

Accident du Dyn'aero MCR01 ULC identifié 21ABU

survenu le 24 février 2018
à Trignac (44)

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

Heure	À 14 h 51 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Nature du vol	Vol local
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, ULM détruit

Sortie dissymétrique des volets en finale, perte de contrôle et collision avec le sol

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages et des enregistrements des radiocommunications.

Le pilote décolle à 14 h 34 de l'aérodrome de Saint-Nazaire Montoir (44) pour effectuer des tours de piste à bord du MCR01 ULC dont il est copropriétaire. Le premier circuit d'aérodrome se déroule normalement. À 14 h 51, à l'issue de son deuxième circuit, le pilote s'annonce en finale 07. Le contrôleur autorise l'atterrissage après avoir fait confirmer au pilote qu'il fera un complet. Trente secondes plus tard, le pilote annonce « *Fox Uniform Papa, en péril* »⁽²⁾ et reste en émission permanente puis répète trois fois « *MAYDAY* ». Un témoin à bord d'un avion au point d'attente voit le MCR01 en virage avec une très forte inclinaison, à une hauteur estimée à 50 m. L'appareil entre en collision avec le sol.

⁽²⁾ Son indicatif radio
était le F-JFUP.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 57 ans, était titulaire d'un brevet de pilote ULM depuis novembre 2017. Il avait été formé sur Bristell XL8 et avait acquis en copropriété le MCR01 ULC identifié 21ABU pendant l'été 2017. Il avait volé une dizaine d'heures sur le MCR depuis décembre 2017, dont trois vols d'une heure avec le copropriétaire pour se familiariser avec l'ULM.

2.2 Conditions météorologiques

Les METAR de l'aérodrome de Saint-Nazaire de 14 h 30 et 15 h 00 font état d'un vent variable entre 020° et 090° pour 10kt, d'une visibilité de 7 000 m et de l'absence de nuage significatif.

2.3 Renseignements sur l'aéronef

Le MCR 01 ULC est un ULM conçu et fabriqué par la société Dyn'Aero. Cette dernière a cessé ses activités en 2017. La société SE Aviation détient désormais le certificat d'éligibilité⁽³⁾ pour les MCR.

L'ULM 21ABU a été mis en service en 2001. Il a été racheté en 2013 par trois personnes en copropriété. En 2017, deux des copropriétaires ont revendu leurs parts, et le pilote de l'accident s'était porté acquéreur de la moitié de l'appareil. L'ULM totalisait environ 328 heures de vol le jour de l'accident.

2.4 Examens

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

Les principales observations de l'examen sur site sont les suivantes :

- L'aéronef a sectionné des câbles électriques, a impacté le sol sur le dos avec un faible angle à piquer et une légère inclinaison sur la droite (aile gauche) avant de s'immobiliser contre un mur ;
- L'aéronef était entier au moment de l'impact avec le sol ;
- les commandes de vol étaient toutes continues avant l'impact ;
- la position du mécanisme de commande des volets indique que le volet gauche était en position « rentré » alors que le droit était en position intermédiaire ;
- la commande de volets est retrouvée en position « rentrés ».

Le mécanisme de commande des volets a été prélevé pour examen au laboratoire matériaux et analyse de défaillance du BEA afin de déterminer l'origine de la position dissymétrique des volets.

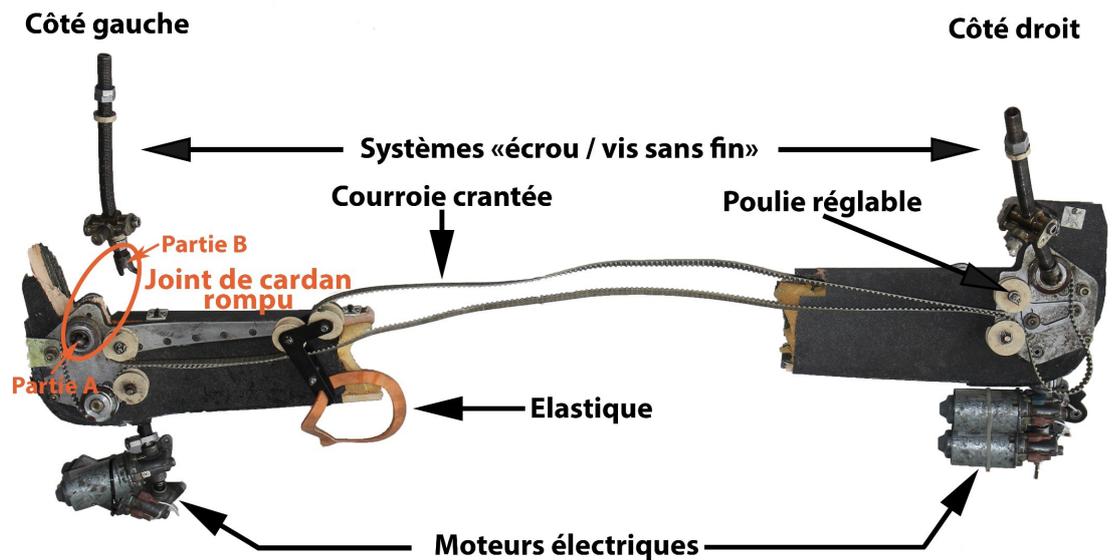
2.4.2 Examen du mécanisme de commande des volets

Le détail des examens réalisés au laboratoire matériaux et analyse de défaillance du BEA sur le mécanisme de commande des volets est disponible en annexe de ce rapport.

La rentrée et la sortie des volets se fait au travers d'un système de commande électromécanique. Quatre moteurs électriques actionnent un ensemble de poulies et une courroie crantée. La rotation des poulies entraîne la rotation de deux vis sans fin, situées de chaque côté de l'appareil proche de l'implanture des ailes dans le fuselage, au travers de deux articulations de type joint de cardan à croisillon⁽⁴⁾. La rotation de chaque vis sans fin entraîne la translation d'un écrou en bronze qui commande la rentrée ou la sortie du volet correspondant. Ainsi la position de ces écrous sur les vis sans fin est directement liée à la position des volets sur l'ULM. La synchronisation de la sortie des volets droit et gauche est assurée par la courroie crantée. Cette courroie crantée est tendue à l'aide du réglage de la position d'une des poulies. Le système possède également un tendeur de secours à élastique qui permet de compenser une légère perte de tension de la courroie.

⁽³⁾ Le détenteur du certificat d'éligibilité pour un type d'aéronef est, entre autres, chargé du suivi de navigabilité de ce type.

⁽⁴⁾ Un joint de cardan à croisillon est un dispositif mécanique qui permet d'accoupler deux axes en rotation. Sur l'aéronef accidenté, les joints de cardan à croisillon présents de chaque côté de l'aéronef permettent de relier l'axe des poulies (entraîné en rotation par le système moteurs électriques / courroie crantée) à l'axe des vis sans fin en permettant d'absorber les mouvements relatifs angulaires des deux axes introduits principalement par les vibrations inhérentes à l'exploitation d'un aéronef et d'éventuels débattements des volets.



Source : BEA

Figure 1: Système de commande des volets prélevés pour examen au laboratoire matériaux et analyse de défaillance du BEA

Les deux vis sans fin ont été retrouvées fléchies. La position des écrous sur ces vis permet d'indiquer que les volets droit et gauche étaient dans une position dissymétrique lors de l'impact de l'aéronef avec le sol. Le volet droit était en position 1/3 sorti alors que le volet gauche était en position rentré.

Les examens réalisés sur le système de tension de courroie (position de la poulie réglable, courroie crantée et tendeur de secours) n'ont révélé aucune anomalie de celui-ci au moment de l'accident hormis l'utilisation d'un élastique non préconisé par le constructeur⁽⁵⁾ comme tendeur de secours. Il n'a pas été possible d'évaluer l'efficacité de cet élastique. SE Aviation affirme cependant que le tendeur de secours n'est pas indispensable si les poulies sont correctement réglées.

Côtés droit et gauche de l'aéronef, les écrous en bronze ne montrent pas d'usure excessive remettant en cause leur fonctionnalité.

Côté gauche de l'aéronef, les examens de la tige du joint de cardan ont montré qu'elle s'est probablement rompue en fatigue sous des efforts de torsion alternés qui ont été introduits par le blocage de la tige dans son croisillon⁽⁶⁾. Ce blocage est dû à des frottements anormaux (problème de lubrification, pollution, etc.) entre ces deux pièces et l'impossibilité du système à évacuer les débris d'usure ainsi générés (voir Figure 2). Une coupe métallographique longitudinale a mis en évidence que la rupture en fatigue a eu lieu dans une zone affectée thermiquement (ZAT). La tige est en effet encastrée dans son oreille par un processus de soudage.

Côté droit de l'aéronef, la tige du joint de cardan montre des légères traces d'usures et est toujours libre en rotation au sein de son croisillon. Une coupe métallographique longitudinale (voir Figure 3) de la tige a mis en évidence la présence de fissures dans la ZAT par la soudure.

⁽⁵⁾ L'élastique préconisé par le constructeur a pour P/N : ZMAWC2P00.

⁽⁶⁾ Composant interne du joint de cardan, pour plus de détails se reporter au rapport en annexe.

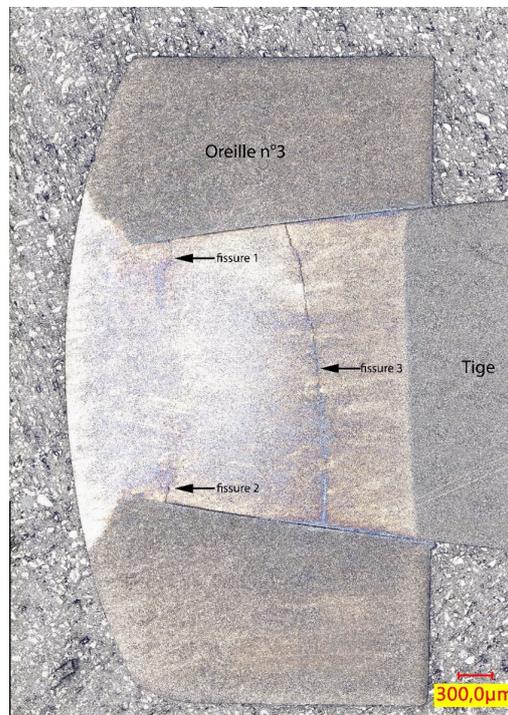
Le profil intergranulaire de certaines des fissures observées côté droit et de certaines zones du faciès de rupture observé côté gauche peut indiquer la présence de fissures dès la fabrication des joints de cardan générées lors du processus de soudage.

BEA



Source : BEA

Figure 2 : Examen du joint de cardan côté gauche



Source : BEA

Figure 3 : Coupe métallographique longitudinale de la tige côté droit après attaque au Nital 4 %
 Notez la présence de fissures dans la ZAT

⁽⁷⁾ Quatre joints de cardan avec environ 1 000 h de fonctionnement fournis par SE Aviation et un joint de cardan neuf acheté non monté sur sa vis auprès de SE Aviation.

⁽⁸⁾ Le site internet de SE Aviation indique que la société est l'unique référent mondial en matière de MCR depuis octobre 2015 ainsi que le distributeur exclusif de la gamme MCR.

⁽⁹⁾ Référence : M EX NO 03 06 en date du 10 avril 2013.

⁽¹⁰⁾ Nettoyage à la WD-40 avant de remettre de la graisse neuve de type Aeroshell grease 33 ou standard en tube.

2.4.3 Examen sur différents joints de cardan de MCR01 ULC

Pour comparaison, d'autres joints de cardan ont été examinés⁽⁷⁾. Des différences de fabrication ont été mise en évidence avec celui de l'aéronef accidenté :

- encastrement de la tige par sertissage et non par soudage ;
- forme arrondie des mâchoires.

Ces deux caractéristiques semblent être présentes sur les joints de cardan les plus récents. Dans le cadre de l'enquête, il n'a pas été possible d'établir une traçabilité des diverses modifications de gamme de fabrication que le joint de cardan a pu subir sous la même référence. SE Aviation⁽⁸⁾ a indiqué au BEA qu'à sa connaissance, les joints de cardan ont toujours été commandés sous la même référence et au même fabricant. Ces joints de cardan sont communs aux MCR ULC (version avant et après 2014), MCR Mini Cruiser, MCR Club, MCR ULC Oleo et MCR M.

Il n'a pas été possible d'établir si les joints de cardan avec tige encastrée par soudage présentent une faiblesse particulière par rapport à ceux qui ont une liaison encastrement par sertissage.

La rupture en fatigue de la tige du joint de cardan de l'accident est la seule connue à ce jour par le BEA. SE Aviation a également indiqué au BEA ne pas avoir eu connaissance d'autres ruptures de ce type.

2.5 Maintenance

2.5.1 Maintenance prévue par le manuel d'entretien

Selon le manuel de maintenance de l'aéronef⁽⁹⁾, il est demandé, lors de la visite 50 h, de la visite 100 h (ou visite annuelle) et de la visite 1 000 h, de graisser les cardans de vis sans fin de commande des volets⁽¹⁰⁾ et de vérifier les commandes de vol (points dur et jeux).

Les visites 1 000 h et 5 ans sont désignées comme visites détaillées par le manuel de maintenance. Seule la visite 1 000 h requière la dépose et la pose des commandes de vol. Il y est demandé de vérifier la cinématique des articulations.

Il y est aussi indiqué que lorsqu'une visite 5 ans est due, il est obligatoire d'y associer soit une visite 100 h, soit une visite 1 000 h (selon les heures de fonctionnement de l'aéronef).

2.5.2 Historique de la maintenance de l'ULM

La dernière visite 100 h de l'ULM datait de janvier 2017 et avait été effectuée par le copropriétaire. Ce dernier indique qu'il avait prévu de faire une visite 100 h peu après la date de l'accident. L'ULM ne totalisant que 328 heures de vol, il n'a jamais fait l'objet d'une visite 1 000 h à la connaissance du copropriétaire. Seule une visite 5 ans avait été faite lors du rachat de l'ULM.

Une rupture de l'axe d'un des deux moteurs de la commande de volets côté droit de l'aéronef en mai 2017 avait conduit à des opérations de maintenance après la réparation comprenant le graissage des cardans. Un contrôle visuel du système de volets a ensuite été effectué en juillet 2017. L'ULM avait volé une dizaine d'heures depuis.

L'enquête n'a pas permis de documenter la maintenance et les heures de vol de l'aéronef entre 2007 et 2013. Étant donné le faible nombre d'heures de vol de l'aéronef par rapport à son âge (16 ans), il est possible que celui-ci ait subi une période de stockage ou de faible utilisation. Un stockage non maîtrisé peut entraîner un défaut de lubrification, une pollution, qui peut ne pas être corrigé par les opérations de graissage lors de l'entretien courant.

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

Une sortie dissymétrique des volets lors de la finale a rendu l'ULM difficile voire impossible à contrôler. La faible hauteur n'a pas laissé assez de temps au pilote pour reprendre le contrôle de l'aéronef avant l'impact avec le sol.

La sortie dissymétrique des volets est probablement due à la rupture en fatigue sous des efforts de torsion alternés d'une pièce composant le joint de cardan de la commande de volets du côté gauche de l'aéronef. Ces efforts de torsion ont été introduits par des contacts anormaux entre des pièces internes du joint de cardan, pouvant avoir été favorisés par un défaut de lubrification. Le manque de documentation relative à la maintenance de l'aéronef, notamment entre 2007 et 2013, n'a pas permis de déterminer si le défaut de lubrification a pu être lié à un défaut de maintenance ou à un stockage de l'aéronef non maîtrisé.

Mesures de sécurité prises à la suite de cet accident

Un blocage dû à un défaut de lubrification sur l'ULM accidenté ne pouvait être détecté que lors d'une visite 1 000 h.

À la suite de cet accident, la société SE Aviation a publié une mise à jour du manuel de maintenance accompagnée d'un bulletin de service demandant une vérification des cardans de la commande de volets toutes les 50 h pour tous les MCR concernés. La DGAC a publié un bulletin d'information relatif à cet accident pour informer les propriétaires des changements apportés par SE Aviation⁽¹¹⁾.

SE Aviation propose par ailleurs un remplacement du système de commande de volets par un dispositif plus robuste.

⁽¹¹⁾ Le bulletin d'information est disponible à l'adresse suivante : [http://www.regles-osac.com/OSAC/br.nsf/c1bd7c9ce5e5e2ec1256b8f00293f97/4f75f96e88377252c12584d4002a3ab7/\\$FILE/BI2019_06.pdf](http://www.regles-osac.com/OSAC/br.nsf/c1bd7c9ce5e5e2ec1256b8f00293f97/4f75f96e88377252c12584d4002a3ab7/$FILE/BI2019_06.pdf)