparaît peu probable qu'un autre réglage ait été effectué en 4 heures de fonctionnement. Or, après l'évènement, la molette du SI a été trouvée en butée pauvre. Il est donc probable que la molette ait été réglée ainsi en sortie de la visite 50 heures du 7 avril 2021 et l'avion ensuite rendu disponible pour l'EAC.

Cependant, ce réglage en butée de la molette du SI ne permet pas de disposer d'une marge de réglage suffisante pour s'adapter aux changements des conditions atmosphériques. La richesse correcte devrait pouvoir être obtenue sans atteindre les butées de réglage.

La molette de richesse externe du SI a été réglée en butée pauvre par les mécaniciens d'AFAE.

2.3.1.2 Effets de la contractualisation de la maintenance

La contractualisation de la maintenance génère une relation client/fournisseur qui peut engendrer une pression de performance pour le fournisseur, ici AFAE, afin d'assurer une forte disponibilité des aéronefs au client, ici l'EAC. L'indisponibilité non prévue d'un aéronef peut alors être perçue comme une contre-performance qu'il est souhaitable d'éviter le plus possible. Cette pression peut être induite par l'organisation mais également par les mécaniciens eux-mêmes, soucieux du résultat.

La molette de richesse du SI a été réglée en butée pauvre par les mécaniciens d'AFAE, probablement en sortie de visite 50 heures. Un mécanicien d'AFAE indique que le réglage en butée de cette molette arrive rarement sur la flotte des Grob 120. Lors du point fixe effectué en sortie de visite, les mécaniciens ont consigné sur la fiche de relevés les valeurs de 700 tr/min pour le ralenti et un gain de 50 tr/min pour le test de l'étouffoir, soit le maximum autorisé pour les deux mesures. Ils ont ensuite rendu l'avion disponible pour l'EAC. Ni les valeurs relevées lors du point fixe ni le réglage en butée pauvre de la molette ne constituent des écarts réglementaires, mais ce sont des indices d'un réglage interne incorrect du SI.

La contractualisation de la maintenance peut avoir généré une pression de performance sur les mécaniciens ayant effectué le point fixe, pouvant les inciter à ne pas rechercher l'origine des deux relevés au maximum des tolérances et du réglage de la molette en butée, afin de ne pas rendre l'avion indisponible.

2.3.1.3 Maintenance du système d'injection

La société suisse Mécanair est un sous-traitant d'AFAE, chargée notamment de la RG des moteurs des Grob 120 mis à disposition de l'EAC. Les SI sont révisés chez Mécanair en même temps que les moteurs ou lorsqu'ils sont renvoyés par AFAE suite à la détection d'une panne (notamment une impossibilité de réglage par AFAE).

La dernière révision du SI de l'avion impliqué dans l'évènement a été réalisée chez Mécanair lors de la RG du moteur effectuée entre le 11 décembre 2019 et le 21 septembre 2020. Lors de cette opération, le SI a été entièrement démonté et nettoyé. Certaines pièces ont été changées. Il a ensuite été remonté, réglé et testé au banc. La fiche de calibration remplie par le technicien indique un débit de carburant au ralenti de 10,4 kg/h⁴⁴, dans les normes puisque compris entre 9,97 et 12,7 kg/h⁴⁵. Le moteur avec son SI révisé a ensuite fonctionné 156 heures jusqu'à l'évènement.

L'expertise menée après l'incident a révélé plusieurs anomalies sur ce SI :

- débit de carburant au ralenti relevé au banc de calibration à 13,39 kg/h pour 12,7 kg/h maximum ;
- pas de Loctite sur les écrous ;
- mention de l'application du SB PRS-99-Rev1 alors que des pièces de rechange AVStar ont été utilisées.

D'autres constatations sont caractéristiques d'un fonctionnement du moteur avec un mélange trop riche :

- aspect des bougies (perlage et dépôts) ;
- présence d'essence dans l'huile moteur ;
- ralenti trop haut lors des essais moteur avant le vol ;
- débit carburant élevé enregistré par l'APIBOX ;
- longueur de la bielle de richesse externe du SI mesurée à 70 mm pour une longueur nominale de 63,5 mm molette centrée ;
- ouverture du papillon des gaz au ralenti de 0,60 mm pour une ouverture nominale de 0,15 mm.

Ces constatations associées à l'expertise du SI permettent de conclure que l'extinction du moteur est due à un mélange trop riche au ralenti en raison d'un réglage incorrect du SI.

L'expertise a révélé plusieurs points non conformes sur le SI de l'avion impliqué, dont un débit de carburant trop élevé au ralenti. La richesse trop importante au ralenti est la cause de l'extinction du moteur au moment de l'évènement.

2.3.2 Vol

2.3.2.1 Opportunités de détection de la défaillance moteur

2.3.2.1.1 Essais moteur

Juste avant de décoller, l'équipage réalise les essais moteur. Dans un premier temps, le régime de ralenti obtenu est de 800 tr/min lorsque le stagiaire place la manette des gaz sur plein réduit, pour une valeur attendue entre 600 et 700 tr/min. Après quelques secondes, le régime diminue jusqu'à atteindre 720 tr/min, valeur légèrement au-dessus de la limite. Le moniteur tire alors fortement sur sa manette des gaz simultanément à l'action du stagiaire sur la sienne. Cette action non inscrite dans la procédure provoque une seconde diminution du régime de ralenti qui oscille alors entre 690 et 700 tr/min (un point à 678 tr/min a été enregistré par l'APIBOX) et rentre alors dans la plage attendue.

⁴⁴ 23 livres/h.

⁴⁵ Entre 22,0 et 28,0 livres/h, plage autorisée par Precision Airmotive pour la mesure effectuée avec une pression d'impact de 0, manette de richesse pilote sur plein riche, papillon en position pleins gaz.

La valeur élevée du régime de ralenti est pourtant un symptôme du réglage incorrect du SI. Le débit trop élevé de carburant à ce régime et l'ouverture trop grande du papillon des gaz relevés lors de l'expertise se traduisent en effet par une plus grande quantité de mélange admis dans les cylindres. La double action sur les manettes de gaz permet de réduire légèrement le régime en jouant sur la souplesse de la chaîne de la commande de gaz. Le moniteur ne mesure pas les risques associés à un niveau de ralenti aussi haut.

L'action du moniteur démontre une forte motivation pour la réalisation de la mission. Le stagiaire fait quant à lui partie d'une promotion en stage de formation à l'EAC de Cognac pendant 2 mois, dans le cadre de sa formation initiale de pilote de chasse. Au cours de ce stage, les élèves pilotes doivent valider un certain nombre de missions afin de poursuivre leur formation. Cette promotion affiche du retard et les besoins de formation de pilotes pour l'armée de l'Air et de l'Espace sont importants par rapport à la capacité des écoles. Les stagiaires et les moniteurs peuvent donc ressentir une pression temporelle pour maintenir la réalisation des vols prévus autant que possible. De plus, le stagiaire a un vol test prévu le lendemain.

Les essais moteur réalisés par l'équipage ne sont pas conformes à la procédure. La contrainte temporelle induite par le retard de la promotion a probablement favorisé une forte motivation de l'équipage pour réaliser le vol. La motivation du stagiaire est renforcée par son vol test prévu le lendemain.

2.3.2.1.2 Turbulence

Au moment de l'évènement, les conditions aérologiques sont turbulentes. Le vent est annoncé à 18 kt au moment de l'atterrissage et des rafales à 25 kt sont prévues. Les autres équipages évoluant à proximité de Cognac au même moment confirment les turbulences importantes ressenties.

Une difficulté de la part du stagiaire est bien perçue par le moniteur au moment de l'intégration dans le circuit de piste, mais il l'attribue à un vol dense et à la présence de turbulences significatives et décide de ne pas intervenir.

La turbulence de l'aérogologie a retardé la détection des premiers signes de la panne moteur par l'équipage.

2.3.2.1.3 Excès de confiance vis-à-vis du stagiaire

Le vol prévu le jour de l'évènement est un vol pré-test pour le stagiaire. Ce dernier a une expérience de pilotage significative pour son niveau de progression dans l'armée de l'Air et de l'Espace, car il vole à titre personnel en aéroclub. Sa progression est considérée par l'ensemble des moniteurs comme particulièrement satisfaisante. Son expérience personnelle lui confère des compétences bien supérieures à celles démontrées habituellement par les autres stagiaires à ce niveau de progression.

Lors du vol, il montre toujours une aisance aux commandes et répond parfaitement aux exigences attendues. Ainsi, lorsque les premiers symptômes de la panne moteur se font ressentir, le stagiaire pourtant à l'aise habituellement semble éprouver des difficultés. Le moniteur, confiant vis-à-vis de ce dernier, décide de ne pas reprendre les commandes.

L'excès de confiance du moniteur vis-à-vis de ce stagiaire particulièrement à l'aise aux commandes à ce niveau de progression a retardé la détection des premiers signes de la panne moteur.

2.3.2.1.4 Persévération

De nombreux symptômes précurseurs de la panne moteur ont été ressentis par l'équipage. Un premier signe apparaît avant le décollage lors des essais moteurs avec un régime de ralenti trop élevé, mais la procédure non-conforme effectuée pour ces essais lui permet finalement d'obtenir un régime suffisamment bas pour réaliser le vol. Puis, lorsque l'équipage s'apprête à redécoller d'Angoulême, le moniteur a l'impression de ressentir un régime moteur anormalement bas. Constatant que le moteur reprend sa pleine puissance pour le décollage, il ne dit rien. Il pense alors avoir interprété de manière erronée le bruit du moteur. Par la suite, en transit retour vers Cognac, le moniteur constate que la manette de richesse est dans une position

anormalement vers l'arrière et formule cette remarque à haute voix ainsi que l'impression qu'il a eue à Angoulême. Le stagiaire ne relève pas en raison de sa faible expérience. Enfin, le dernier signe survient alors que l'équipage se prépare pour l'atterrissage. La vitesse ne semble plus contrôlée par le stagiaire, mais le moniteur pense qu'il éprouve des difficultés en raison des turbulences.

Ainsi, malgré plusieurs signes précurseurs avant et pendant le vol, ni le stagiaire ni le moniteur n'ont remis en question leur plan d'action. L'ensemble des signes n'a jamais fait l'objet d'une réelle discussion entre les deux membres d'équipage, ne leur permettant pas d'élaborer une représentation correcte de la situation. L'objectif de ce vol pré-test étant d'évaluer si le stagiaire a le niveau pour se présenter au vol test du lendemain, il a probablement favorisé une communication limitée avec le moniteur.

Lorsqu'un pilote se trouve en situation de persévération⁴⁶, il lui est très difficile d'en sortir seul. C'est la confrontation à une représentation de la situation différente de la sienne qui peut réussir à déclencher une remise en question de sa propre représentation et ainsi modifier son plan d'action vers un plan plus adapté. Ainsi, l'absence de discussion entre les deux membres d'équipage au sujet des indices précurseurs d'une panne moteur est de nature à avoir favorisé la persévération dans la poursuite du vol.

Victime d'un phénomène de persévération, l'équipage n'a pas été en mesure de remettre en cause son plan d'action consistant à mener le vol à son terme. L'absence de discussion concernant les indices annonciateurs de la panne moteur a contribué à maintenir l'équipage dans cette situation de persévération.

2.3.2.1.5 Facteurs favorisant l'absence de renoncement au cours du vol

Les deux membres d'équipage perçoivent le Grob 120 comme un aéronef fiable car ils n'ont pas connaissance de problèmes moteurs rencontrés par le passé. De plus, la disponibilité des aéronefs est en adéquation avec le contrat passé avec AFAE et les moniteurs en sont globalement satisfaits.

Le stagiaire a une forte motivation personnelle pour réaliser ce vol car son vol test, étape importante de sa progression, est programmé pour le lendemain. Le vol de l'évènement doit le préparer et confirmer qu'il est prêt pour le test.

Ce vol s'inscrit dans le cadre de la formation initiale d'une promotion d'élèves-pilotes qui doit durer deux mois. Cette promotion affiche du retard et les besoins de formation de pilotes pour l'armée de l'Air et de l'Espace sont importants par rapport à la capacité des écoles. Les stagiaires et les moniteurs peuvent donc ressentir une pression pour maintenir les vols prévus.

Les enjeux du vol, à la fois personnels et organisationnels, ainsi que la fiabilité perçue de l'avion par l'équipage ont favorisé l'absence de renoncement au plan d'action au cours du vol et la poursuite de la mission.

2.3.2.2 Décrochage

2.3.2.2.1 Fatigue du stagiaire

Le stage de formation initiale à Cognac fait partie du cursus de formation des pilotes de chasse. La charge de travail des stagiaires y est particulièrement dense avec en moyenne quatre à cinq vols par semaine et des séances de simulateur. Les deux jours précédant l'évènement, le stagiaire a réalisé quatre vols et une séance au simulateur, notamment pour préparer son vol test qui devait avoir lieu le lendemain de l'évènement. Les vols de la semaine étaient donc des vols avec un enjeu pour le stagiaire, car un échec en cours de stage aurait des conséquences sur sa future carrière. Le vol de l'évènement est donc probablement source d'une forte exigence cognitive pour le stagiaire.

De plus, au cours du vol de l'évènement et des vols précédents, le stagiaire a réalisé des exercices de voltige. Ce type d'exercice est connu pour éprouver physiquement les pilotes et plus particulièrement les stagiaires qui ne sont pas habitués au facteur de charge.

⁴⁶ C'est-à-dire lorsqu'il persiste dans la réalisation d'un plan d'actions malgré les indices lui signalant que la situation est devenue risquée.

Il est donc possible que le stagiaire ait été victime d'une fatigue à la fois physique et mentale. Dans le premier cas, les exercices de voltige peuvent avoir contribué à une fatigue physique, alors que la fatigue mentale peut avoir été générée par l'accumulation de vols exigeants cognitivement. Dans les deux cas, la fatigue se caractérise par une diminution de la vigilance induisant une baisse des capacités attentionnelles.

La cadence de vol maximale à l'EAC est fixée par le répertoire d'emploi de l'aviation de formation (REAF)⁴⁷. Le REAF stipule au paragraphe 2.2.1 qu'en norme standard, l'activité maximale est de deux vols par jour pour un stagiaire, et quatre vols sur deux jours (sans dépasser trois vols par jour) pour un moniteur. Le paragraphe 2.4 précise qu'une séance de simulateur est considérée comme une mission aérienne. La cadence de l'activité aérienne des deux membres d'équipage dans les deux jours précédant l'évènement est conforme au REAF.

Bien que la cadence de l'activité aérienne des deux membres d'équipage dans les jours précédant l'évènement soit conforme à la réglementation, la fatigue physique et mentale du stagiaire peut avoir contribué à altérer ses capacités attentionnelles et à favoriser une réponse tardive à la panne moteur.

2.3.2.2.2 Focalisation de l'attention et surcharge cognitive du stagiaire

À la sortie du break, le stagiaire constate que la vitesse ne correspond pas à l'attendu. Il tente de la stabiliser avant d'effectuer les actions « 4P », mais elle continue à diminuer. C'est le moniteur qui lui rappelle d'effectuer les « 4P » et de sortir le train et les volets. La sortie des éléments, la turbulence de l'aérodynamique et les prémices de la panne moteur complexifient encore la stabilisation des paramètres (vitesse et altitude). Toutes les ressources du stagiaire sont alors allouées à cet objectif et son attention est donc probablement focalisée sur cette tâche, retardant la détection de la panne moteur. En fin de vent arrière, aux alentours des 1 000 ft, le stagiaire constate finalement que ses actions sur la manette des gaz semblent inefficaces.

Compte tenu de la vitesse au moment de la panne, la marge disponible par rapport à la vitesse de décrochage lui laisse un temps très réduit pour réagir. A cet instant, probablement victime d'une saturation cognitive, ses capacités d'analyse encore disponibles sont limitées et ne lui permettent pas d'adopter immédiatement une assiette à piquer pour corriger la perte de vitesse consécutive à la panne. L'absence de réaction immédiate a entraîné le décrochage de l'aile droite avant que le moniteur ne reprenne les commandes et n'applique la manœuvre de sortie de décrochage.

La focalisation du stagiaire sur la tenue des paramètres et sa saturation cognitive ont pu le conduire à détecter et réagir tardivement à la survenue de la panne moteur. Il n'applique alors pas une assiette à piquer à temps pour corriger la perte de vitesse et l'avion décroche.

2.3.2.2.3 Marge de manœuvre du moniteur

L'objectif d'un vol d'instruction est de faire acquérir des compétences au stagiaire. Pour cela, il est nécessaire de lui laisser les commandes même lorsque ce dernier éprouve des difficultés. L'objectif est de lui permettre d'apprendre de ses erreurs tout en assurant la sécurité. Ainsi, la frontière est parfois fine entre une situation délicate à gérer pour le stagiaire et une situation non maîtrisée qui porte atteinte à la sécurité.

Cette marge de manœuvre laissée au stagiaire dépend du niveau de risque perçu par le moniteur, grandement influencé par la perception des compétences du stagiaire et son expérience passée dans des situations similaires.

La nature même des vols d'instruction induit des arbitrages fins du moniteur qui doit accepter une maîtrise imparfaite de l'aéronef par le stagiaire tout en assurant la sécurité du vol.

⁴⁷ REAF (C) – Tome écoles de début & école avancée chasse - N°067 ARM/DRHAAE/EFPN du 7 avril 2022.

2.3.2.2.4 Gestion de la panne par le moniteur

Après l'annonce de la perte du moteur par le stagiaire, le moniteur reprend immédiatement les commandes alors que l'alarme de décrochage retentit et que l'avion abat sur l'aile droite. Le moniteur met alors le nez franchement à piquer pour sortir du décrochage et du palonnier à gauche pour contrer la rotation. Il émet un message de détresse sur la fréquence de la tour et effectue les CAPS associées à une panne moteur en vol tout en recherchant une zone pour un atterrissage d'urgence. Le moteur reprend alors spontanément de la puissance et le moniteur peut finalement rejoindre la piste.

La réaction du moniteur suite à l'annonce de la panne moteur par le stagiaire a été rapide et efficace et a permis de sortir du décrochage. La prise de vitesse induite par sa manœuvre a permis le rallumage spontané du moteur, permettant de rejoindre la piste.

2.3.3 Gestion des secours

Immédiatement après avoir repris les commandes et effectué les actions réflexes suite à la panne moteur, le moniteur lance à la radio un message de détresse sur la fréquence de la tour avec qui l'équipage était déjà en contact. Environ 15 secondes après ce message de détresse, le moniteur annonce à la tour que le moteur est reparti et qu'il pourra rejoindre la piste. Lors de ces échanges avec la tour, le moniteur apparaît calme.

Un message de détresse doit systématiquement déclencher l'activation du klaxon crash qui met alors en alerte toute la chaîne de secours. Or, le contrôleur qui reçoit le message de détresse ne l'active pas.

Le calme du moniteur et le court délai avant le rallumage du moteur ont pu générer auprès du contrôleur une erreur d'appréciation de l'urgence de la situation. Par ailleurs, la BA 709 de Cognac abrite des écoles de formation de l'armée de l'Air et de l'Espace. Les contrôleurs sont habitués à y voir se dérouler des exercices de panne en vol dans le cadre de l'instruction dispensée aux stagiaires. La répétition des exercices de panne peut avoir progressivement conduit à une diminution du risque perçu d'une situation de panne réelle pour le contrôleur.

Par conséquent, les pompiers ne sont prévenus que lorsque l'avion est au sol. Ils le rejoignent lorsqu'il atteint le parking.

L'habitude des exercices de panne pour les contrôleurs, le calme du moniteur et la rapidité du redémarrage du moteur ont conduit à une sous-estimation du risque de la situation favorisant le non déclenchement du klaxon crash.

3 CONCLUSION

L'évènement est un arrêt du moteur en vol sur un avion monomoteur Grob 120 ayant entraîné le décrochage momentané de l'aéronef.

#SCF-PP⁴⁸

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement

Un équipage composé d'un moniteur et d'un stagiaire de l'EAC réalise une mission d'instruction à partir de la BA 709 de Cognac sur un Grob 120.

Les Grob 120 de l'EAC sont soutenus par AFAE, qui sous-traite la RG des moteurs et de leurs systèmes d'injection à Mécanair. Le Grob 120 de l'évènement a effectué 156 heures de vol depuis la dernière RG et 4 heures de vol depuis la dernière visite 50 heures. L'enquête a mis en évidence plusieurs non conformités dans la maintenance du SI, assurée par la société Mécanair. Elles n'ont pas contribué à l'évènement.

Les conditions météorologiques permettent la réalisation de la mission, avec un vent de 15 à 25 kt dans l'axe et des turbulences aérologiques.

Les essais moteur réalisés par l'équipage avant le vol mettent en évidence un ralenti trop haut, qui rentre finalement dans la plage attendue en tirant simultanément sur les deux manettes de gaz. L'équipage prend la décision de réaliser le vol, dont la première partie se déroule normalement.

Lors d'un exercice d'atterrissage forcé sur piste à Angoulême, le moteur s'éteint brièvement pendant le roulage de l'avion sur la piste, puis reprend sa pleine puissance quand le stagiaire met pleins gaz pour redécoller. Le moniteur ressent un régime bas mais n'a pas le temps de confirmer son observation avant que le moteur ne reparte.

Pendant le transit retour vers Cognac, le stagiaire éprouve des difficultés pour ajuster le débit de carburant avec la manette de richesse pilote. Le débit est trop haut et remonte lentement après chaque ajustement, conduisant à une position anormalement tirée de la manette, que le moniteur remarque.

En vent arrière à Cognac, le stagiaire éprouve des difficultés pour ajuster ses paramètres de vol avant la sortie des volets et du train d'atterrissage, que le moniteur attribue à l'aérologie. À la sortie des éléments, le moteur s'éteint et la vitesse chute. L'avion décroche sur l'aile droite et perd environ 500 ft. Le moniteur reprend les commandes et rétablit l'avion tout en traitant la panne et en lançant un message de détresse. Le moteur reprend spontanément sa puissance ce qui permet à l'équipage de rejoindre la piste.

Le non déclenchement du klaxon crash par le contrôle après le message de détresse du moniteur n'a pas permis aux secours de rejoindre l'avion suffisamment tôt après son atterrissage pour l'assister efficacement en cas de problème.

L'équipage est indemne et l'aéronef est intègre.

3.2 Causes de l'évènement

La cause de l'extinction du moteur est un réglage interne incorrect du SI entraînant un mélange trop riche au ralenti.

Plusieurs éléments ont conduit à ce que le vol soit effectué et poursuivi avec ce SI défaillant :

- la mise à disposition de l'avion par AFAE avec un réglage limite avec la molette externe du SI en butée pauvre ;
- l'exécution d'essais moteur non conformes par l'équipage avant le vol, consistant à obtenir un régime de ralenti à la limite de l'acceptable en tirant simultanément sur les deux manettes de gaz sans avoir conscience des risques ;
- la poursuite du vol malgré des indices de mauvais fonctionnement du moteur (extinction au sol à Angoulême, position anormale de la manette de richesse pendant le retour vers Cognac).

Ces actions ont été favorisées par la contractualisation de la maintenance et sa sous-traitance, et par les contraintes temporelles de la formation initiale des stagiaires pilotes de chasse associées à un phénomène de persévération.

⁴⁸ *System/Component Failure or Malfunction (Powerplant)*. Référence : *Aviation Occurrence Categories* version de mai 2021 de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).

Le décrochage de l'avion après l'extinction du moteur est dû à :

- la détection tardive de la panne moteur par l'équipage en vent arrière en raison de la turbulence de l'aérodynamique et d'un excès de confiance du moniteur envers le stagiaire, alors focalisé sur la tenue des paramètres ;
- une non adoption par le stagiaire d'une assiette à piquer suffisante pour conserver la vitesse en raison de sa saturation cognitive au moment de la panne.

4 RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement

4.1.1 Détection d'une carburation trop riche avant le vol

Les essais moteur avant décollage effectués par les équipages de Grob 120 comportent différents essais : magnétos, *alternate air*, fonctionnement du pas variable de l'hélice, régime de ralenti. Ce régime doit être compris entre 600 et 700 tr/min d'après la checklist extraite du manuel de vol de l'avion. Un régime trop élevé peut être un indice d'une carburation trop riche du moteur au ralenti.

Avant le vol de l'évènement, les essais moteur réalisés par l'équipage mettent en évidence un ralenti initialement à 800 tr/min, qui descend ensuite à 720 tr/min, puis lorsque les deux pilotes tirent simultanément sur leurs manettes des gaz respectives, oscille finalement entre 690 et 700 tr/min. Considérant le ralenti dans les normes, l'équipage décide d'effectuer le vol comme prévu. Cette procédure non conforme a favorisé le décollage avec un SI mal réglé. L'équipage n'avait probablement pas conscience qu'un ralenti trop haut pouvait indiquer que le mélange délivré par le SI à ce régime était trop riche, ni des risques d'extinction associés.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de rappeler aux équipages de Grob 120 l'importance de la vérification du régime de ralenti avant le décollage et de les sensibiliser au risque d'extinction associé à une richesse trop importante au ralenti.

R1 – [A-2021-10-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.2 Réglage en ligne des systèmes d'injection

Les SI des Grob 120 disposent d'une molette de réglage externe permettant d'ajuster le débit de carburant au ralenti pour l'adapter aux variations de température. Ce réglage est effectué sur avion par les mécaniciens d'AFAE et est fréquent. Il a lieu lors des visites de contrôle programmées et entre les visites lorsque les pilotes signalent un dysfonctionnement du moteur.

Cependant, la molette externe a une course limitée et ne permet pas de rattraper totalement un réglage interne incorrect, car elle n'est conçue que pour de petits ajustements. Ainsi, sur un SI correctement réglé en atelier, le réglage sur avion ne devrait pas atteindre la butée de la molette, car ceci ne permet pas de disposer des marges d'ajustement suffisantes pour s'adapter à la variabilité des conditions atmosphériques d'un jour à l'autre.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à AFAE de renvoyer en révision les SI dont le réglage en ligne amène à positionner la molette de réglage externe du débit au ralenti en butée.

R2 – [A-2021-10-I] *Destinataire : AFAE*

Une recommandation similaire avait été émise par le BEA-É dans le rapport M-2021-06-I concernant un Cap 10 de la Marine nationale et avait été acceptée par AFAE. Cette nouvelle recommandation vise à étendre ce mode opératoire à la flotte des Grob 120.

4.1.3 Contrôle qualité de la sous-traitance

L'expertise a mis en évidence un débit de carburant au ralenti hors tolérance sur le SI de l'évènement, pourtant révisé quatre mois plus tôt par Mécanair, ainsi que des actions de maintenance non conformes mais qui n'ont pas contribué à l'évènement (absence de Loctite sur les écrous, SB listé comme appliqué sur les documents libératoires alors qu'il ne l'est pas). L'enquête M-2021-06-I concernant une panne moteur survenue sur un Cap 10 de la Marine nationale mettait déjà en évidence des écarts similaires chez ce même sous-traitant d'AFAE et lui recommandait de reconstruire le processus de révision des SI.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à AFAE de mettre en place un processus robuste de contrôle qualité des sous-traitants auxquels il fait appel pour l'exécution des contrats au profit de l'aéronautique d'État française.

R3 – [A-2021-10-I] Destinataire : AFAE.

4.2 Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement : provenance des pièces détachées

Mécanair emploie des pièces détachées de marque AVStar pour la révision des SI, moins chères que les pièces du fabricant du SI, Precision Airmotive. L'emploi des pièces AVStar est autorisé par la réglementation EASA car celles-ci sont certifiées FAA PMA. Leur utilisation n'a pas contribué à l'évènement.

Cependant, Precision Airmotive demande dans le SB PRS-99 Rev 1 d'utiliser ses propres pièces détachées et indique que l'emploi de pièces d'un fabricant tiers, même certifiées FAA PMA, n'est pas approuvé et entraîne l'annulation de la garantie. S'il n'est pas rare qu'un équipementier prenne une telle mesure pour des raisons commerciales, Mécanair liste le SB PRS-99 Rev 1 comme appliqué mais a quand même utilisé des pièces AVStar pour la révision du SI de l'évènement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à AFAE de s'assurer de l'emploi de pièces approuvées par le fabricant pour la révision des SI montés sur les avions de l'aéronautique d'État française.

R4 – [A-2021-10-I] Destinataire : AFAE

Suite aux actions prises par AFAE en réponse à la publication du rapport M-2021-06-I, Mécanair s'est engagé à n'utiliser que des pièces provenant de Precision Airmotive pour la révision des SI des Cap 10 de la Marine nationale. Cette recommandation vise à formaliser et étendre aux Grob 120 cet engagement.

ANNEXES

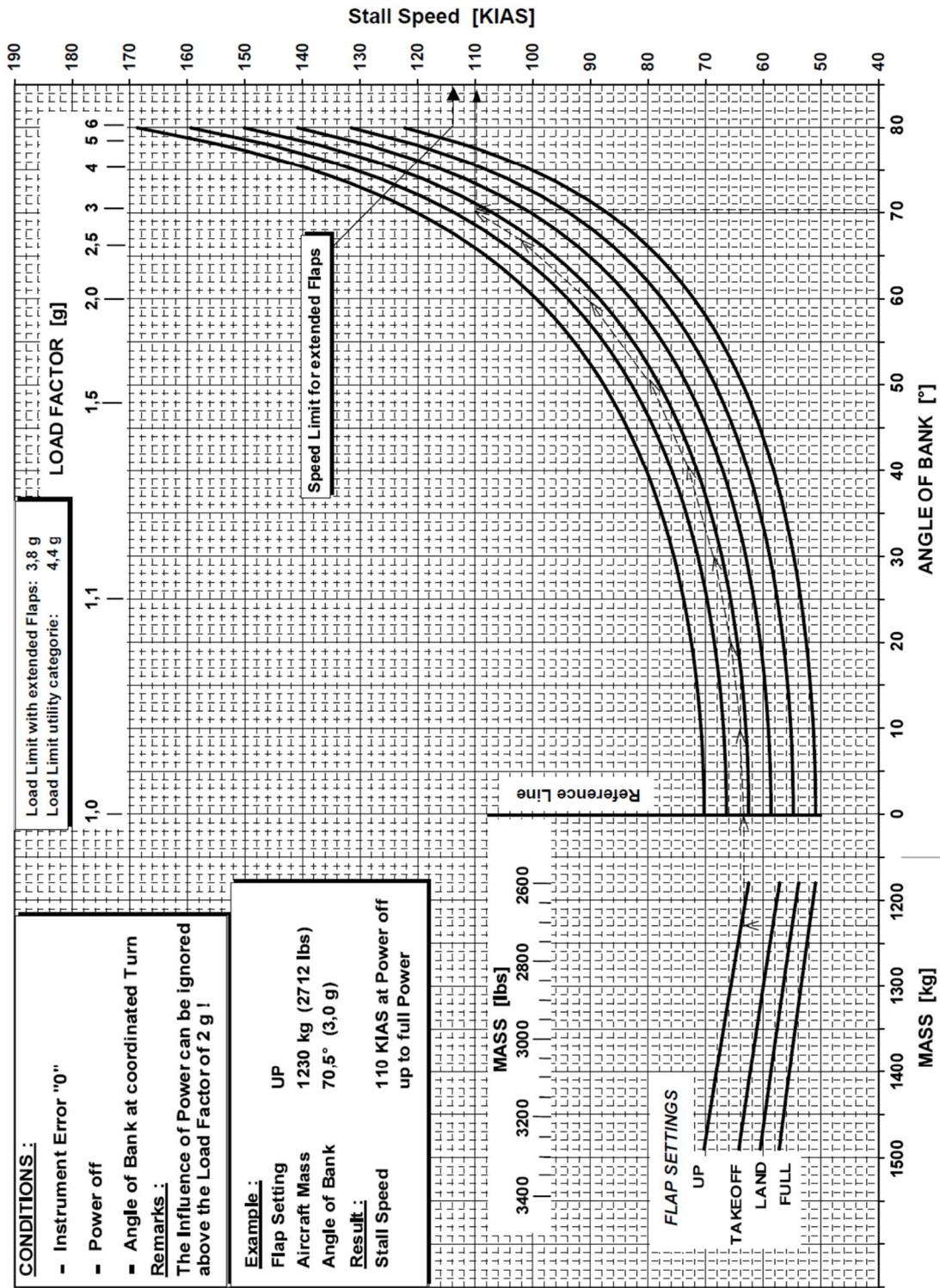
ANNEXE 1 Extrait du manuel de vol du Grob 120	36
ANNEXE 2 Schéma de principe du système d'injection du Grob 120.....	37
ANNEXE 3 Vue éclatée du système d'injection du Grob 120	38

ANNEXE 1
EXTRAIT DU MANUEL DE VOL DU GROB 120

FLIGHT MANUAL GROB G 120A
SECTION 5: PERFORMANCE



Fig. 5.3 STALL SPEED

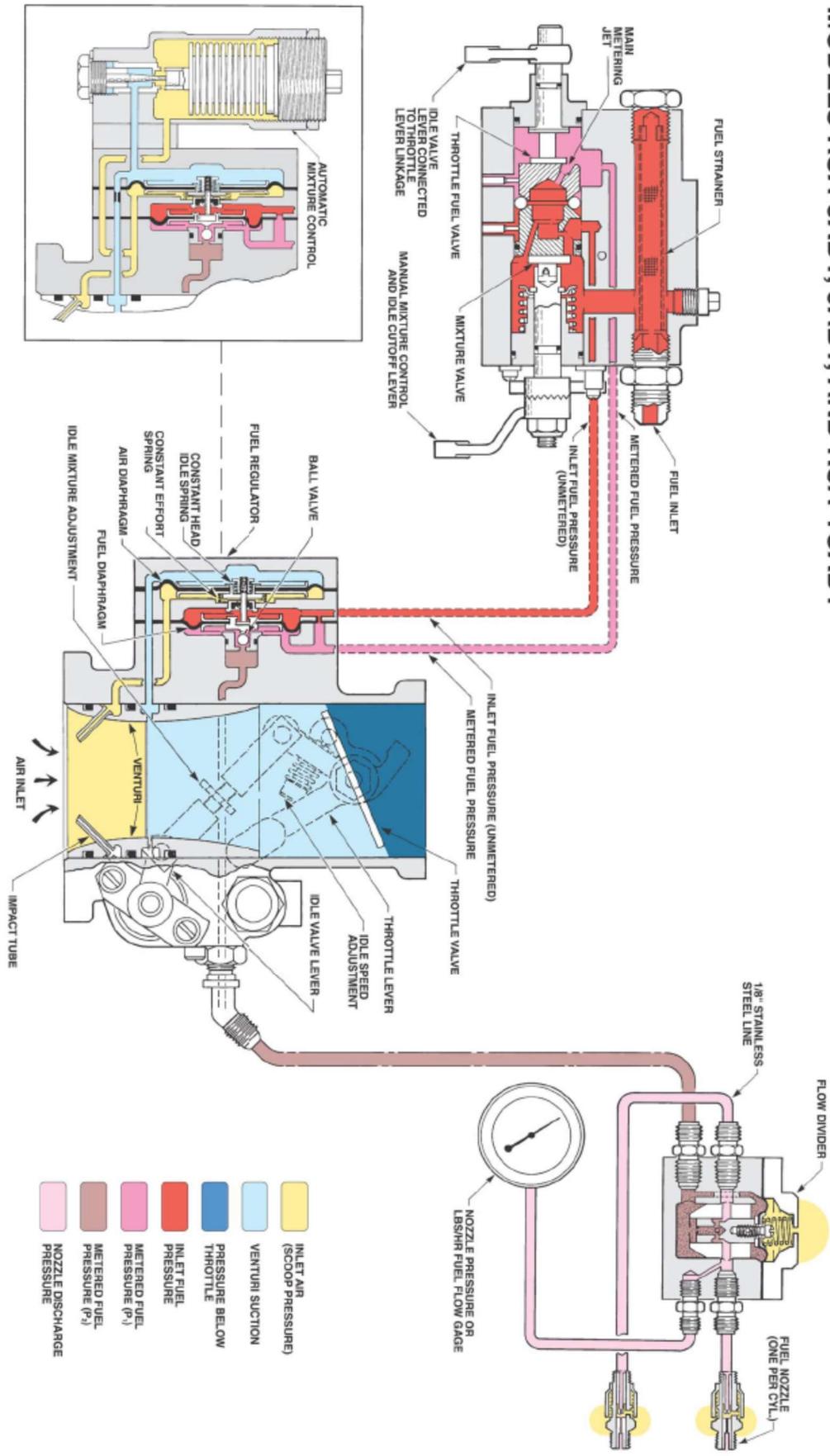


PAGE : 5-10 Date: 09-Feb-2007 Revision No.: 0 Issue: 1 Doc. No.: 120A-F.PO.002-E

ANNEXE 2
 SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTEME D'INJECTION DU GROB 120

PRECISSION
 AIRMOTIVE
RSA FUEL INJECTION

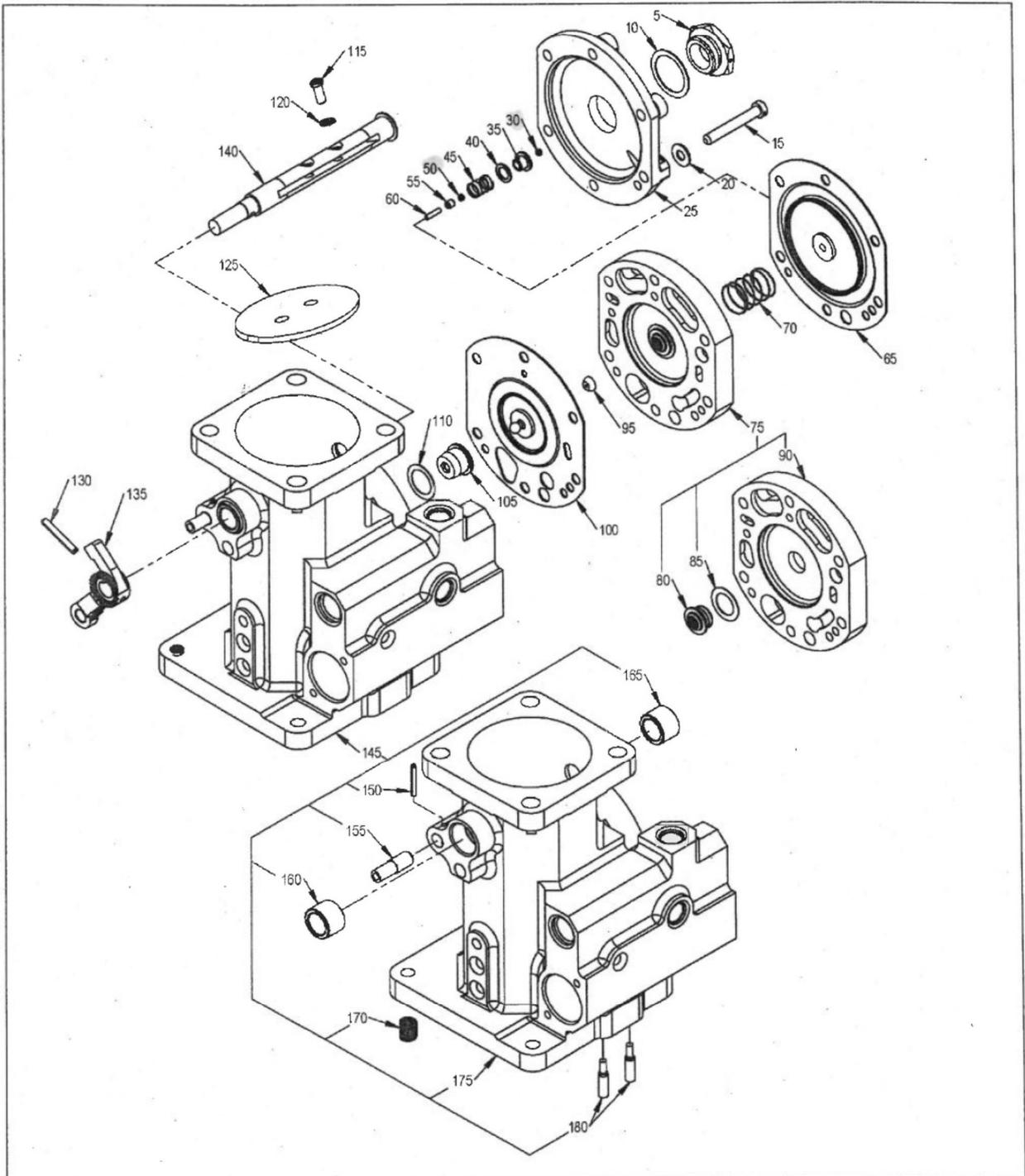
MODELS RSA-5AD1, 5AB1, AND RSA-10AD1



ANNEXE 3
VUE ÉCLATÉE DU SYSTEME D'INJECTION DU GROB 120

PRECISION AIRMOTIVE LLC
AIRCRAFT FUEL INJECTION
COMPONENT MAINTENANCE MANUAL
MODEL RSA-5AD1® FUEL INJECTION SERVO ASSEMBLY

ILLUSTRATED PARTS LIST



Fuel Injection Servo Assembly
Figure 4.