

<sup>(1)</sup> Construction bois et toile.

<sup>(2)</sup> Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

<sup>(3)</sup> Altisurface privée du Vallon du Bergons, Salles d'Argelès (65), piste 33, pente moyenne 17 % (0 % en bas, 20 % en haut), altitude 3 445 ft.

## Accident du Jodel D140 C « Mousquetaire »<sup>(1)</sup> immatriculé F-BMBX

survenu le 10 août 2016  
sur l'altisurface de Salles-d'Argelès (65)

<b>Heure</b>	Vers 11 h 15 <sup>(2)</sup>
<b>Exploitant</b>	Privé
<b>Nature du vol</b>	Vol en montagne
<b>Personnes à bord</b>	Pilote et un passager
<b>Conséquences et dommages</b>	Aéronef détruit

### Rupture de l'aile au roulement à l'atterrissage sur une altisurface

#### 1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote, accompagné d'un passager également pilote, décolle de Castelnaud-Magnoac (65). Le pilote indique qu'il effectue une reconnaissance haute puis basse de l'altisurface du Bergons (65)<sup>(3)</sup>, en vue d'y atterrir. Le vent est faible, un peu irrégulier. Un autre avion vient d'atterrir. Après une finale stabilisée, le pilote atterrit trois points environ 40 m après le seuil de la piste, légèrement à gauche de l'axe de piste. Alors que l'avion roule, le pilote agit sur le palonnier droit pour revenir vers l'axe. Il entend un fort craquement. L'avion dévie fortement à gauche et s'immobilise au bord de la piste, l'aile gauche rompue. Le pilote explique que l'atterrissage était ferme, comme cela arrive fréquemment lors d'atterrissages en montagne, mais pas excessivement.

Le propriétaire de l'altisurface a observé l'atterrissage qui lui a semblé correct, pas particulièrement dur. Il a vu l'aile gauche casser.



Source : BEA

Figure 1 : Épave du F-BMBX

## 2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

### 2.1 Renseignements sur le site et l'épave

Les traces de l'atterrissage montrent que l'avion a roulé trois points pendant une trentaine de mètres avant que la trace laissée par le train gauche commence à s'écarter des deux autres traces de roues. Le premier débris de bois est trouvé à proximité, un peu plus loin dans le sens de la trajectoire.

Un examen initial de l'aile a été effectué sur le site. La rupture de la partie gauche de l'aile est localisée entre le train principal et la jonction au fuselage.



Source : BEA

Figure 2 : Vue de la zone de rupture du longeron, prise vers le fuselage

<sup>(4)</sup> Essais de mesure d'absorption d'énergie au choc par mouton pendule de Charpy. Les documents principaux relatifs aux bois, leurs caractéristiques, débits et mesures sont :  
 - Le bulletin américain ANC-19 (avril 1951) « *Wood Aircraft Inspection and Fabrication* »,  
 - la norme française NF L17-996 (mars 1995) qui spécifie les conditions techniques de réception et d'emploi des bois bruts débités, utilisés dans les constructions aéronautiques ainsi que les méthodes d'essais.

L'aile a été dans un premier temps examinée au BEA puis chez un menuisier aéronautique afin de déterminer les qualités mécaniques des matériaux et assemblages. Lors des examens visuels effectués au BEA, une première mesure de l'humidité des bois des semelles a montré un taux plus élevé sur la semelle inférieure arrière gauche, proche de l'emplanture que dans le reste du longeron.

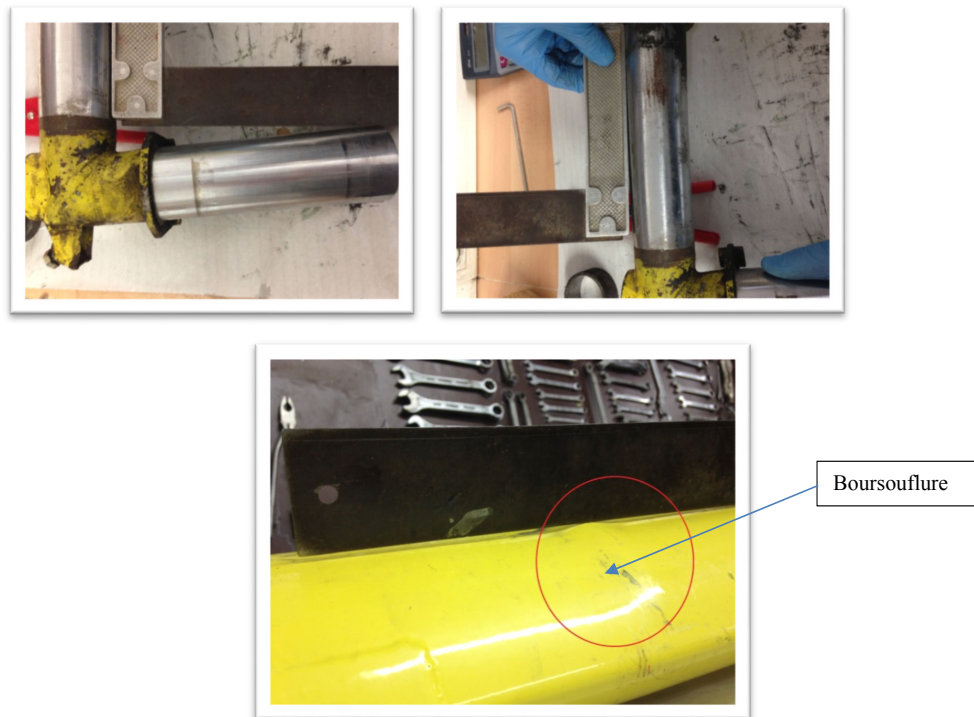
Des travaux, il ressort que :

- ❑ Le longeron présente deux zones de rupture : l'une à l'emplanture gauche, l'autre au niveau de la fixation du train gauche.
- ❑ La construction du longeron (bois utilisés, collages) ne présente pas d'anomalie susceptible d'expliquer l'accident. Aucun défaut de collage significatif n'a été constaté.
- ❑ Des traces d'humidité sont présentes, tant sur l'entoilage inférieur de la voilure proche de l'emplanture que sur la structure, y compris sur les flancs internes du fuselage. Les mesures hygrométriques effectuées au BEA et en atelier plusieurs mois après l'événement à différents endroits du longeron montrent que les taux d'humidité les plus importants sont observés dans les zones de rupture, principalement localisées sur la semelle inférieure arrière (Zone ZR4), par rapport au reste du côté gauche du longeron. Des variations similaires sont également observées sur la partie symétrique de la demi-aile droite.
- ❑ Les résultats des essais mécaniques réalisés sur les éprouvettes prélevées sur les quatre semelles, coté fuselage comme coté train, indiquent que les côtes dynamiques<sup>(4)</sup> des bois employés sont au minimum « *premier choix* », voire « *surchoix* ». Ces résultats sont conformes aux exigences du constructeur.

Les observations des faciès des ruptures tendent à indiquer que la première rupture est intervenue dans la zone de la semelle inférieure arrière gauche, au niveau de la fixation du train.

Les jambes de train ont été examinées dans un atelier qualifié pour l'entretien de ce type d'avion, en présence du BEA :

- ❑ Les deux jambes présentent des déformations indiquant qu'elles ont subi des efforts importants du bas vers le haut. Certaines de ces déformations sont observables à l'œil nu, ou au toucher (boursoflures au niveau de la platine de fixation inférieure) ou mise en évidence au moyen d'une équerre ou d'une règle plaquée contre la surface de l'amortisseur. On note une flexion de la partie basse des amortisseurs ainsi qu'une flexion à l'encastrement des fusées de roue sur les jambes. Les angles entre les axes des fusées et les axes des amortisseurs, normalement de 90°, sont notablement réduits.



Source : BEA

Figure 3 : Mise en évidence des déformations du train droit

- ❑ La qualité d'amortissement est significativement dégradée pour les deux jambes (frottements importants, voire blocages, peu ou pas de graisse). Les déformations permanentes observées sur les jambes de trains sont caractéristiques d'efforts anormalement élevés. Le fonctionnement défaillant des tiges coulissantes y a probablement contribué.
- ❑ On note l'absence de graisseur dans la partie supérieure des amortisseurs par rapport à la définition du plan du constructeur disponible au sein de l'atelier qui a réalisé ces examens<sup>(5)</sup>. Les trous filetés des graisseurs inférieurs sont présents, sans graisseurs. Les dépôts observés tendent à indiquer que l'absence des graisseurs n'est pas récente.

<sup>(5)</sup> Il n'est pas exclu qu'il existe d'autres définitions, plus rares, pour le train d'atterrissage.

## 2.2 Renseignements sur l'aéronef et la maintenance récente

Le F-BMBX (numéro de série 142) a été fabriqué en 1965. Il a été la propriété de plusieurs aéroclubs et pilotes privés, en Île-de-France, dans le Jura, le Poitou, les Alpes, la Drôme, les Bouches-du-Rhône. Il a été accidenté à quatre reprises lors d'atterrissages avant l'accident du Vallon des Bergons. Les examens effectués (voir § 2.1) ne permettent pas de lier la rupture de l'aile droite à ces précédents accidents ni aux réparations qui les ont suivis.

Hormis ces événements, l'examen des carnets de route ne fait pas apparaître de mention d'atterrissage dur.

<sup>(6)</sup> Organisme pour la sécurité de l'aviation civile.

Le pilote était propriétaire de l'avion depuis 2013. Il avait déposé un programme d'entretien auprès de l'OSAC<sup>(6)</sup>, accepté en septembre 2014. Ce programme prévoit les vérifications suivantes pour les visites des 100 heures ou annuelles :

- ❑ « *Atterrisseurs : examen visuel des jambes de train pour déformations criques. Examen visuel des jambes mobiles fusées pour criques ; jeu, déformation. Contrôle du serrage des 8 vis inférieures de jambe de train* ».
- ❑ « *Voilure : examen visuel de la voilure pour déformation chocs, état du revêtement en toile, bord de fuite (œillets de drainage, absence d'obturation)* ».
- ❑ « *Longeron : examen visuel au niveau des attaches de train. (Décollement, crique)* ».

Les visites des 2 000 heures contiennent les mêmes formulations. Il n'est pas mentionné la nécessité d'un examen approfondi de la structure en bois, requérant éventuellement un désentoilage.

Pour la visite des 50 heures, la formulation des vérifications est identique à l'exception de la mention des œillets de drainage et de leur absence d'obturation qui n'apparaît pas.

En cas d'atterrissage dur, ce programme prévoit la dépose des carénages de roues, une vérification des pneus et de l'état des roues et des fusées ainsi qu'une vérification approfondie de la fixation des atterrisseurs.

Le pilote indique qu'en août 2015, aidé d'un mécanicien, il avait effectué une visite des 100 heures complétée par une dépose et repose des trains principaux pour révision après avoir observé des « *boursouflures* » sur les fûts de ces derniers. À cette occasion, les amortisseurs ont été démontés puis remontés, leur état ayant été jugé correct. Les vérifications décrites précédemment ont été visées dans le dossier de visite.

À l'automne 2015, le pilote a cherché des renseignements auprès de personnes familières de ce type d'avion sur les éventuelles suites à donner à ses observations. Il a compris alors que ces déformations provenaient probablement des efforts subis lors de l'exploitation en montagne de l'avion. Parallèlement, un instructeur montagne ayant volé sur l'avion lui a fait savoir que le fonctionnement des amortisseurs lui paraissait anormal.

L'avion n'a pas volé du 6 septembre 2015 au 16 janvier 2016. Pendant cette période, les trains ont été à nouveau démontés pour révision. Le pilote indique que l'état interne des amortisseurs semblait correct. Il avait noté qu'il lui faudrait probablement commander de nouveaux caoutchoucs à moyen terme. Les fûts démontés ont été envoyés dans un atelier d'entretien qui a réalisé une réparation et un renforcement (renforts métalliques soudés sur les bords d'attaque et de fuite des fûts). Le pilote a ensuite repeint et remonté les jambes de train. Il a ensuite estimé le fonctionnement des amortisseurs en levant et baissant alternativement les saumons d'ailes<sup>(7)</sup>.

Le certificat de navigabilité a été renouvelé le 15 janvier 2016.

Une visite des 50 heures a été conduite début mars 2016. Les vérifications décrites plus haut ont été visées dans le dossier de visite, puis une visite des 100 heures a été réalisée en juillet 2016. La cellule totalisait 7 224 heures de vol. L'avion avait volé environ dix heures entre la fin de cette visite et l'accident.

<sup>(7)</sup> Un appendice à un ancien manuel de vol, fourni par l'atelier qui a examiné les trains d'atterrissage, précise des côtes à mesurer avion au repos puis roues dégagées du sol. Le pilote n'a pas retrouvé ces références dans la documentation de son avion.

Le pilote ajoute qu'au cours des actions de maintenance, depuis qu'il était devenu propriétaire, les angles entre les axes des fusées et les axes des jambes des amortisseurs ont été vérifiés visuellement, sans qu'aucune anomalie n'ait été signalée. Aucune mesure n'a été effectuée. L'avion était occasionnellement utilisé avec des skis, sur des surfaces enneigées (les dernières utilisations avec des skis étaient datées entre février et avril 2016).

Le carnet de route ne contient pas de mention relative à un atterrissage dur dans les mois qui précèdent l'accident. Pendant les douze derniers mois, l'avion a principalement été utilisé par son propriétaire. L'avion était basé à Aix-les Milles (13) et stationné dans un hangar.

### 2.3 Renseignements sur le pilote

Le pilote était titulaire d'une licence de pilote privé et d'une qualification SEP en cours de validité. Il avait obtenu une qualification montagne « skis » en avril 2011 et « roues » en octobre 2011. Son expérience totale était d'environ 1 025 heures de vol dont environ 290 sur type et environ 200 en montagne.

### 2.4 Renseignements sur les conditions météorologiques

Les conditions estimées par Météo-France sur le site de l'accident étaient les suivantes :

- Vent au sol du nord de 2 à 3 kt, visibilité supérieure à 10 km, BKN 5 800 ft, température de 14 °C, pas de turbulence.

## 3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

### Scénario

Lors de l'atterrissage, après le toucher des roues, l'aile gauche s'est rompue sans que le contact avec le sol n'ait été violent.

### Facteurs contributifs

Le mécanisme ayant conduit à la rupture de la voilure gauche n'a pas pu être établi avec précision par l'enquête. Cependant, les facteurs suivants y ont contribué :

- des amortisseurs en mauvais état conduisant à une qualité d'amortissement insuffisante des trains principaux, entraînant la transmission d'efforts anormalement élevés au longeron ;
- un ou plusieurs atterrissages fermes ou durs, sans qu'il soit possible de les dater.

L'apparition et la progression de ces facteurs n'ont pas pu être précisément datées. Toutefois, le propriétaire avait décelé des indices (boursoufflures d'un fût de train) sans avoir pu établir un diagnostic définitif, malgré la recherche d'informations auprès de mécaniciens et d'ateliers.

<sup>(8)</sup> Les mesures précises d'humidité ayant été effectuées plusieurs mois après l'accident, on ne peut pas exclure que les taux aient été supérieurs au moment de l'accident et que les pièces de voilures aient séché ensuite.

### Enseignements de sécurité

D'une manière générale, il faut observer que la détection visuelle de certaines déformations du train d'atterrissage peut ne pas être évidente sans le recours à un démontage et des mesures. De même, l'absence de mesure précise du débattement des amortisseurs ne facilite pas la prise de décision. Enfin pour un pilote, en l'absence de dommage immédiatement visible et d'enregistrement des accélérations subies, la notion d'atterrissage dur est subjective, surtout lors des activités en montagne.

L'enquête n'a pas permis de déterminer si l'humidité localisée sur les semelles inférieures arrière avait diminué la résistance du longeron<sup>(8)</sup>. La détection de présence d'humidité est difficile car elle nécessite un accès au longeron, alors que la voilure ne dispose pas de trappes de visite spécifique, en particulier à l'endroit de la rupture. Elle demanderait de plus un instrument de mesure adapté pour effectuer les mesures d'humidité dans le bois. L'humidité peut provenir en partie de l'activité sur surface enneigée.

Il ressort de cette enquête qu'une vigilance particulière s'impose pour des avions anciens, exploités en montagne, exposés à l'humidité et à la neige et maintenus principalement par leurs propriétaires pas nécessairement au fait des questions d'efforts et de vieillissement des structures, particulièrement celles en bois. De plus, il peut ne pas exister dans le programme de maintenance d'instructions de recherche approfondie de dommages dans la structure de l'avion, ou de critères d'acceptabilité.