



Accident de l'ULM de classe 3 AVEKO VL-3-A identifié 59DAE

survenu le 22 mai 2020
à La Ferté-Bernard (72)

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

Heure	Vers 08 h 25 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Nature du vol	Vol local
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, ULM détruit

Augmentation de la vitesse vers la VNE, en virage, rupture en vol de la partie droite de l'empennage horizontal et collision avec le sol

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages et des enregistrements extraits du Système d'instruments de vol électroniques (EFIS) installé sur la planche de bord.

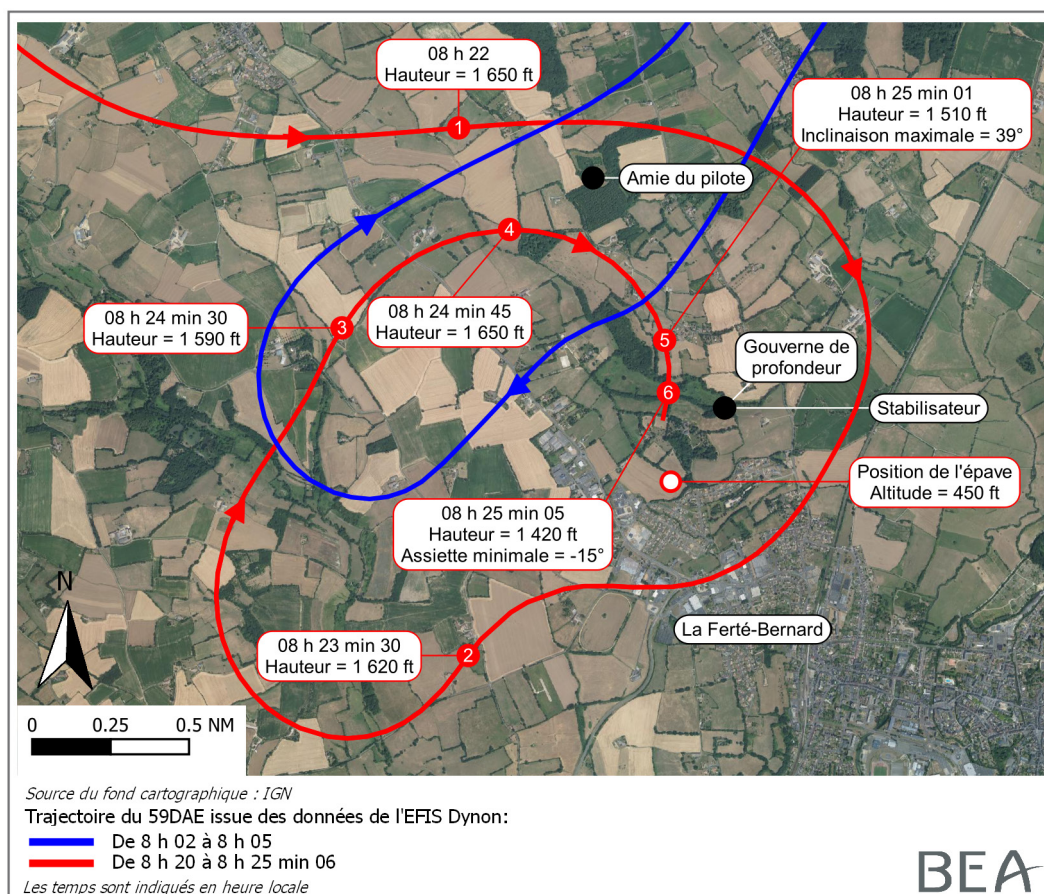
Le pilote, seul à bord, décolle à 07 h 54 d'une plate-forme ULM privée située à Sceaux-sur-Huisne (72), dont il est propriétaire, en direction du nord. Il survole les habitations d'une amie (trajectoire bleue de la [Figure 1](#)) et d'amis pilotes. Il essaie de contacter l'un d'entre eux par téléphone en vol. L'exploitation des paramètres enregistrés dans l'EFIS montre que la hauteur de vol était de l'ordre de 1 500 ft et que la vitesse air était de l'ordre de 230 km/h au cours du vol.

À 08 h 22, à une hauteur d'environ 1 650 ft (point ❶ de la [Figure 1](#)), après environ 25 minutes de vol au nord de sa plate-forme, le pilote débute un demi-tour par la droite autour de la maison d'une amie qui, l'apercevant, le salue depuis son jardin. Au cours de ce virage, l'inclinaison de l'ULM est de l'ordre de 20°. Il débute ensuite un deuxième demi-tour par la droite (point ❷ de la [Figure 1](#)), avec une inclinaison de l'ordre de 25°.

Le pilote débute un troisième demi-tour par la droite (point ❸ de la [Figure 1](#)) avec une inclinaison de l'ordre de 25°. À 08 h 24 min 45 (point ❹ de la [Figure 1](#)), l'inclinaison de l'ULM augmente progressivement et l'assiette commence à diminuer. La vitesse air est d'environ 240 km/h en augmentation. Seize secondes plus tard (point ❺ de la [Figure 1](#)), l'inclinaison atteint un maximum de 39° et l'assiette est de 11° à piquer. Quatre secondes plus tard (point ❻ de la [Figure 1](#)), l'assiette est minimale de 15° à piquer et l'inclinaison est de 25°.

Une seconde plus tard, à une hauteur de 1 200 ft, alors que la vitesse air atteint 295 km/h, les valeurs des paramètres d'inclinaison et d'assiette varient de butée en butée d'enregistrement. L'ULM entre en collision avec le sol, quelques secondes plus tard.

Des témoins au sol indiquent qu'ils ont vu le parachute de secours s'extraire de l'ULM alors qu'il se trouvait à la hauteur de la cime des arbres.



Source : BEA

Figure 1 : Trajectoire partielle du 59DAE

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements météorologiques

Au moment de l'accident, les conditions météorologiques étaient CAVOK avec un vent établi de secteur sud-ouest d'une vitesse de 10 à 20 kt au sol. Vers 2 000 ft, le vent était établi de secteur sud-ouest, d'environ 25 kt.

2.2 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 55 ans, était titulaire d'un brevet de pilote d'ULM de classe 3 (multiaxe) depuis 1995. Son carnet de vol indiquait un total d'environ 450 heures de vol dont environ 135 sur le 59DAE.

La veille du jour de l'accident, il avait volé quinze minutes. Avant ce vol, il n'avait pas volé depuis septembre 2019 en raison d'un automne et d'un hiver pluvieux rendant la piste en herbe de son terrain impraticable, puis de la période de confinement due à la pandémie COVID19.

2.3 Renseignements sur l'ULM

2.3.1 Caractéristiques

Le VL-3-A est un ULM de classe 3 (multiaxe), en structure composite. Le numéro de série du 59DAE est le 52. Il était équipé d'un moteur ROTAX 912-ULSFR doté d'une hélice à pas variable, de volets et de trains d'atterrissage rentrants. Le pilote en était propriétaire.

Les VL-3 de numéro de série inférieurs à 100 ont été construits par la société tchèque Aveko. La société belge JMB Aircraft (ancien importateur des VL-3 d'Aveko sous le nom de JMB Aviation) a repris la fabrication des VL-3 en 2012 et apporté quelques modifications, notamment au niveau de l'empennage horizontal.

Les principales vitesses caractéristiques de cet ULM sont :

- ☐ la vitesse maximum avec les volets sortis (VFE) = 120 km/h ;
- ☐ la vitesse de croisière maximum en air turbulent (VNO) = 225 km/h ;
- ☐ la vitesse de croisière = 235 km/h ;
- ☐ la vitesse maximum (VNE) = 305 km/h.

Les essais en vol réalisés sur un VL-3 dont le numéro de série est inférieur à 100 donnent une vitesse maximale démontrée en vol sans flutter (VDF)⁽²⁾ de 336 km/h.

Le VL-3 est équipé d'un parachute de secours. Le fabricant du parachute indique sur son site internet que la durée de déploiement est de l'ordre de cinq secondes. JMB Aircraft indique que le parachute est opérationnel jusqu'à la VNE et qu'en vol horizontal à 90 km/h, la hauteur en dessous de laquelle le parachute n'est pas encore efficace (« *Minimum projected rescue height* ») est de 80 m.

2.3.2 Modification du système d'admission du moteur

Durant la période hivernale et la période de confinement, le pilote a modifié le système d'admission du moteur de son ULM pour diminuer sa consommation et améliorer les performances de l'ULM⁽³⁾. Cette modification a consisté à remplacer les deux carburateurs d'origine par un système d'injection de marque « *LAD aero* ». La veille du jour de l'accident, le pilote avait réalisé un vol « *essai injection* » (mention inscrite dans son carnet de vol).

Cette modification du système d'admission du moteur est considérée comme une « *modification mineure* ». Elle n'a pas fait l'objet d'une vérification par atelier de maintenance, la réglementation ne l'impose pas.

JMB Aircraft explique que cette modification nécessite une déconnexion des câbles de commandes du compensateur de profondeur au niveau du poste de pilotage. Au remontage, un éventuel jeu⁽⁴⁾ peut provoquer en vol un phénomène de résonance sur la gouverne, à des vitesses inférieures à celles démontrées et inscrites dans le manuel de vol.

⁽²⁾ Cette vitesse est utilisée pour déterminer la VNE (VDF = VNE + 10 %).

⁽³⁾ La vitesse de croisière peut ainsi être augmentée d'environ 10 km/h selon le constructeur JMB Aircraft.

⁽⁴⁾ Dans le manuel de maintenance de l'ULM, dans le paragraphe relatif à la procédure de montage des empennages, pour la gouverne de profondeur droite, il est précisé : « *Vérifier la liberté de mouvement et le sens de braquage du trim. Il ne peut y avoir aucun jeu !* ».

2.3.3 Empennage horizontal

L'empennage horizontal est déporteur en vol rectiligne.

JMB Aircraft précise que pour les VL-3 de numéro de série inférieur à 100, l'empennage horizontal est constitué de deux stabilisateurs (plans fixes) équipés de gouvernes de profondeur mobiles qui ne sont pas équilibrées. L'unique gouverne du compensateur de profondeur est imbriquée dans le bord de fuite de la gouverne de profondeur droite. Chaque stabilisateur comporte un longeron situé à mi-corde.

Depuis 2012, pour tous les VL-3 de numéro de série supérieur ou égal à 100, le stabilisateur est d'un seul tenant, traversant le fuselage, doté de deux longerons (avant et arrière). Les gouvernes sont équilibrées par ajout de masses d'équilibrage aux extrémités (pointes remplies de plomb). Le procédé de fabrication des longerons a été modifié.

Selon le constructeur, cette modification structurelle permet une augmentation du domaine de vol en vue d'évolutions futures (vitesse de croisière et VNE plus élevées).

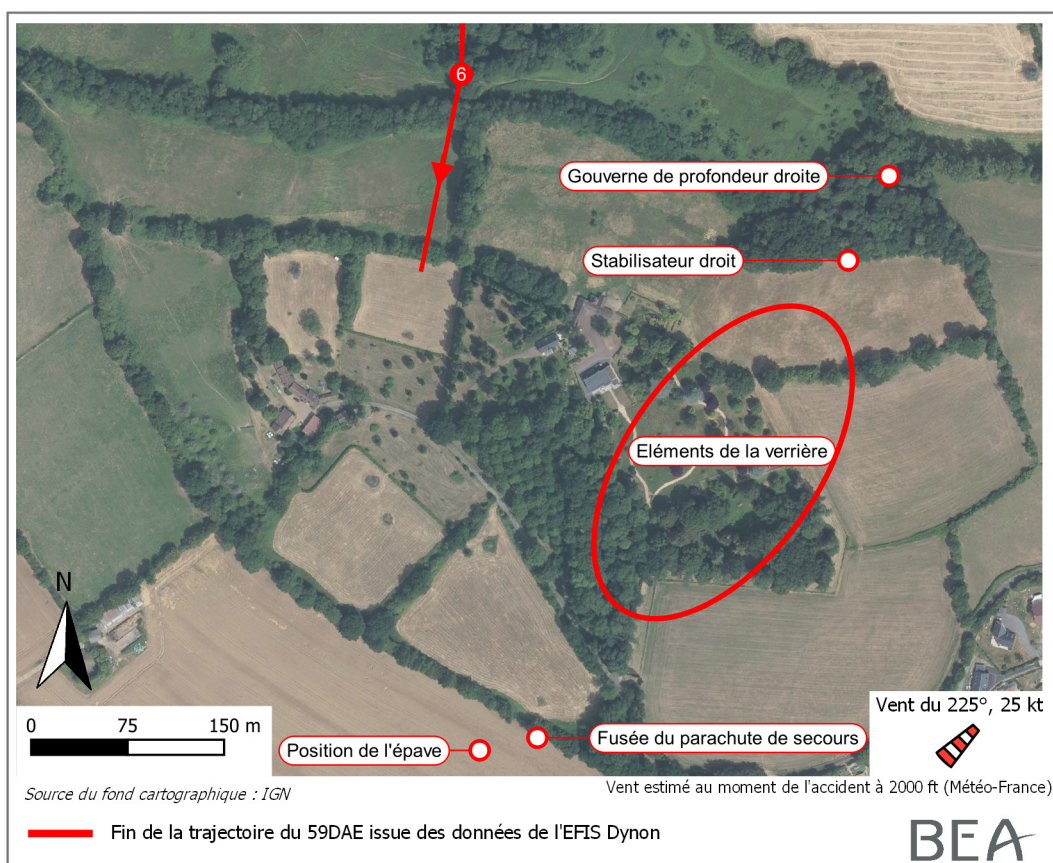
2.4 Renseignements sur le site de l'accident et l'épave

2.4.1 Examen du site de l'accident et de l'épave principale

Le site de l'accident se situe au nord-ouest de la ville de La Ferté-Bernard à proximité d'un quartier résidentiel, à 1,8 km au sud de la maison de l'amie du pilote.

Des débris sont répartis sur environ 400 m suivant la trajectoire finale de l'ULM avant la position de l'épave principale. Les éléments suivants ont été retrouvés dans l'ordre d'avancement :

- ☐ la partie droite de l'empennage horizontal (stabilisateur et gouverne de profondeur séparés) ;
- ☐ des morceaux de plexiglas de la verrière ;
- ☐ la fusée d'éjection du parachute de sécurité ;
- ☐ l'épave principale contenant la partie gauche de l'empennage horizontal.



Source : BEA

Figure 2 : Répartition des débris du 59DAE

La distance entre l'épave principale et les débris de la partie droite de l'empennage horizontal (stabilisateur et gouverne de profondeur) indique que cette dernière s'est séparée en vol du reste de la cellule, alors que l'ULM était encore à une hauteur importante. Il en est de même des éléments de verrière. L'écart entre position des débris et la trajectoire s'explique par la dérive liée au vent en vol.

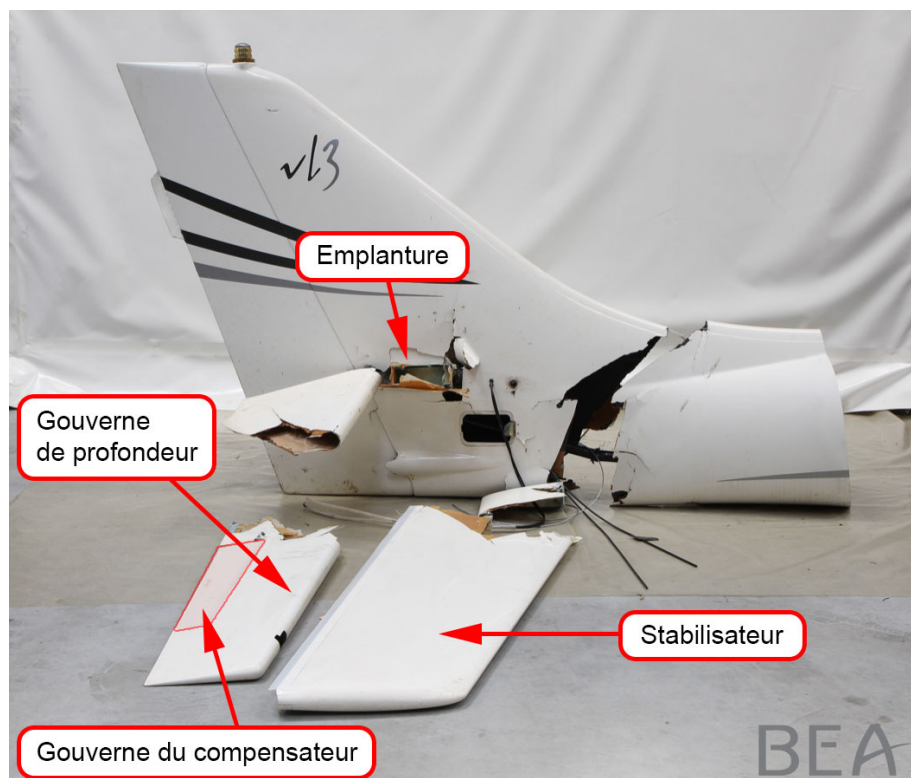
La faible distance entre la fusée d'éjection du parachute de sécurité et l'épave principale (50 m environ), combinée avec le fait que la poignée de déclenchement en cabine a été retrouvée hors de son logement, indiquent que le parachute a été activé volontairement par le pilote à une faible hauteur, peu de temps avant la collision avec le sol.

L'ULM est entré en collision avec le sol avec une vitesse élevée, une assiette à piquer et une inclinaison à droite.

L'examen de l'épave principale a permis de déterminer que les chaînes de commande des trois axes de l'ULM étaient continues au moment de la collision avec le sol.

Le moteur était correctement alimenté en carburant et délivrait de la puissance lors de la collision avec le sol.

2.4.2 Examen de l'empennage horizontal



Source : BEA

Figure 3 : Reconstitution des empennages au BEA

Le stabilisateur et la gouverne de profondeur droits se sont séparés de l'ULM en vol.

Aucune trace d'impact (aviaire, élément extérieur, sangle de parachute...) n'a été observée sur ces éléments.

2.4.2.1 Examen de la gouverne de profondeur droite

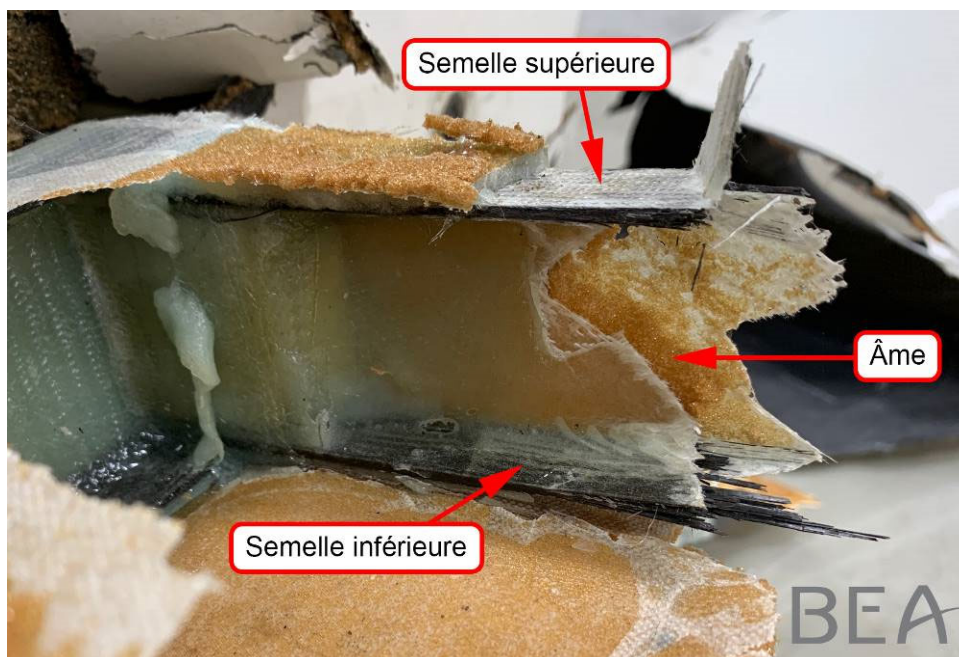
La gouverne de profondeur droite s'est rompue au premier tiers de sa longueur depuis l'emplanture. Différents dommages témoignent de surcharges aussi bien en flexion ascendante qu'en flexion descendante. Ce battement peut s'expliquer par la survenue d'un phénomène de couplage aéroélastique (« flutter ») sur la gouverne. Les butées de la gouverne ne semblent pas avoir été surpassées. Les câbles de commande du compensateur de profondeur étaient par ailleurs encore solidaires de la gouverne de profondeur lors de sa rupture en vol.

Le longeron arrière du stabilisateur comporte des déchirures au droit du passage de ces câbles. La gouverne a ainsi glissé latéralement vers l'extérieur, relativement au stabilisateur, seul mouvement autorisé par les charnières de liaison entre la gouverne de profondeur et le stabilisateur.

2.4.2.2 Examen du stabilisateur droit

Les dommages observables sur le côté droit de la dérive, au niveau de l'implanture du stabilisateur, indiquent que le stabilisateur s'est rompu en flexion ascendante combinée à de la torsion dans le sens d'une diminution de l'incidence.

Le longeron du stabilisateur est constitué de deux semelles en composite carbone-époxy prises en sandwich entre des plis de fibres de verre, et d'une âme. Cette âme est constituée d'un sandwich fibre de verre/mousse haute densité (voir Figure 4). Les semelles sont fabriquées à partir de rubans unidirectionnels (mèches liées entre elles) en fibres de carbone, enduits manuellement de résine époxy à l'aide d'un pinceau, avant polymérisation sous bâche à vide.



Source : BEA

Figure 4 : Longeron rompu du stabilisateur droit

⁽⁵⁾ Un arrêt de pli consiste en une interruption d'un pli (ruban) de carbone conformément aux plans de fabrication dans le but d'amincir la semelle au fur et à mesure que l'on se rapproche du saumon.

Les examens réalisés dans la zone de rupture du longeron ont mis en évidence :

- ☐ une rupture du stabilisateur par surcharge, à une dizaine de centimètres de l'implanture, au droit d'un arrêt de pli⁽⁵⁾ dans les semelles en composite ;
- ☐ la semelle inférieure est rompue en traction, la semelle supérieure en compression (rupture du longeron en flexion ascendante) ;
- ☐ la présence de zones sèches (sans résine) dans les semelles en composite ;
- ☐ la présence de nombreuses porosités inter et intra-mèches dans les semelles, avec un taux de porosité global situé autour de 8 % en moyenne. Ces taux sont cohérents avec le procédé de fabrication utilisé.

Les examens ont permis de montrer que la résine présentait un taux de polymérisation acceptable.

Par ailleurs, le longeron du stabilisateur gauche a également été examiné et des constats similaires ont été faits au regard de sa composition.

⁽⁶⁾ La pultrusion est un procédé de fabrication en continu de profilés renforcés longitudinalement, consistant à tirer des renforts filamenteux imprégnés de résine ou de polymère thermoplastique à travers une filière chauffée. La température élevée provoque la polymérisation de la résine ou la fusion du polymère et donne sa forme finale à la section du profilé.

Enfin, le longeron avant du stabilisateur d'un VL3 dont le numéro de série est supérieur à 100 a été examiné pour comparaison. Les semelles de ce longeron présentent très peu, voire pas de porosité. Ces observations sont cohérentes avec le mode d'élaboration de ces semelles en carbone pultrudées⁽⁶⁾.

2.4.3 Examen de la verrière

Un examen détaillé de la verrière a été réalisé. Aucune trace d'impact (aviaire ou par un élément extérieur ou intérieur à l'avion) pouvant expliquer sa rupture en vol n'a été observée. L'ensemble des traces (terre et végétaux) observées sont consécutives à l'impact des débris avec le sol.

En raison de la localisation des débris de l'épave, il est probable que la verrière s'est brisée lors de la rupture en vol de la partie droite de l'empennage horizontal.

2.5 Témoignages

2.5.1 Amie du pilote dont la maison a été survolée

L'amie du pilote dont la maison est proche du lieu de l'accident indique que le pilote survolait souvent son habitation. Le pilote lui demandait de le saluer car « *d'en haut, il voit bien* ». Le jour de l'accident, de son jardin, elle l'a vu passer deux fois, à quelques minutes d'intervalle (trajectoire rouge sur la [Figure 1](#)). Elle lui a fait signe de la main à chaque fois. Après le deuxième passage, elle est rentrée dans sa maison puis a entendu un gros bruit. Elle n'a pas imaginé que l'ULM s'était écrasé.

2.5.2 Témoins au sol

Plusieurs témoins situés à proximité du lieu de l'accident expliquent avoir vu et entendu le déclenchement du parachute de secours, quelques instants avant la collision avec le sol, tandis que l'ULM se trouvait au niveau de la cime des arbres.

2.6 Remise en vol (REV)

L'initiative [REV de la Fédération française d'ULM \(FFPLUM\)](#) a pour objectif de favoriser, sur une démarche volontaire, la rencontre entre pilotes et instructeurs. Les vols avec un instructeur permettent d'aborder des situations normales mais aussi inusuelles afin de mieux les appréhender et de ne pas perdre des automatismes acquis lors de la formation initiale. Un programme théorique et pratique est préconisé, il aborde notamment le décrochage ou le virage engagé. Cette initiative est d'autant plus recommandée après une longue période d'inactivité.

Le 13 mai 2020, après le premier confinement lié à la pandémie COVID19, la FFPLUM a publié un communiqué⁽⁷⁾ considérant que les vols en double étaient possibles dans le cadre de la remise en vol dans le respect de certaines règles, notamment sanitaires.

⁽⁷⁾ <https://ffplum.fr/actualites/2020/communiqu-e-ffplum-mercredi-13-mai>

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

Dans les mois qui ont précédé le vol de l'accident, le pilote a modifié le système d'admission du moteur de son ULM. La veille du jour de l'accident, le pilote a réalisé un vol « *essai injection* » d'une quinzaine de minutes après sept mois d'interruption de vol.

Le jour de l'accident, le pilote a survolé plusieurs habitations d'amis. Le vol s'est déroulé à une hauteur de l'ordre de 1 500 ft. Lors d'un demi-tour vers la plate-forme ULM, au-dessus de la maison d'une amie, l'assiette de l'ULM a fortement diminué tandis que sa vitesse a augmenté, s'approchant de la VNE.

La possible présence d'un jeu introduit sur la chaîne de commande du compensateur de profondeur lors de la modification du système d'admission du moteur par le pilote a pu générer un phénomène de couplage aéroélastique (« *flutter* ») sur la gouverne de profondeur droite, engendrant un battement. Les efforts alternés ont augmenté rapidement jusqu'à sa rupture en vol. Solidaire du stabilisateur par ses charnières, la gouverne de profondeur a introduit un effort anormal en flexion ascendante et en torsion sur le stabilisateur conduisant à la rupture brutale de son longeron puis à sa séparation complète en vol.

Avec un demi empennage horizontal en place et une gouverne de profondeur défectueuse, il est probable que le pilote ne pouvait garder le contrôle de son ULM qui a continué à descendre. Le pilote a déclenché le parachute de secours à une hauteur insuffisante et l'ULM est entré en collision avec le sol.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à l'augmentation de la vitesse proche de la VNE, en virage :

- ☐ Le survol des habitations de ses amis, ce qui a pu attirer l'attention du pilote sur des éléments non nécessaires à la conduite du vol.
- ☐ La reprise des vols par le pilote après une période d'inactivité de sept mois, sans vol préalable avec un instructeur, contrairement à ce que préconise la FFPLUM (initiative REV).

Ont pu contribuer à la rupture en vol de la partie droite de l'empennage horizontal :

- ☐ L'augmentation de la vitesse vers la VNE.
- ☐ Un phénomène de couplage aéroélastique (« *flutter* ») sur la gouverne de profondeur droite en raison d'un jeu probable sur la chaîne de commande de compensateur de profondeur introduit lors de la modification par le pilote du système d'admission du moteur.
- ☐ L'absence d'équilibrage de la gouverne de profondeur (VL-3 de numéro de série inférieur à 100).

Il n'a pas été possible d'écarter l'éventualité que la qualité perfectible du longeron du stabilisateur ait pu contribuer à sa rupture prématurée.

Mesures prises par le constructeur

Le 8 février 2021, JMB Aircraft a publié un document « *Safety Alert* » afin de diminuer la VNE de 305 km/h à 260 km/h pour les VL-3 dont le numéro de série est compris entre 1 et 99, s'appliquant donc à l'ensemble des VL-3 produits par Aveko. Ce document a été partagé avec la FFPLUM et la DSAC. La FFPLUM l'a ensuite diffusé auprès de ses abonnés dans un Flash Info Sécurité.

Le document « *Safety Alert* » a été accompagné d'un email pour les propriétaires français et belges, expliquant les principaux faits de l'accident du 59DAE et rappelant « *qu'en cas de perte de contrôle, il est indispensable de tirer le parachute de secours au plus vite* ». JMB Aircraft rappelle également qu'il faut dégoupiller le parachute avant le décollage.