BEA
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile
www.bea.aero
@BEA_Aero

RAPPORT D'ENQUETE DE SECURITE

Accident du WASSMER WA54 (Atlantic) immatriculé F-GAIB le mardi 13 août 2024 à proximité de l'aérodrome de Chartres (28)

Heure	Vers 14 h 30[1]
Exploitant	Privé
Nature du vol	Vol de convoyage
Personnes à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, avion détruit

Diminutions successives de la puissance du moteur en montée initiale, demi-tour, collision avec le sol[2]

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues du calculateur de vol Garmin G3X, SDVFR[3] et des témoignages.

Trois jours avant l'accident, le pilote décolle de l'aérodrome de Dinan (22) dans le but de ramener l'avion à Nangis (77) à la suite d'un changement du système avionique[4]. Lors de la croisière, le pilote reporte par message au propriétaire de l'avion une consommation anormale de carburant. Peu de temps après, il se déroute sur l'aérodrome de Chartres, à proximité de sa position.

Un témoin indique qu'après l'atterrissage le pilote réalise deux accélérations-arrêts sur la piste puis va avitailler l'avion. Celui-ci reste stationné à l'extérieur jusqu'au jour de l'accident.

Le matin du jour de l'accident, le propriétaire de l'avion et trois mécaniciens ayant pris part aux travaux sur le système avionique se déplacent pour réaliser une inspection générale de l'avion et des essais moteur[5]. Aucune anomalie n'est observée par les mécaniciens.

En début d'après-midi, vers 14 h 30, le pilote démarre et réalise des essais moteurs, roule au point d'attente de la piste 27 revêtue[6], s'aligne puis décolle. À une hauteur de 150 ft environ (voir **Figure 1**, point 1), l'avion subit une première baisse du régime moteur (de 2 650 à 2 300 rpm) qui se rétablit rapidement à 2 650 rpm, puis, vers 175 ft, une deuxième baisse plus importante du régime moteur (de 2 650 à 1 200 rpm).

[1] Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.
[2] Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son site Internet.
[3] Application de navigation GNSS utilisée par le pilote.
[4] Le pilote réalisant ce convoyage n'est pas le propriétaire de l'avion.
[5] Les essais moteur sont réalisés au sol à 1000 tr/min, 2000 tr/min et plein gaz.
[6] Dimensions de la piste : 840 m x 25.

Immédiatement après cette baisse de régime, le pilote entame un virage par la gauche avec une assiette à piquer[7] en perdant constamment de l'altitude. Le régime moteur se rétablit à 2 650 rpm puis les témoins entendent immédiatement une nouvelle baisse de régime[8].

Après avoir réalisé un demi-tour, l'avion passe au-dessus d'une caravane et touche durement le sol dans un campement de gens du voyage. Le pilote est éjecté à travers le pare-brise.



Figure 1 : trajectoire du F-GAIB[9]

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'avion

Le Wassmer 54 « Atlantic » est un avion quadriplace. Le F-GAIB, construit en 1976, disposait d'un Certificat de navigabilité restreint (CDNR). L'étude des livrets cellule et moteur indique que l'avion avait effectué un peu moins de 50 heures de vol durant les quatre années précédant l'accident.

[7] Ces données sont extraites de l'enregistrement du Garmin G3X.

[8] L'enregistrement des données du G3X s'arrête avant cette troisième baisse de régime. Selon les témoins, cette baisse de régime serait comparable à la précédente. En revanche, sur la base des témoignages, il n'a pas été possible de statuer si le régime moteur a réaugmenté avant l'impact ou non.

[9] La trajectoire de l'avion dans le plan vertical et horizontal est reconstituée à partir des données de SDVFR et les paramètres de vol sont extraits du système Garmin G3X.

Il était équipé d'un moteur Lycoming O-360 de 180 ch, dont l'allumage est géré par une magnéto double[10]. L'hélice utilisée était une tripale Hoffman HO V I23 K/IBO en bois, dont le régulateur est à vitesse constante. L'avion venait d'être équipé d'une nouvelle avionique constituée d'un G3X, en remplacement des instruments de vol conventionnels, ainsi que d'un pilote automatique deux axes (roulis et tangage).

2.2 Renseignements sur le site et l'épave

L'épave est complète et se trouve dans une friche située à environ 800 m de l'extrémité de la piste, occupée par des gens du voyage.

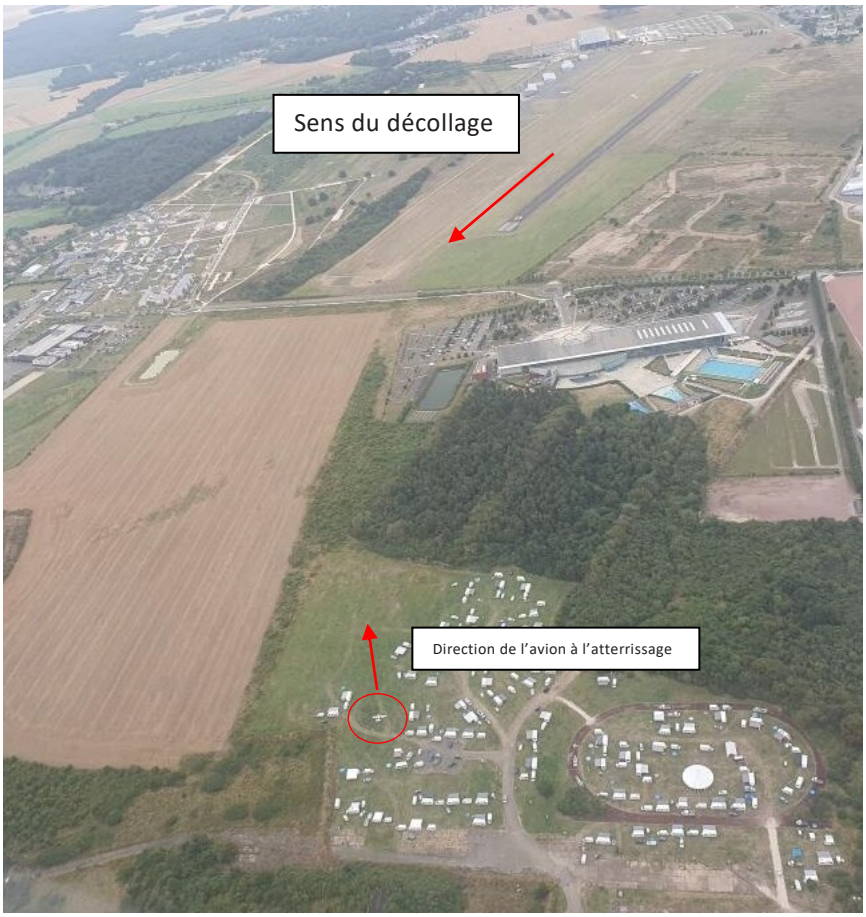


Figure 2 : localisation de l'épave par rapport à l'aérodrome (Source : Un témoin, annotations BEA)

L'avion est entré en collision avec le sol avec une forte vitesse verticale, sans inclinaison ni assiette significative, puis a ensuite terminé sa course environ 30 m plus loin.

L'aile gauche est partiellement rompue au niveau de l'emplanture et les jambes de trains ont été désolidarisées de la cellule. L'avant du moteur est incliné vers le bas ; le bâti-moteur est rompu à deux endroits. Le reste de la cellule ne présente pas de dommage significatif.

[10] Une magnéto double regroupe en un seul carter deux magnétos indépendantes partageant certains éléments mécaniques (pignon d'entraînement, parfois aimant), mais possédant chacune son propre circuit haute tension.

Sur le F-GAIB, la position des volets est commandée électriquement. La graduation du témoin de course dans le cockpit a été modifiée : sur Wassmer 54, trois positions sont habituellement indiquées (0°, 18° et 30°) ; sur le F-GAIB, quatre positions sont référencées (0°, 10°, 20° et 30°). Après l'accident, le témoin a été retrouvé entre les positions 20° et 30°.

Après l'accident, l'avion a été retrouvé avec le sélecteur magnétos en position « BOTH ». Le moteur a été prélevé et examiné au BEA (voir § 2.8).

Les examens du circuit carburant réalisés sur site ont permis de confirmer la présence de carburant jusqu'en amont du carburateur au moment de l'accident.

La ceinture du pilote a été trouvée ouverte par les primo-intervenants.

2.3 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 42 ans, était titulaire d'un CPL(A) assorti d'une qualification IR, valides au moment de l'accident. Il totalisait 2 301 heures de vol, dont 1 996 en tant que commandant de bord.

Le pilote, également instructeur avion depuis 2020, travaillait en tant que pilote professionnel sur différents types d'avions.

2.4 Renseignements météorologiques

D'après les estimations de Météo-France, sur l'aérodrome de Chartres, au moment de l'accident, la température était de 25 °C et le vent était calme, du sud-ouest. Des nuages épars étaient présents à 2 500 ft et la visibilité était supérieure à 10 km.

2.5 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Chartres dispose de deux pistes parallèles orientées 09/27. La piste 09/27 utilisée par le pilote est revêtue tandis que la piste 09L/27R[11] est non revêtue et dédiée à l'activité de treuillage et remorquage des planeurs. Au moment où le pilote s'est dérouté vers Chartres, l'aérodrome était réservé aux aéronefs basés via un NOTAM, ce qui n'était pas le cas du F-GAIB.

Dans l'axe de la piste 27, l'environnement se compose d'une route située à 200 m de son extrémité, puis d'un champ. À environ 900 m se trouve une zone boisée, suivie d'un quartier pavillonnaire de la ville de Chartres à 1 300 m de l'extrémité de la piste.

Cinq secondes de vol séparent la première baisse significative du régime moteur (de 2 500 rpm vers 1 200 rpm) au-dessus du champ et le début du survol de la zone boisée. À une hauteur d'environ 175 ft et une vitesse proche des 70 kt, au moment de la perte importante de puissance, une descente dans l'axe de décollage n'aurait pas permis au pilote d'atterrir en urgence dans le champ.

[11] Dimensions 900 m x 100.

2.6 Pilotage du demi-tour par le pilote

L'analyse des paramètres enregistrés indique que le virage est commencé à une hauteur d'environ 175 ft en appliquant directement une assiette à piquer. La vitesse reste stable autour de 70 kt jusqu'au dernier point enregistré et l'inclinaison du virage ne dépasse pas 38°. Le manuel de vol du Wassmer 54 « Atlantic » indique une vitesse de décrochage de 112 km/h (60 kt) à inclinaison nulle, avec les volets rentrés et à la masse maximale (1 130 kg). Pour une inclinaison de 38°, toujours avec les volets rentrés, une vitesse de décrochage de 126 km/h (68 kt) est calculée.

Lors de ce virage, les volets étaient probablement sortis à plus de 20°. Par ailleurs, la masse estimée de l'avion était de 858 kg. La vitesse de décrochage était donc certainement nettement inférieure à 68 kt.

Au vu de cette estimation, de la trajectoire décrite par des témoins et de l'état général de l'avion après l'impact avec le sol, il est probable que le pilote a conservé le contrôle de l'avion au cours du demi-tour et jusqu'à l'évitement de la caravane.

2.7 Témoignages

2.7.1 Propriétaire de l'avion

Le propriétaire du F-GAIB l'a acheté en juin 2023. Il indique que le moteur et l'hélice de l'avion ont été révisés peu de temps avant l'achat et qu'environ 15 heures de vol ont été réalisées par la suite.

Le propriétaire de l'avion et le pilote avaient convenu que ce dernier réaliserait le convoyage de l'avion pour le ramener à Nangis qui est son aérodrome d'attache.

Le propriétaire avait été mis au courant par le pilote d'une consommation anormale de carburant lors de la croisière. Il indique également que le pilote lui a parlé de « ratés moteur » à l'approche de Chartres. Il a aussi été informé par le pilote d'une coulure d'AVGAS de couleur bleue sur le carénage avant (voir § 2.9), observée après avoir réalisé deux accélérations-arrêts sur la piste de Chartres.

Le propriétaire avait pris la décision de faire venir, le jour de l'accident, les mécaniciens ayant participé à la modification de l'avionique. Leur visite avait pour but de vérifier le fonctionnement du moteur de l'avion ainsi que de faire une vérification visuelle générale de l'avion.

Lorsque le pilote s'est préparé pour le vol, il a indiqué au propriétaire de l'avion un état de fatigue avancé et le fait qu'il ne s'était pas nourri de la journée.

Le propriétaire a également observé que le pilote n'a pas réalisé de visite prévol. Selon lui, les volets ont été sortis au minimum en position « décollage[12] ». Le propriétaire explique que quand l'avion a atteint une hauteur de 200 ft environ, il a entendu une baisse de régime, une reprise de la puissance du moteur, puis une seconde baisse de régime. Pendant cette séquence, il estime que l'avion était en virage par la gauche fortement incliné.

[12] La position décollage correspond à la position 18°, d'après le manuel de vol du Wassmer 54.

Le propriétaire connaissait bien le pilote. Il indique que celui-ci, lors des vols réalisés ensemble, avait pour habitude de ne pas attacher sa ceinture de sécurité. En échangeant avec des élèves du pilote, le propriétaire indique que ceux-ci confirment qu'il n'attachait pas souvent sa ceinture. Il ne connait pas la raison de cette habitude : il a déjà observé le pilote attacher sa ceinture dans le F-GAIB, sans difficulté particulière.

2.7.2 Témoin visuel de l'accident

Le témoin était présent sur la friche, à quelques mètres de l'endroit où l'avion est entré en collision avec le sol.

Il indique avoir regardé l'avion lors de la montée et avoir entendu le moteur « s'éteindre une fois puis se rallumer et s'éteindre une seconde fois ». Il indique qu'au moment de la deuxième diminution de la puissance du moteur, l'avion a viré par la gauche tout en descendant. Selon lui, les ailes de l'avion ont été remises à plat juste avant le contact avec le sol.

2.8 Analyse des paramètres de vol

Le BEA a analysé les paramètres du vol précédent (déroutement) et de celui de l'accident.

- Les paramètres moteur du vol précédent ne montrent aucune anomalie de fonctionnement. En revanche, peu de temps avant que le pilote ne se déroute vers Chartres, la quantité de carburant du réservoir droit affichée chute. Au sol, après l'atterrissage, la quantité de carburant affichée remonte à 8 gallons US[13].
  D'après un mécanicien de la société ayant procédé à l'installation du G3X à bord du F-GAIB, il est très probable que le capteur installé dans le réservoir a indiqué une information erronée, sa précision étant faible.
  Le BEA n'a pas pu déterminer si le réservoir droit était sélectionné lors de ce vol.
  Compte tenu de l'analyse des paramètres enregistrés, aucune consommation anormale n'a été mise en évidence pour ce vol.
- L'enregistrement des paramètres du vol de l'accident s'arrête 14 secondes après la première diminution de la puissance du moteur. Deux baisses de régime sont identifiées.
  - La première baisse de régime moteur intervient après le début d'une chute de pression carburant, accompagnée d'une augmentation du débit carburant.
  - La seconde perte de puissance dure 10 secondes et voit le régime moteur chuter de 1450 RPM. Le débit carburant atteint 24,5 gal US/h [14] (contre 17 gal US/h en montée initiale) au début de cette diminution de puissance puis diminue ensuite. La pression carburant, quant à elle, continue de descendre jusqu'à 0,4 PSI (contre 3,2 PSI en début de montée initiale).

[13] Unité de volume anglo-saxonne, de symbole gal US. Un gallon US équivaut à 3,78 l environ.

[14] La valeur maximale de débit carburant est par ailleurs supérieure au débit maximal admissible par ce type de moteur d'après Lycoming.

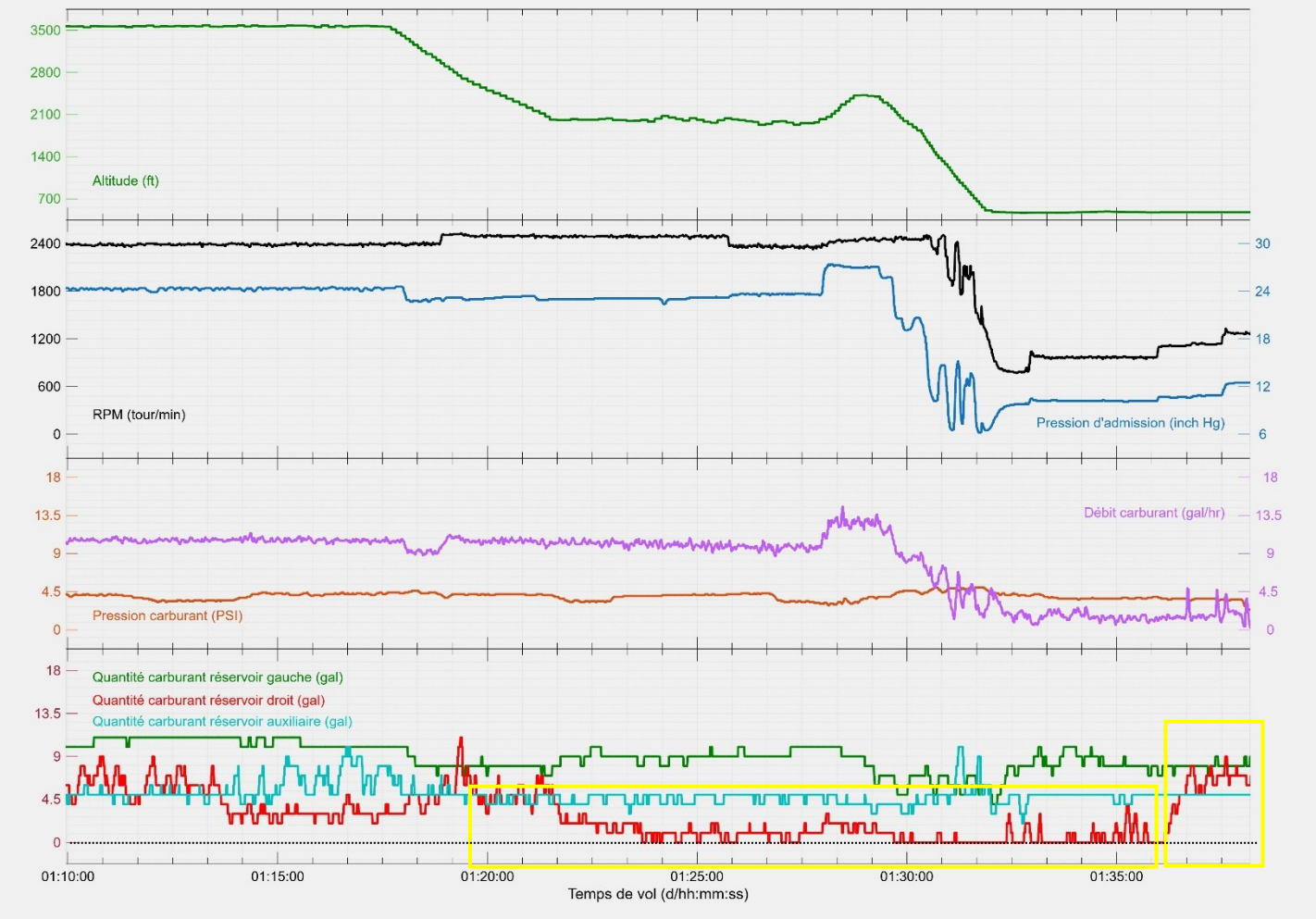


Figure 3 : paramètres de vols du vol n-1, issus du G3X (Source : BEA)

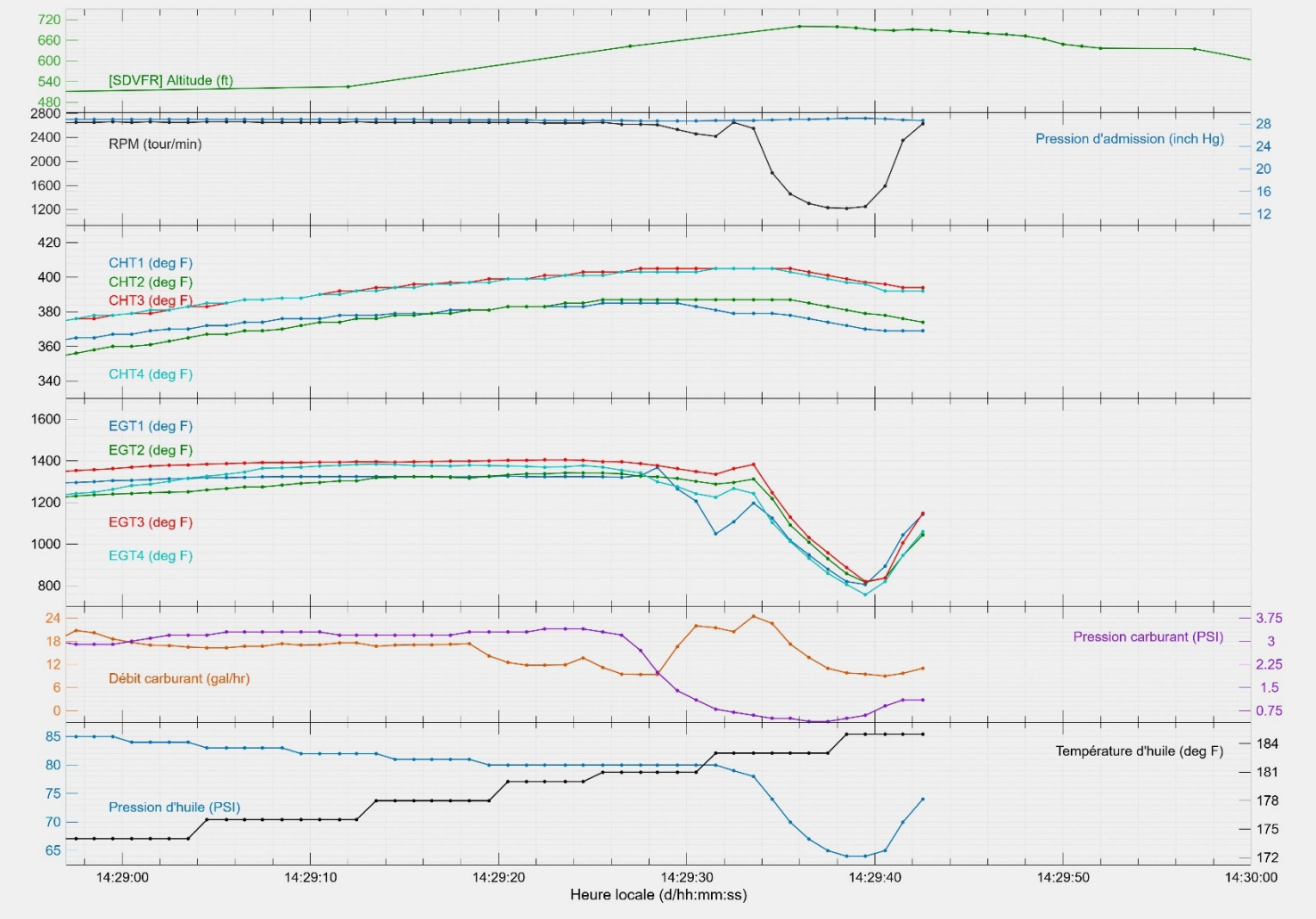


Figure 4 : paramètres de vol du vol de l'événement, issus du G3X et de SDVFR (Source : BEA)

D'après Lycoming, en cas de problème d'allumage erratique, il pourrait être attendu des valeurs instables de températures d'échappement (EGT) et de puissance moteur, ce qui n'est pas le cas sur les courbes ci-dessus. Les valeurs de températures d'échappement (EGT) et des cylindres (CHT) sont stables et se suivent de manière cohérente pendant la séquence.
Lycoming indique également que les valeurs de pression et de débit carburant observées avant et pendant les pertes de puissance successives sont cohérentes avec l'apparition d'une fuite localisée après les capteurs dans le circuit carburant.

Les courbes montrent qu'avant la fin de l'enregistrement, les paramètres de pression carburant, de débit carburant et de vitesse de rotation du moteur (RPM) convergent à nouveau vers des valeurs nominales.

2.9 Examens complémentaires

Le moteur a été séparé de la cellule et prélevé pour des examens approfondis au BEA.

2.9.1 Examen de la magnéto double

Lors de ces examens, il a été observé que l'écrou de la fixation supérieure de la magnéto était desserré, ce dernier pouvant être resserré de 180° sans effort. Ce défaut de fixation amenait la magnéto à pouvoir tourner dans son emplacement.

Un tel mouvement de rotation entraîne un décalage de la magnéto, c'est-à-dire du moment où elle délivre sa haute tension aux bougies qui génèrent alors une étincelle[15].

En raison du défaut de serrage de la magnéto, le calage pouvait varier entre 21° et 36°. L'installation des fixations des magnétos doubles fait l'objet d'une Service Instruction (SI) émise par Lycoming le 10 février 2011 (réf. 1508C). Bien qu'il y soit mentionné que le non-respect de cette SI puisse causer des pertes de puissance moteur, Lycoming n'a pas été en mesure de fournir au BEA des données d'essais pouvant faire le lien entre un mauvais calage dû à un desserrage partiel de magnéto double et des pertes de puissance. Des tests ont été réalisés par le BEA sur un avion équipé d'un moteur Lycoming O-360 et d'une magnéto double de même type que le F-GAIB. Lors des points fixes réalisés, aucun symptôme pouvant conduire à une perte de puissance n'a été constaté. Dans chaque cas testé[16], le ralenti était stable, l'essai de sélection magnéto était nominal et le régime moteur maximal était compris entre 2650 tr/min et 2700 tr/min.

L'installation de la magnéto double sur le F-GAIB présente plusieurs écarts avec la SI, dont le nombre, le type de rondelles utilisées et la garde[17] (presque inexistante sur les goujons de fixation sur le F-GAIB).
Cette SI n'a pas été reprise sous la forme d'une consigne de navigabilité (CN).

2.9.2 Examen du circuit carburant

Le circuit carburant du F-GAIB est schématisé ci-dessous :

[15] Le calage des magnétos d'un avion détermine le moment précis où l'étincelle est produite dans un cylindre du moteur par rapport à la position du piston. Ce réglage est crucial pour que la combustion du mélange air-carburant se fasse au bon moment, généralement quelques degrés avant que le piston n'atteigne le point mort haut (PMH). Cela permet d'optimiser la puissance et l'efficacité du moteur.
[16] Les quatre positions de la magnéto double testées correspondent à la valeur nominale d'avance à l'allumage préconisée par le constructeur, aux deux extrêmes atteignables par la magnéto double desserrée du F-GAIB et à la position de celle-ci observée lors de l'examen au BEA.
[17] Filets libres après écrou.

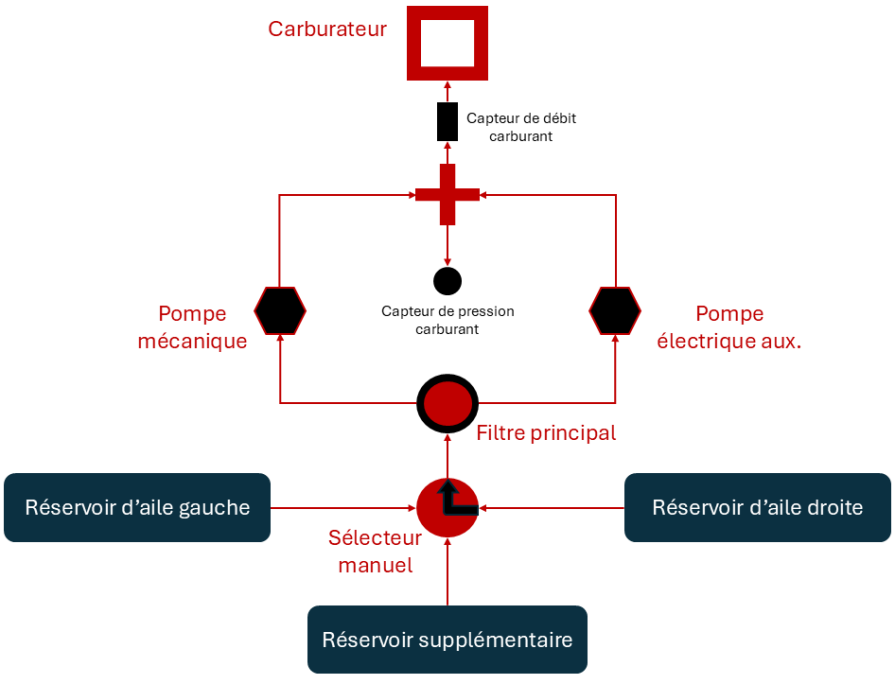


Figure 5 : schéma du circuit carburant du F-GAIB

Au cours des examens réalisés sur le circuit carburant, aucune trace pouvant s'apparenter à une fuite passée n'a été observée.

Les traces bleues observées sur le carénage du train avant à l'issue des accélérations-arrêts effectuées par le pilote (voir § 2.7.1) peuvent résulter de deux phénomènes différents d'après Lycoming :

- il est possible qu'en cas d'actions répétées sur la manette des gaz pendant les essais effectués au sol sur le moteur, une quantité trop importante de carburant ait été injectée dans l'admission, pouvant alors se condenser et s'évacuer sous forme liquide par un orifice situé dans la boîte à air, au-dessus du carénage ;
- un débordement temporaire de la cuve du carburateur aurait également permis à une petite quantité de carburant liquide de couler dans la boîte à air avant d'être évacuée de la même manière vers l'extérieur.



Figure 6 : carénage du train avant du F-GAIB après les essais au sol du 10 août 2024 (Source : Propriétaire de l'avion)

2.9.3 Examen du carburateur

Le carburateur (MA-4-5) a été déposé du moteur par le BEA, puis passé au banc de test statique à l'ENAC. Le niveau de carburant dans la cuve et l'étanchéité du pointeau étaient satisfaisants pendant ce test.

Le carburateur a ensuite été démonté pour examen approfondi. Cette ouverture n'a pas révélé de pollution, de jeu ou d'usure des composants internes du carburateur susceptibles d'affecter son fonctionnement. Il a néanmoins été remarqué l'installation de flotteurs beiges (référence 30-762) non conformes aux recommandations de l'équipementier (MSA). Contactée par le BEA, la société estime l'utilisation de cette référence de flotteurs des années 1980 au début des années 1990. MSA indique qu'à leur connaissance, le seul type de flotteur n'ayant fait l'objet d'aucun incident documenté est le flotteur plein en époxy bleu.

Le 10 octobre 2008, le constructeur du moteur Lycoming a émis un Bulletin de service (SB) obligatoire (n° 582A), reprenant celui du constructeur du carburateur Precision Airmotive (MSA-13, émis le 30 janvier 2008) et prescrivant le remplacement de tout flotteur réalisé dans un autre matériau par un flotteur plein en époxy bleu[18]. Le 6 février 2009, l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (AESA) a repris les recommandations du MSA-13 dans un Bulletin d'information de sécurité (SIB 2009-04). Ces SB n'ont pas été repris sous la forme d'une Consigne de navigabilité (CN).

Lycoming a également indiqué au BEA qu'un encrassement au carbone des bougies peut indiquer un débordement de cuve de carburateur en fonctionnement. Certaines bougies prélevées sur le moteur du F-GAIB sont effectivement encrassées, tandis que d'autres présentent une coloration normale.

2.10 Historique de maintenance de l'avion

L'étude de l'historique de maintenance récent de l'avion indique que :

- en 2019, une révision générale du moteur a été effectuée par une société basée dans le sud-ouest de la France ;
- le 24 mars 2023, l'avion est sorti de visite 100 heures, l'APRS a été signée par un mécanicien disposant d'une licence Part 66 ;
- en juin 2023, l'avion a été acheté par le propriétaire actuel ;
- le 16 juin 2023, le CDNR de l'avion a été renouvelé ;
- le 24 janvier 2024 : l'avion est sorti de visite 100 heures, l'APRS a été signée par le propriétaire qui était présent lors de cette maintenance faite par mécanicien disposant d'une licence Part 66 ;
- de mars à août 2024 : l'avion est immobilisé pour le changement du système avionique dans un atelier spécialisé. L'installation d'un système Garmin G3X a nécessité l'ajout des capteurs de pression carburant et de débit carburant mentionnés précédemment.

Trois vols de contrôle, pour un total de 1 h 30, ont été réalisés à l'issue et aucune anomalie relative au moteur n'a été relevée.

[18] Le flotteur plein en époxy bleu utilisé dans la série MA-4-5 porte la référence 30-862.

2.11 Survivabilité

Les témoignages relatifs à l'habitude du pilote ainsi que les observations sur site (ceinture ouverte et éjection du pilote) suggèrent que le pilote n'était pas attaché. L'inertie résultant de la décélération au cours de la course au sol de l'avion a projeté le pilote vers l'avant, dans la position où les témoins l'ont trouvé. Le non-port de la ceinture de sécurité, de manière générale, compromet l'atténuation des conséquences corporelles en cas d'accident.

L'étude des résultats de l'autopsie a toutefois révélé que, dans le cas de cet accident, le décès du pilote s'explique très probablement par l'importance des lésions de la colonne vertébrale et de l'aorte qui résultent de l'énergie développée lors de la collision de l'avion avec le sol selon l'axe vertical.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

Lors d'un vol de convoyage depuis Dinan à destination de Nangis à la suite de travaux sur l'avion, le pilote a effectué un atterrissage de précaution sur l'aérodrome de Chartres. Il est possible que le pilote se soit dérouté en raison d'une indication erronée de quantité de carburant.

Le jour de l'accident, la recherche de panne réalisée sur place par des mécaniciens n'a pas permis d'identifier d'anomalie de fonctionnement. Le pilote, en concertation avec le propriétaire de l'avion, a décidé de redécoller pour Nangis.

En montée initiale, la puissance du moteur a diminué à trois reprises. D'après les paramètres enregistrés, les deux premières pertes de puissance sont cohérentes avec une fuite de carburant intermittente, possiblement due au débordement interne de la cuve du carburateur.

Le pilote a effectué un demi-tour probablement car il avait dans son secteur avant des zones forestières ou fortement urbanisées. Lors de ce demi-tour, il semble que le contrôle de l'avion a été conservé. Il est possible que lorsqu'il est arrivé à proximité du sol, le pilote ait tenté d'éviter un obstacle par une action à cabrer, ce qui a pu provoquer le décrochage de l'avion et un contact dur avec le sol.

Messages de sécurité

Gestion de la navigabilité et veille des publications des constructeurs et équipementiers

Le Certificat de navigabilité restreint (CDNR) est délivré à des aéronefs dont le concepteur a disparu ou a rendu le certificat de type. Il permet de continuer à exploiter un aéronef qui n'est plus pleinement conforme aux exigences d'un Certificat de navigabilité (CDN) de niveau OACI, en échange de restrictions d'utilisation définies par l'autorité et destinées à maintenir un niveau de sécurité globalement acceptable. À titre d'exemple, le propriétaire d'un aéronef sous CDNR peut décider de ne pas appliquer certaines Consignes de navigabilité (CN) applicables au type d'aéronef.

Chaque propriétaire d'aéronef, qu'il soit sous CDN ou CDNR, demeure libre et encouragé à adopter des mesures de sécurité en complément de celles qui s'imposent à lui. Il peut par exemple décider d'appliquer les préconisations de l'avionneur ou du motoriste diffusées au travers d'Instructions ou de Bulletins de services (SI ou SB). Pour cela, il doit en assurer une veille lui-même ou demander explicitement à l'organisme à qui il confie la maintenance de son aéronef, de procéder au recensement préalable des publications qui le concernent.

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.