

Rapport

Accident survenu **le 25 septembre 2011**
à l'avion Dyn'Aéro MCR01 VLA Sportster
à Heimsbrunn (68)
immatriculé **F-PSLA**

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

Les enquêtes de sécurité

Le BEA est l'autorité française d'enquêtes de sécurité de l'aviation civile. Ses enquêtes ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement la détermination des fautes ou responsabilités.

Les enquêtes du BEA sont indépendantes, distinctes et sans préjudice de toute action judiciaire ou administrative visant à déterminer des fautes ou des responsabilités.

Table des matières

LES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ	2
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Tués et blessés	6
1.3 Dommages à l'aéronef	6
1.4 Autres dommages	6
1.5 Renseignements sur le personnel	6
1.6 Renseignements sur l'aéronef	6
1.6.1 Cellule	6
1.6.2 Moteurs	7
1.6.3 Particularité des gouvernes du MCR 01 Sportster	7
1.7 Renseignements météorologiques	8
1.8 Aides à la navigation	8
1.9 Télécommunications	8
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	8
1.11 Enregistreurs de bord	8
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	8
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	8
1.14 Incendie	8
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	8
1.16 Essais et recherches	9
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	11
1.18 Renseignements supplémentaires	11
2 - ANALYSE	11
2.1 Scénario de l'accident	11
2.2 Usure des filets en service	12
2.3 Assemblage douille-insert/vis-mère	12
2.4 Tolérances du jeu axial au cours du temps	12
3 - CONCLUSION	13
3.1 Faits établis par l'enquête	13
3.2 Causes de l'accident	13
3.3 Actions entreprises à la suite de l'accident du F-PSLA	13

Glossaire

DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
CNSK	Certificat de Navigabilité Spécial d'aéronef en Kit
VLA	Very Light Aircraft

Synopsis

Rupture de la commande de roulis, dissymétrie de portance, perte de contrôle en vol, collision avec le sol

Aéronef	Avion Dyn'Aéro MCR Sportster immatriculé F-PSLA
Date et heure	25 septembre 2011 vers 16 h 05 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Lieu	Heimsbrunn (68)
Nature du vol	Aviation générale
Personne à bord	Un pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, avion détruit

⁽¹⁾Heure locale.

RÉSUMÉ

Le pilote décolle de l'aérodrome de Mulhouse Habsheim, pour un vol local, vers 16 h 00.

Environ cinq minutes après le décollage, des témoins indiquent qu'ils ont vu l'avion « décrocher » puis se stabiliser avant de « décrocher » une seconde fois et tomber jusqu'au sol.

L'enquête a montré que l'accident est dû à la défaillance du mécanisme de contrôle des flaperons. Cette défaillance a conduit à une dissymétrie de portance et, consécutivement, la perte de contrôle en roulis de l'avion.

Les actions de maintenance n'ont pas permis de détecter le jeu excessif dans le système de commande des flaperons.

De plus, l'enquête a mis en évidence une conception inadaptée de cette commande de vol ainsi qu'une documentation de maintenance imprécise et contradictoire.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le pilote, copropriétaire de l'avion, décolle de l'aérodrome de Mulhouse Habsheim (68) vers 16 h 00 pour un vol local. Environ cinq minutes après le décollage, des témoins voient l'avion « décrocher » puis se stabiliser avant de « décrocher » une seconde fois et tomber jusqu'au sol.

1.2 Tués et blessés

Le pilote, seul à bord, est décédé.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est détruit.

1.4 Autres dommages

Sans objet

1.5 Renseignements sur le personnel

Pilote

Homme, 53 ans :

- licence de pilote privé avion délivrée le 23 janvier 1979 par la DGAC ;
- licence vol à voile délivrée le 29 août 1977 par la DGAC.

Il totalisait à la date du 22 juin 2010 :

- 2 038 heures de vol sur avion, dont 1992 en qualité de commandant de bord ;
- 1 037 heures de vol sur planeur.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Cellule

Le MCR01 VLA « Sportster » est un avion en kit monomoteur, biplace côte à côte et à aile basse. La structure du fuselage est en carbone. Le revêtement de la voilure et des gouvernes est en alliage léger.



Figure 1- avion MCR01 VLA immatriculé F-PSLA

Producteur du kit	Dyn'Aero
Type	MCR01 VLA « Sportster »
Numéro de série	52
Mise en service	25 octobre 1999
Fiche d'éligibilité du kit en classe 2	n° 2A-0005 délivrée par la DGAC le 26/06/2001
CNSK	Renouvelé le 3 septembre 2010 et valide jusqu'au 13 octobre 2013
Utilisation au 25/09/2011	1 168 heures de vol

1.6.2 Moteurs

Constructeur	BOMBARDIER ROTAX
Type	912-UL
Numéro de série	4403347
Temps total de fonctionnement	987 heures
Temps de fonctionnement depuis la révision annuelle (ou 100 h)	65 heures

1.6.3 Particularité des gouvernes du MCR 01 Sportster

Cet avion est équipé de « *flaperons* ». Ces gouvernes sont situées sur le bord de fuite de chaque demi-aile et combinent la fonction de gauchissement (ailerons) et de portance (volets). En plus de contrôler l'axe de roulis de l'avion comme le font des ailerons traditionnels lorsqu'ils sont braqués de façon dissymétrique, les flaperons peuvent aussi être braqués symétriquement comme des volets hypersustentateurs.

Le braquage de chaque volet est assuré par le déplacement d'un chariot mobile entraîné par un système vis-mère et douille-insert fileté.

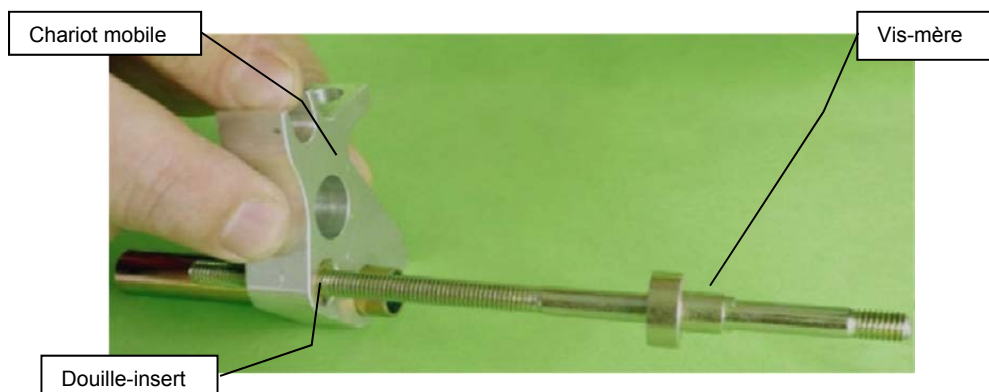


Figure 2 - ensemble vis-mère/chariot mobile (modèle neuf)

1.7 Renseignements météorologiques

Le jour de l'accident les conditions météorologiques étaient compatibles avec les règles de vol à vue.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'avion n'était pas équipé d'enregistreur de vol, la réglementation en vigueur pour ce type d'aéronef ne l'exige pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'épave a été retrouvée dans un champ à environ un kilomètre au sud de la commune de Heimsbrunn (68) et environ 8 NM à l'est de l'aérodrome de départ.

L'examen de l'épave montre une forte énergie verticale à l'impact. La vis-mère du système de commande du flaperon gauche a été retrouvée désolidarisée de la douille-insert et déformée.

Les systèmes de commande des flaperons gauche et droit ont été prélevés et envoyés pour examen au BEA.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La violence de la collision avec le sol ne laissait aucune possibilité de survie au pilote.

1.16 Essais et recherches

Programme de maintenance du MCR 01 Sportster

L'examen de la documentation du MCR 01 Sportster fait apparaître que l'opération de contrôle du jeu axial entre la vis-mère et la douille-insert est définie par deux documents aux contenus contradictoires :

- ❑ le Bulletin de Service Obligatoire BS 20 F 0010 du 30 juin 2000, relatif à « *l'usure du filetage de la vis-mère et du taraudage du chariot d'entraînement du système de volet* » impose un démontage immédiat, puis toutes les 100 heures afin de contrôler l'absence totale de jeu axial (dans le sens du déplacement du chariot) entre la vis et le chariot ;
- ❑ le Manuel de Maintenance du constructeur, édition novembre 2008, impose un contrôle du jeu de la vis-mère de la commande des volets dans le chariot mobile toutes les 50 heures. La tolérance du jeu axial ne doit pas dépasser 0,3 mm. Il n'est pas défini de méthode de contrôle.

Maintenance du MCR 01 Sportster F-PSLA

Les documents de maintenance de l'avion indiquent que les chariots mobiles ont été changés en 2000, à 384 heures de vol et, en 2004, à 843 heures de vol.

L'accident est survenu à 1 168 heures de vol, soit 325 heures après le dernier échange.

L'examen de la documentation de l'aéronef montre qu'une visite annuelle de 100 heures aurait dû être inscrite sur le Livret d'Aéronef avant le 22 mai 2011. Cette opération d'entretien n'y apparaît pas. Selon un témoin, cette visite aurait été accomplie par le pilote sans y avoir été inscrite.

Examen du système de commande des flaperons

L'examen du système de commande des flaperons montre que cet assemblage était conforme aux spécifications du constructeur.

La figure 3 montre que le filetage intérieur de la douille-insert du flaperon gauche est endommagé et que l'usure des filets n'est pas symétrique.

La figure 4 montre l'usure du filet intérieur de la douille de l'insert du flaperon gauche par rapport à la géométrie théorique d'un filet normalisé ISO au pas de 1 mm.

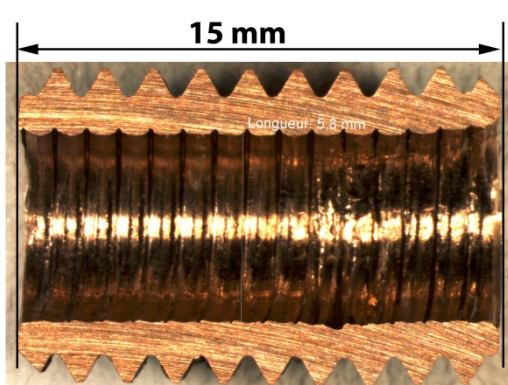


Figure 3 - douille-insert du flaperon gauche

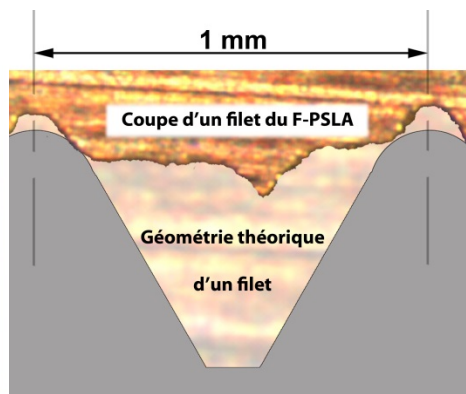


Figure 4 - coupe du filet restant

Les mêmes constats sont faits sur la douille-insert du flaperon droit. Cependant la vis-mère est restée solidaire de la douille-insert droite.

Etude de la liaison entre la vis-mère et la douille-insert

La figure 5 représente un filetage normalisé ISO au pas de 1 mm à l'état neuf. Les surfaces de la vis et de l'insert sont en contact. Un jeu axial minimal autorise le libre mouvement entre ces deux pièces.

La figure 6 représente la position relative entre la vis et un insert usé avec un jeu axial théorique de 0,3 mm. La surface dessinée en jaune représente la surface du filet de l'insert détruite par usure de la vis⁽²⁾.

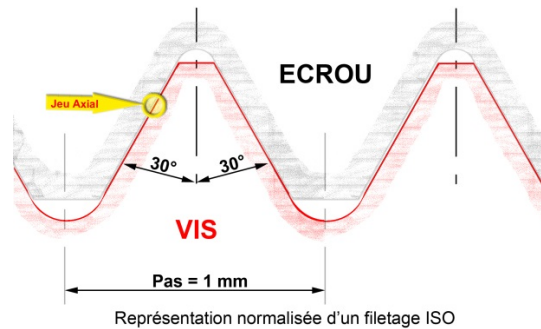


Figure 5 - filetage normalisé ISO au pas de 1 mm

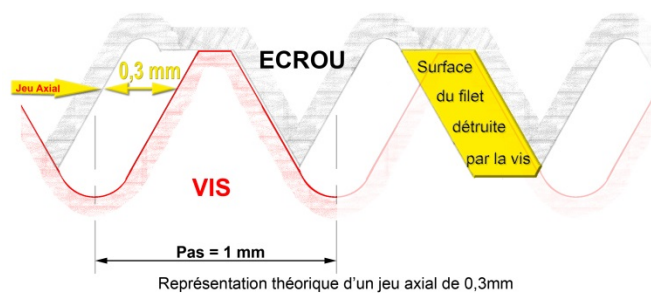


Figure 6 - jeu axial de 0,3 mm

Le jeu axial de 0,3 mm correspond à une usure des filets de 0,3 mm et représente une usure d'environ 50 % de la section de travail du filet.

L'examen de la coupe de la douille-insert indique que l'usure des filets est plus importante aux extrémités qu'au centre de la douille. Cette usure, dite en « *diabolo* », montre que les efforts générés par le déplacement de la vis-mère à l'intérieur de la douille-insert ne s'appliquent pas dans l'axe de ces deux pièces. Ce défaut d'alignement pourrait avoir entre autres pour origine :

- le positionnement inadéquat des pièces lors de la construction de l'avion ayant pour conséquence un mauvais alignement entre la vis-mère et la douille-insert ;
- une douille-insert trop courte qui n'assure pas une longueur de guidage suffisante de la vis-mère ;
- une ovalisation progressive de l'orifice du cadre avion qui supporte le mécanisme d'entraînement de la vis-mère. Cette déformation s'ajoute au jeu possible de la vis-mère.

⁽²⁾Pour faciliter la compréhension du phénomène, il a été considéré que seul l'insert était sujet à l'usure et que la vis tournait toujours dans le même sens. Dans la réalité l'usure du montage est inégalement répartie entre la vis et l'écrou. La répartition de l'usure des faces en contact est fonction du sens de rotation de la vis et des efforts appliqués.

Conclusion des examens

Le jeu axial d'une valeur de 0,3 mm n'est pas compatible avec la taille du filetage de la douille-insert. L'usure diminuant progressivement la surface de contact, les contraintes de frottement au contact augmentent en conséquence et ce, de manière non linéaire. Ce phénomène est rapidement divergeant. Cette usure peut être encore aggravée si le guidage de la vis-mère est insuffisant, comme l'indique la forme en « *diabolo* » de la douille. La présence d'un tel jeu conduit donc rapidement à la rupture des restes des fonds de filets encore en prise et la libération de la vis-mère.

Il n'a pas été possible de mesurer le jeu axial de l'ensemble vis écrou correspondant à la situation de l'ensemble au moment de l'accident. Cependant, la géométrie de ce qui reste de cet assemblage laisse penser que ce jeu était nettement supérieur à cette valeur de 0.3 mm.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

Le MCR01 VLA « *Sportster* » est un aéronef soumis aux exigences de navigabilité du régime de Certification de Navigabilité Spéciale pour Aéronef en Kit (CNSK). Ce régime est déclaratif. La déclaration d'éligibilité est délivrée sans contrôle a priori, sur la simple demande de certificat de conformité du constructeur.

1.18 Renseignements supplémentaires

Événement antérieur

Le 19 juillet 2010, le BEA avait enquêté sur l'accident survenu au MCR01 immatriculé F-PFDE⁽³⁾. Lors de cet événement, la défaillance du mécanisme de commande des flaperons avait conduit à une rupture de la continuité de la commande de roulis, provoquant un braquage dissymétrique des flaperons et la perte de contrôle en roulis de l'avion.

L'enquête avait montré une usure anormale de la douille-insert du chariot mobile de la commande du flaperon gauche. Les analyses métallurgiques réalisées avaient montré que cette usure avait pour origine une incompatibilité entre les matériaux utilisés pour assurer cette liaison. Le pilote avait détecté préalablement la présence d'un jeu anormal entre la vis-mère et la douille-insert sans apporter de correction et en avait vraisemblablement sous-évalué les conséquences.

2 - ANALYSE

2.1 Scénario de l'accident

L'enquête a permis d'établir qu'après cinq minutes de vol environ, la vis-mère du flaperon gauche s'est désolidarisée de sa douille-insert. Cette défaillance a provoqué un braquage dissymétrique des flaperons et un départ en roulis de l'avion, que le pilote n'a pas pu contrer. L'avion est entré en collision avec le sol.

⁽³⁾Accident du 19 juillet 2010 survenu au MCR01 immatriculé F-PFDE. Voir le rapport du BEA : <http://www.bea.aero/docspa/2010/f-de100719/pdf/f-de100719.pdf>

2.2 Usure des filets en service

Contrairement à l'accident du MCR01 immatriculé F-PFDE où des matériaux défectueux avaient été utilisés, les examens pratiqués sur les pièces du F-PSLA n'ont pas mis en évidence ce type d'anomalies. En revanche, ils ont montré que les déplacements de la vis-mère ont détruit la matière constituant le filet de la douille-insert. Il s'agit d'une usure et non d'un arrachement. Les travaux accomplis en relation avec le constructeur indiquent une contribution particulière de l'usure dite en « *diabolo* ». Celle-ci est en partie liée à la qualité irrégulière du montage de la douille-insert sur la cellule conduisant à un mauvais alignement et un guidage latéral insuffisant de la vis-mère.

Les modalités de contrôle de cet alignement prescrites par le constructeur, ainsi que l'absence d'outillage spécifique ne permettent pas de vérifier cet alignement et donc de fiabiliser le mécanisme de commande des flaperons.

2.3 Assemblage douille-insert/vis-mère

L'ensemble douille-insert/vis-mère a pour fonction de déplacer et de guider le chariot mobile. Le constructeur a choisi d'utiliser une tige filetée avec un profil ISO pour accomplir ces fonctions alors que ce profil est plus particulièrement adapté aux techniques d'assemblages vissés.

En mécanique générale, le profil trapézoïdal est reconnu et optimisé pour des fonctions de guidage sous contraintes car il offre une meilleure tenue mécanique dans le temps. Par exemple, ce profil est utilisé dans les machines-outils, pour le déplacement des tables de travail et d'usinage.

2.4 Tolérances du jeu axial au cours du temps

En 2000, le constructeur imposait une absence totale de jeu axial au niveau de la liaison entre la vis-mère et la douille-insert. Cette absence totale de jeu, qui s'avère uniquement théorique, ne permettrait pas le déplacement de la vis-mère par rapport à la douille-insert. En 2007, le constructeur a défini arbitrairement un jeu axial maximal de 0,3 mm.

Par la suite il a mis en place, de manière empirique, une série de mesures destinées à améliorer la détection de cette usure en diminuant progressivement les tolérances de ce jeu, qui sont passées successivement à 0,2 mm puis 0,1 mm (voir paragraphe 3.3). Ces mesures successives sont allées dans le sens de la sécurité au fur et à mesure de la meilleure compréhension du phénomène d'usure.

Depuis 2007 les essais accomplis par le constructeur montrent que le phénomène d'usure de ce système est particulièrement sensible à différents facteurs extérieurs tels que : poussière, défaut de graissage.

Le contrôle du jeu axial est une opération de maintenance inscrite dans le manuel de maintenance. Elle fait partie des contrôles obligatoires à accomplir pour maintenir la navigabilité de l'aéronef. Les examens en laboratoire sur l'aéronef accidenté ont montré que les douilles-inserts étaient usées au-delà de la limite autorisée par le constructeur. Cela avait été également le cas lors de l'accident du F-PFDE. Le manuel de maintenance ne préconisant pas de méthode de contrôle, les utilisateurs et les personnes responsables de la maintenance n'ont pas su détecter efficacement le jeu de ce mécanisme et n'ont donc pas pu procéder aux corrections avant d'utiliser leur aéronef.

3 - CONCLUSION

3.1 Faits établis par l'enquête

- ❑ Le pilote possédait les licence et qualification nécessaires pour entreprendre le vol.
- ❑ La documentation de l'aéronef ne mentionnait pas la visite annuelle de 100 heures prévue dans le Manuel d'Entretien. L'enquête n'a pas permis de démontrer que cette visite a été effectivement accomplie.
- ❑ Les examens techniques ont mis en évidence une usure excessive sur les douilles-inserts du système de manœuvre des flaperons, due à la combinaison :
 - du jeu axial, probablement supérieur à 0,3 mm incompatible avec la taille du filetage au pas de 1 mm, au regard des sollicitations auxquelles cette commande est soumise ;
 - d'un mauvais alignement entre la vis-mère et la douille-insert ;
 - de la fragilité de ce système à différents facteurs extérieurs (poussière, graisse).

3.2 Causes de l'accident

La rupture de la commande de roulis ayant provoqué l'accident est due à des actions de maintenance inadaptées qui n'ont pas permis de détecter le jeu excessif dans le système de commande des flaperons, ainsi qu'à une conception inadéquate de cette commande.

La documentation imprécise et contradictoire relative à la maintenance a pu contribuer à l'accident.

3.3 Actions entreprises à la suite de l'accident du F-PSLA

Dès le début de l'enquête, le BEA a constaté une usure anormale dans le système de commande des flaperons. Le 7 octobre 2011, le BEA a émis la recommandation urgente FRAN-2011-036 qui recommande à la DGAC de suspendre immédiatement de vol les avions de type MCR-01 Sportster VLA et qu'elle définisse une procédure sûre d'inspection et de contrôle des vérins de commande de volets à appliquer en préalable à la poursuite des vols.

En réponse, la DGAC a diffusé, le même jour, la consigne de navigabilité urgente UF-2011-003, qui impose une inspection avant tout nouveau vol, puis toutes les 25 heures, du système de commande des flaperons.

Le 18 juin 2012, le constructeur a émis le BS 12 F 0043 rendant obligatoire un système de commande de volets renforcé. Ce système reprend le principe général d'origine, il est « *rétrofitable* » sur tous les MCR « *Sportster* » en service.

- Les matériaux ont été revus, les diamètres augmentés et le manuel de maintenance a été mis à jour.
- Des procédures de contrôle du jeu axial ont été développées par le constructeur.
- La valeur du jeu axial a été réduite, elle est passée de 0,3 mm à 0,1 mm.
- Il a été défini une durée de vie de la vis-mère et de la douille-insert. Leur utilisation a été limitée à cinq ans ou 1 000 atterrissages.

L'installation de ce système ainsi que les consignes de maintenance associées ont été rendues obligatoires par la Consigne de Navigabilité de la DGAC n° F-2012-002 du 27 juin 2012. Cette Consigne de Navigabilité imposait de remplacer le système de commande des flaperons avant le 31 décembre 2012.

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

10 rue de Paris
Zone Sud - Bâtiment 153
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex - France
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03
www.bea.aero