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

RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident de l'avion WACO - YMF5 immatriculé F-GYMF
survenu le 6 août 2021
à Yvoy-le-Marron (41)

Heure	Vers 15 h 15[1]
Exploitant	Émeraude Aviation
Nature du vol	Convoyage
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote gravement blessé, avion détruit

[1] Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

Arrêt du moteur en croisière, atterrissage forcé, collision avec des arbres puis le sol

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont issues principalement du témoignage du pilote.

Le pilote décolle de l'aérodrome Dijon-Darois (21), où l'entretien annuel de l'avion a été réalisé, à destination de Blois-Le Breuil (41) pour avitailler. Il prévoit ensuite de décoller à destination de Dinard-Pleurtuit - Saint-Malo (35), où l'avion est basé.

Après environ 85 minutes de vol, en croisière à une hauteur de 1 000 ft environ au-dessus d'une forêt, le moteur s'arrête, sans signe précurseur. Le pilote n'identifie aucune zone propice pour un atterrissage forcé devant lui mais se souvient qu'il vient de passer près d'une clairière. Il fait demi-tour par la gauche et repère la clairière. Il effectue de mémoire les actions pour redémarrer le moteur : il pousse les manettes de richesse et de puissance, celle du réchauffage du carburateur, vérifie les magnétos et actionne le démarreur. Puis il vérifie la plaquette « EMERGENCY ENGINE CHECKLIST » qui figure devant lui sur la planche de bord. Il s'aperçoit qu'il a oublié de vérifier la sélection des réservoirs. Il s'interrompt pour regarder dehors. S'estimant à 400 ft de hauteur et trop bas pour continuer de tenter de redémarrer le moteur, il décide de se concentrer sur le pilotage pour l'atterrissage. Conscient qu'il n'a pas de marge par rapport aux arbres en début de clairière, il s'assure de garder la vitesse de meilleur plané.

L'avion heurte des branches d'arbres en bordure de la clairière. Le pilote perd le contrôle de la trajectoire. L'avion s'immobilise dans la clairière à une quinzaine de mètres de la forêt.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

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.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Informations sur l'avion

2.1.1 Généralités

Le Waco YMF5 est une version modernisée du YMF, construit entre 1935 et 1939. Il dispose d'un certificat de type dont la première version a été émise par l'Agence américaine en charge de l'Aviation civile (FAA) en 1986, sur la base d'un certificat de type supplémentaire (STC[2]) appliqué au certificat de type originel du YMF. Le certificat de type pour le YMF5 est validé par l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA).

[2] Supplemental Type Certificate.

Le YMF5 est un biplan à train classique, équipé d'un moteur en étoile Jacobs R-755B2 et d'une hélice à pas fixe.

2.1.2 Circuit carburant

Le F-GYMF est équipé de deux réservoirs de 24,5 US gallons (92,7 l) chacun, dont 0,5 US gal (1,9 l) inutilisables, situés dans la section centrale de l'aile haute, à gauche et à droite, au-dessus du poste de pilotage avant. Le moteur est alimenté en carburant par gravité.

Chacun des réservoirs dispose d'un robinet dont la commande est une tirette, située de chaque côté du poste de pilotage, au niveau des genoux du pilote. La visibilité sur cette tirette, depuis une position normale du pilote, est relativement réduite.

La position poussée de la tirette correspond à un circuit ouvert. Une plaquette rappelle cette information dans le poste de pilotage, de chaque côté, avec le texte « RIGHT [LEFT] FUEL / 24 GAL. USABLE / PUSH ON – PULL OFF ».

Source : BEA

Figure 1 : Tirette carburant gauche, en position fermée

Chaque réservoir est équipé d'une jauge visuelle, de type jauge à flotteur, positionnée sous l'aile haute en partie centrale du réservoir, visible depuis le poste de pilotage. Selon le manuel d'entretien du YMF5, la lecture de cette jauge est réputée fiable en ligne de vol. Ce n'est pas le cas au sol, en raison de l'assiette de l'avion. Sur cette jauge, la ligne jaune correspond à une quantité de 10 US gal.

Source : BEA

Figure 2 : Jauge visuelle de niveau carburant

Le manuel d'entretien du YMF5 indique que les réservoirs se vident sans logique particulière : « *You need not be alarmed if after filling the tanks completely, one tank appears to drain faster than the other does. This is normal and there is no set rule as to which tank will drain fastest under certain conditions. On some airplanes one tank will drain faster one day and the other the next day* ». Cette information ne figure pas dans le manuel de vol.

2.1.3 Procédures

Selon le manuel de vol de l'avion, les procédures prévoient la vérification des robinets de carburant au moment de la visite prévol, avant mise en route et avant décollage.

Une check-list est placardée dans le cockpit de l'avion, sous une forme abrégée, sur le côté gauche, au-dessus des manettes de gestion du moteur :

Source : BEA

Figure 3 : Check-list placardée dans le cockpit du F-GYMF

Une plaquette des actions d'urgence à effectuer en cas de problème du moteur est positionnée sur le panneau principal du cockpit.

Source : BEA

Figure 4 : Plaquette Emergency Engine Checklist du F-GYMF

2.1.4 Entretien

L'avion venait de passer la visite annuelle d'entretien. Au cours de celle-ci, en plus des opérations préconisées, la jauge carburant du réservoir côté droit avait été remplacée. Pendant ces opérations, les techniciens ont fermé le circuit carburant du réservoir gauche au moyen du sélecteur en poste de pilotage afin de pouvoir vidanger le réservoir droit sans vider le réservoir gauche.

À l'issue de l'entretien, un vol de vérification a été réalisé par le responsable de l'atelier. Ce vol a duré une vingtaine de minutes.

2.2 Examen de l'épave

Le moteur était libre en rotation. L'examen de l'hélice indique qu'au moment de l'impact, le moteur tournait sans puissance ou était arrêté.

Le réservoir droit a été trouvé en bon état, sans fissure ni trace de fuite apparente. Aucune trace de carburant n'a été trouvée dans ce réservoir ou dans le circuit de carburant associé. La manette droite de robinet carburant a été trouvée poussée, correspondant à une position ouverte du circuit.

Le réservoir gauche était sous le fuselage de l'avion et a été trouvé très endommagé. En raison des dommages subis, il n'a pas été possible d'estimer la quantité de carburant dans ce réservoir au moment de l'accident. La manette gauche de robinet carburant a été trouvée tirée, correspondant à une position fermée du circuit. Elle coulissait librement sur toute sa course, avec cependant une force significative pour la déplacer.

Des essais ont été effectués et ont confirmé le bon fonctionnement des robinets des réservoirs.

Aucune balise de détresse n'a été trouvée dans l'épave malgré la présence d'un interrupteur au tableau de bord.

2.3 Expérience et témoignage du pilote

Le jour de l'accident, le pilote, âgé de 48 ans, était titulaire d'une licence de pilote de ligne avion ATPL(A) en état de validité, assortie des qualifications B777/787 et avion monomoteur à pistons terrestre (SEP(t)), ainsi que d'une licence de pilote d'ULM. Il totalisait plus de 15 000 heures de vol, dont 1 482 sur avions de classe SEP(t). Dans les trois mois précédents, il avait réalisé 12 heures 40 de vol sur avions de classe SEP(t).

Il était copropriétaire du F-GYMF depuis août 2019. Sur cet avion, il totalisait près de 37 heures de vol, dont 5 dans les trois mois précédents.

Le pilote explique qu'au moment de l'achat de l'avion, les propriétaires précédents l'avaient averti du risque lié à l'architecture du circuit carburant, aux sélecteurs de carburant, et au fait que les réservoirs ne se vident jamais suivant la même séquence. Ils avaient essayé d'établir une séquence logique d'utilisation des réservoirs pour voler avec des réservoirs équilibrés, mais n'y étaient pas parvenus. Ce faisant, ils avaient abouti à deux reprises à l'extinction du moteur par défaut d'approvisionnement en carburant. Pour cette raison, le pilote et les autres copropriétaires du F-GYMF avaient décidé de toujours laisser les sélecteurs de carburant ouverts. Le pilote ajoute que, par conséquent, il n'a jamais manipulé ces sélecteurs. Lorsqu'il les vérifie, il le fait visuellement uniquement, sans y toucher.

Avant le départ de Dijon-Darois, il a lui-même effectué les pleins complets dans les deux réservoirs en ajoutant 90 l.

Il se rappelle avoir bien vérifié le sélecteur de carburant droit, qu'il avait en face de lui lorsqu'il est monté dans l'avion depuis la gauche du poste de pilotage. C'était le sélecteur qui se situait du côté sur lequel la jauge avait été changée et pour cette raison, il y a porté une attention particulière. Il ajoute qu'il a rapidement vérifié visuellement l'autre sélecteur une fois assis dans le poste de pilotage.

Il explique que les check-lists des avions de classe SEP(t) sur lesquels il vole sont simples et similaires et qu'il les réalise de mémoire. Il ajoute qu'il avait prévu suffisamment de marge et qu'il n'y avait pas de pression temporelle à l'heure du départ de Dijon-Darois.

Les conditions météorologiques lui permettaient de prendre un cap direct vers Blois. Au vu des éléments recueillis à la préparation du vol, il avait analysé qu'il était prévu un vent de face de 40 kt à 2 000 ft. Il a par conséquent décidé de réaliser le vol à 1 000 ft de hauteur environ. Il estimait le plafond à 2 200 ft sur la zone de l'accident.

Concernant les jaugeurs du F-GYMF, il estime que le témoin de jauge n'est pas visible tant qu'il reste plus de la moitié de la capacité du réservoir. Pour cette raison, tant que le témoin n'apparaît pas, il considère que la quantité de carburant est à plus de 50 % de la capacité.

Pendant les vols avec le F-GYMF, en raison des particularités de l'avion, le pilote indique qu'il réalise l'équivalent des actions « *point tournant* » quasiment toutes les cinq minutes : ces actions incluent la vérification de l'ajustement de la puissance d'admission, très fluctuante sur cet avion en raison des vibrations, la vérification du positionnement de la manette de mélange en butée, et la vérification des jauges.

Il se rappelle qu'avant l'arrêt du moteur, il estimait que le jaugeur droit était à environ 20 % et le gauche n'était pas visible, ce qu'il a interprété comme une indication d'un réservoir à plus de la moitié de sa capacité. Ces indications ne lui ont pas paru anormales compte tenu du temps de vol effectué, de sa connaissance de l'avion et des particularités identifiées.

2.4 Autres témoignages

2.4.1 Témoin de l'accident

Une personne située à proximité du lieu de l'accident a vu l'avion en vol plané, hélice arrêtée. Il a expliqué qu'il a entendu que le moteur démarrait à nouveau et a vu l'hélice tourner, mais le moteur a « *pétaradé pendant une dizaine de secondes* » et s'est arrêté. Il n'a pas vu de fumée.

Il a couru vers l'endroit où se dirigeait l'avion. Pendant sa course, il a entendu le bruit de la collision avec le sol mais ne l'a pas vue en raison d'une haie d'arbres. Arrivé sur place, il a appelé les secours et a porté assistance au pilote.

2.4.2 Ancien propriétaire du F-GYMF

L'un des anciens propriétaires du F-GYMF a indiqué avoir subi un arrêt du moteur en vol avec cet avion, en raison de l'épuisement du carburant dans le réservoir ouvert, alors qu'il volait avec un réservoir sur fermé et l'autre sur ouvert. Il se rappelle que lorsqu'il a ouvert le deuxième réservoir, le moteur a redémarré sans difficulté.

Il ajoute que lorsqu'il avait acheté le F-GYMF, l'avion était équipé d'un émetteur de localisation d'urgence (ELT) fixe dont la batterie arrivait à terme. Il avait alors décidé avec les autres copropriétaires de remplacer cette balise par une balise portable. L'avion avait été vendu avec cette balise portable aux actuels propriétaires.

2.5 Renseignements météorologiques

Les plafonds estimés par Météo-France sur la trajectoire suivie à l'horaire du vol étaient compris entre 2 000 et 5 000 ft. Le vent estimé à ces altitudes était du secteur sud-ouest pour 20 à 25 kt. Il était conforme aux prévisions.

2.6 Consommation de carburant

Le pilote de l'avion a fourni les chiffres de consommation suivants pour le F-GYMF :

Puissance (x100 RPM[3])	Consommation (l/h)	Vitesse (kt)
19	56	100
21	60	105

[3] Revolution per minute.

Il utilise la croisière à 1 900 RPM pour ses vols.

Des estimations de la consommation de carburant pour le vol réalisé, basées sur les deux valeurs de consommation ci-dessus, en prenant en compte le vent estimé sur l'étape par Météo-France, la distance et le temps de vol, donnent des valeurs d'environ 80 l, sans prendre en compte le carburant nécessaire à la mise en route, au roulage et au décollage.

2.7 Aspects relatifs à la survie

D'après son témoignage, après l'impact, le pilote n'était pas en mesure d'aviser les services de secours de l'accident par lui-même. C'est le témoin de l'accident qui, arrivé sur les lieux, a émis l'alerte. Les premiers secours ont estimé que le pronostic vital du pilote était engagé.

Le pilote n'était pas en contact avec le service d'information de vol (SIV). Il n'a pas pu signaler la panne et sa décision d'atterrir en campagne. Il ne pouvait donc pas bénéficier du service d'assistance.

Le pilote n'avait pas activé le transpondeur[4]. Il a pensé à l'activer pour afficher le code de détresse, mais n'en a pas eu le temps.

Concernant la balise de détresse, le pilote n'avait pas connaissance de l'absence d'ELT fixe à bord. Il a pensé à l'activer mais a repoussé son action pour la réaliser peu avant l'atterrissage. Il a ensuite oublié de le faire.

Aucune balise de détresse portable[5] n'a été retrouvée dans l'avion. La balise fixe n'était pas installée, bien que l'interrupteur sur la planche de bord ait pu faire penser le contraire.

L'accident a eu lieu en Sologne, dans une zone rurale et boisée, où la densité de population est de l'ordre de 15 habitants au km^2[6]. L'épave reposait dans un champ entouré de forêts et non visible de la route la plus proche située à plus de 500 m.

En l'absence de témoin, il est possible d'envisager que le déclenchement des secours et la localisation du site de l'accident auraient été considérablement retardés et que les chances de survie du pilote auraient été réduites.

2.8 Événements similaires

L'organisme d'enquête de sécurité des États-Unis (NTSB) a réalisé une enquête sur un cas d'arrêt du moteur survenu sur un Waco YMF-F5C le 2 juillet 2016 à Austin, Texas. L'avion s'étant abîmé dans un lac, les examens du moteur et des circuits de carburant n'avaient pu être effectués de manière complète. L'enquête n'avait donc pas permis de déterminer les causes exactes de l'arrêt du moteur. Cependant, le sélecteur de carburant du réservoir droit avait été trouvé sur la position fermée et celui du réservoir gauche sur la position ouverte. Le rapport d'enquête n'écarte pas la possibilité que la manette ait été tirée après l'accident pendant l'évacuation du pilote. L'étude de l'historique des vols depuis le dernier avitaillement effectué avait permis de conclure qu'il était possible que l'avion ait été utilisé uniquement sur le réservoir gauche et que celui-ci se soit asséché au moment de l'accident, tandis que le réservoir droit contenait du carburant.

Le NTSB a également été informé d'un événement similaire au travers d'un compte rendu d'accident rédigé par le pilote, survenu le 19 mai 2016 à Des Moines, Iowa. Dans son compte rendu, le pilote indique qu'il s'agissait d'un cas d'arrêt du moteur dû à un défaut d'alimentation en carburant, lié à l'oubli d'ouverture d'un robinet d'alimentation en carburant.

Waco, consulté sur ces événements, indique que dans les deux cas, une action d'entretien avait été effectuée sur les avions, qui avait impliqué la fermeture des circuits de carburant. À l'issue de l'entretien, l'opérateur aurait ouvert un unique robinet pour vérifier les fuites éventuelles et réaliser un essai moteur.

[4] Le règlement (UE) n° 923/2012 (dit SERA) prévoit que lorsqu'un aéronef [disposant d'une alimentation électrique suffisante] est équipé d'un transpondeur SSR en état de marche, le pilote le fait fonctionner pendant toute la durée du vol (SERA.13001). Version en vigueur le jour de l'accident.

[5] Selon le règlement (UE) n° 965/2012 (dit AIR OPS), l'emport d'une balise de détresse est obligatoire (article NCO.IDE.A.170). Version en vigueur le jour de l'accident.

[6] Source : Observatoire de l'Économie et des Territoires du Loir-et-Cher, données de 2018 pour la commune d'Yvoy-le-Marron.

3 - CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

Le pilote réalisait un vol de convoyage depuis l'aérodrome où avait été effectué l'entretien annuel de l'avion. Au cours de cette visite, pour intervenir sur le réservoir droit, le sélecteur du réservoir de carburant du côté gauche avait été fermé.

Le pilote a réalisé de mémoire les actions et check-lists à la préparation et au cours du vol et n'a pas suffisamment vérifié la position du robinet du réservoir gauche.

En vol, le moteur s'est arrêté en raison d'un défaut d'alimentation en carburant, lié à l'asséchement du réservoir droit, alors que le réservoir gauche était plein.

Le pilote a réalisé de mémoire les actions pour redémarrer le moteur mais a oublié de vérifier la position des commandes de robinets de carburant. Lorsqu'il s'est référé à la plaquette d'urgence, il s'est aperçu de son oubli mais il a estimé qu'il n'avait plus le temps de tenter de nouveau un démarrage compte tenu de la hauteur.

Le pilote n'a ni émis de message de détresse, ni actionné la balise de détresse, ni affiché le code de détresse au transpondeur. Les services de secours ont été avertis par un témoin de l'accident.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la survenue de la panne d'essence :

- la focalisation, au moment des vérifications avant le vol, sur le circuit de carburant du réservoir droit sur lequel avait été effectuée l'action d'entretien, au détriment du côté opposé ;
- une habitude de gestion du carburant, liée aux spécificités de l'avion, qui consistait à ne jamais fermer les circuits de carburant, qui a pu diminuer la vigilance et la familiarité du pilote par rapport aux items liés à cette gestion du carburant dans les actions et vérifications d'action à la visite prévol, avant la mise en route et avant le décollage ;
- la réalisation de mémoire des actions et des check-lists avant démarrage et avant décollage, phases du vol pendant lesquelles il n'est pas indispensable d'effectuer ces actions et vérifications de mémoire.

A pu contribuer à la gravité des conséquences de l'arrêt du moteur le choix de voler à une hauteur relativement faible au-dessus d'une région peu propice à la réalisation d'un atterrissage forcé.

Enseignements de sécurité

Déclenchement des secours

La non-activation du transpondeur et l'absence de contact avec les services d'information de vol auraient pu avoir des conséquences plus graves s'il n'y avait pas eu de témoin de l'accident pour avertir les secours. Le contact avec les services d'information de vol et l'activation du transpondeur contribuent généralement de manière positive à l'intervention rapide des services d'assistance ou de secours.

En situation de détresse, repousser l'activation de la balise de détresse peut avoir pour conséquence l'oubli de cette action. Il peut donc être préférable d'effectuer cette action sans délai.

Altitude de survol

L'événement illustre l'intérêt de prendre en compte les conséquences de l'éventualité d'une panne du moteur au moment de choisir une altitude de croisière. Lorsque la zone survolée est peu propice à un atterrissage forcé, comme c'est le cas d'une région boisée telle que la Sologne, il peut être important de privilégier une altitude plus élevée au détriment d'autres facteurs tels que l'optimisation des performances.