

**Accident** du Tecnam P2002-JF  
immatriculé **F-HFCM**  
survenu le 26 juillet 2015  
à Compiègne (60)

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

<b>Heure</b>	À 20 h 01 <sup>(1)</sup>
<b>Exploitant</b>	Club
<b>Nature du vol</b>	Aviation générale, vol d'instruction en double commande
<b>Personnes à bord</b>	Élève pilote, instructeur
<b>Conséquences et dommages</b>	Avion fortement endommagé

**Rupture en fatigue du train principal gauche  
lors du roulage, en instruction**

**1 - DÉROULEMENT DU VOL**

L'élève réalise un vol d'instruction en double commande afin de s'exercer aux atterrissages par vent traversier. Après un dernier posé-décollé, elle revient atterrir en piste 23, non revêtue.

Lors du roulage, tandis que l'instructeur a repris les commandes et qu'il remonte la piste, le train principal gauche se rompt.

**2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES**

**2.1 Renseignements météorologiques**

L'aérodrome de Compiègne ne comporte pas de station d'observations météorologiques. L'instructeur a estimé un vent du 170° pour environ 15 kt avant le début du vol. L'instructeur explique que vers la fin du vol le vent avait tourné au 200° pour 10 à 15 kt.

**2.2 Renseignements sur l'équipage**

**2.2.1 Élève pilote**

L'élève pilote, âgée de 38 ans, totalisait 22 heures de vol en double commande sur avion dont 7 heures sur Jodel, et 15 heures sur P2002. Elle avait été lâchée en vol solo sur P2002.

Également titulaire d'un brevet de pilote ULM multiaxe de 2013, elle totalisait 56 heures de vol en ULM, dont 40 en tant que commandant de bord.

### 2.2.2 Instructeur

L'instructeur, âgé de 70 ans, est titulaire d'une licence de pilote privé avion de 1993 et d'une qualification d'instructeur de 2013. Il totalisait 1 400 heures de vol dont 145 heures sur P2002 et 452 heures en instruction.

### 2.3 Témoignage

L'instructeur explique que l'élève a réalisé quatre circuits d'aérodrome. Il indique que les atterrissages par vent traversier ont été réalisés en douceur.

### 2.4 Renseignements sur l'aéronef

L'avion porte le numéro de série 129. Il a été livré neuf à l'aéroclub en octobre 2010.

À la suite d'un atterrissage dur survenu en février 2014, le train d'atterrissage avant, les trains d'atterrissage principaux et l'ensemble des éléments de fixation avaient été changés, à 1 090 heures de vol.

À la date de l'accident, l'avion totalisait 1 662 h 32 de vol.

### 2.5 Examen des pièces endommagées

Chaque train principal (TP) (voir schéma ci-après) est constitué d'une lame amortisseur supportant la roue (1), fixée au fuselage par un ensemble vis-écrou central (22-24) et par une bride métallique (19), elle-même fixée au fuselage par deux ensembles vis-écrou (25-27). Une pièce de cuir (20) jouant le rôle de couche d'adaptation et d'amortissement, est disposée entre la lame et le cadre du fuselage au niveau de cette bride.

La vis de fixation centrale (22) du train principal gauche a été retrouvée rompue en 2 parties.

Cette vis ainsi que les 2 vis fixant la bride, la bride et le cuir ont été prélevés pour examens au laboratoire du BEA.

L'ensemble des fixations équivalentes du train principal droit a également été prélevé pour comparaison.

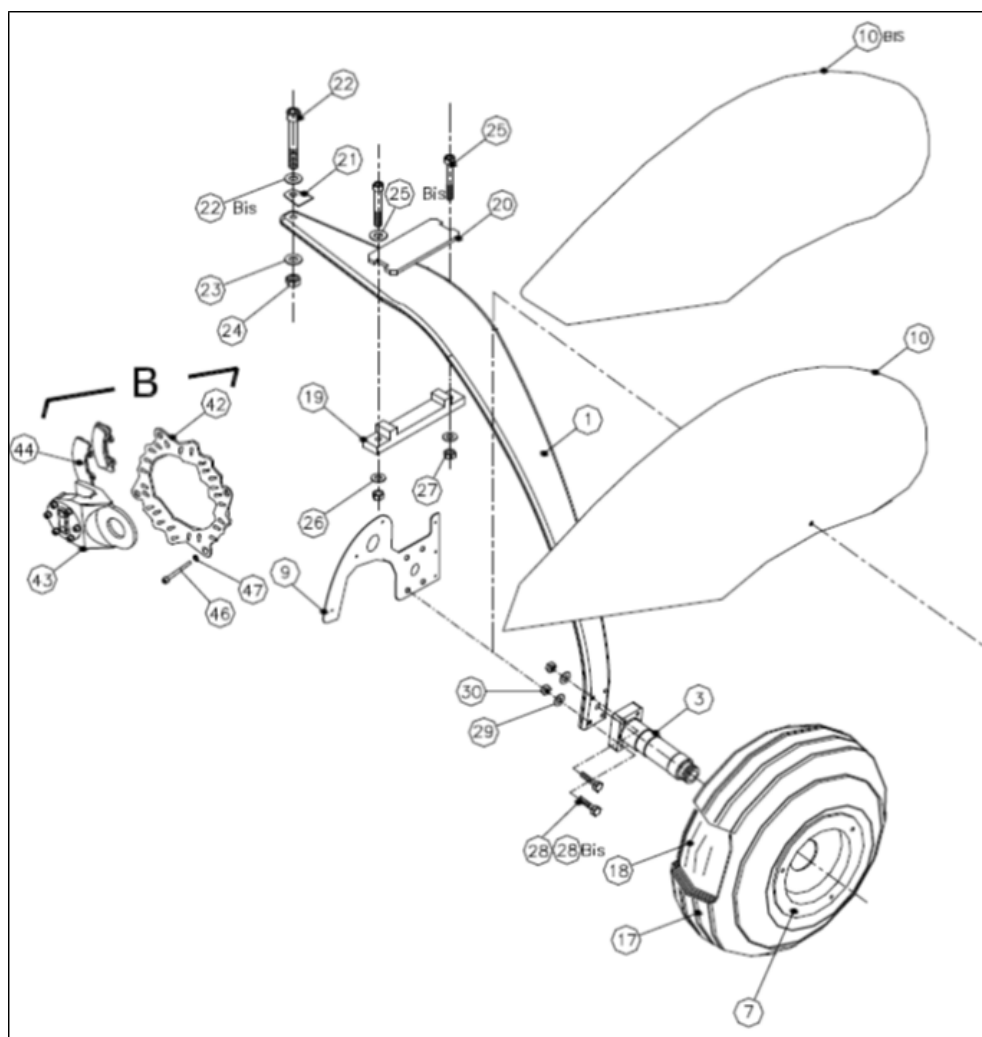


Figure 1 : schéma du train principal droit (extrait de l'illustrated Parts Catalog du Tecnam P2002)

### 2.5.1 Examen des fixations du train principal gauche

La vis de fixation centrale est rompue dans son fût, à environ 33 mm sous la tête de vis (voir ci-dessous). La zone rompue ne présente pas de déformation.

Des marquages circonférentiels sont observés sur le flanc de la vis et sa partie inférieure présente des traces de corrosion.



Figure 2 : vis de fixation centrale gauche rompue

*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.*

<sup>(2)</sup>Microscope électronique à balayage.

Un examen au MEB<sup>(2)</sup> de la vis centrale a permis de mettre en évidence une fissuration en fatigue sur environ 70 % de la surface issue d'un multi-amorçage de fissures en circonférence de la vis, diamétralement opposées. Un tel endommagement est caractéristique d'une sollicitation en flexion alternée.

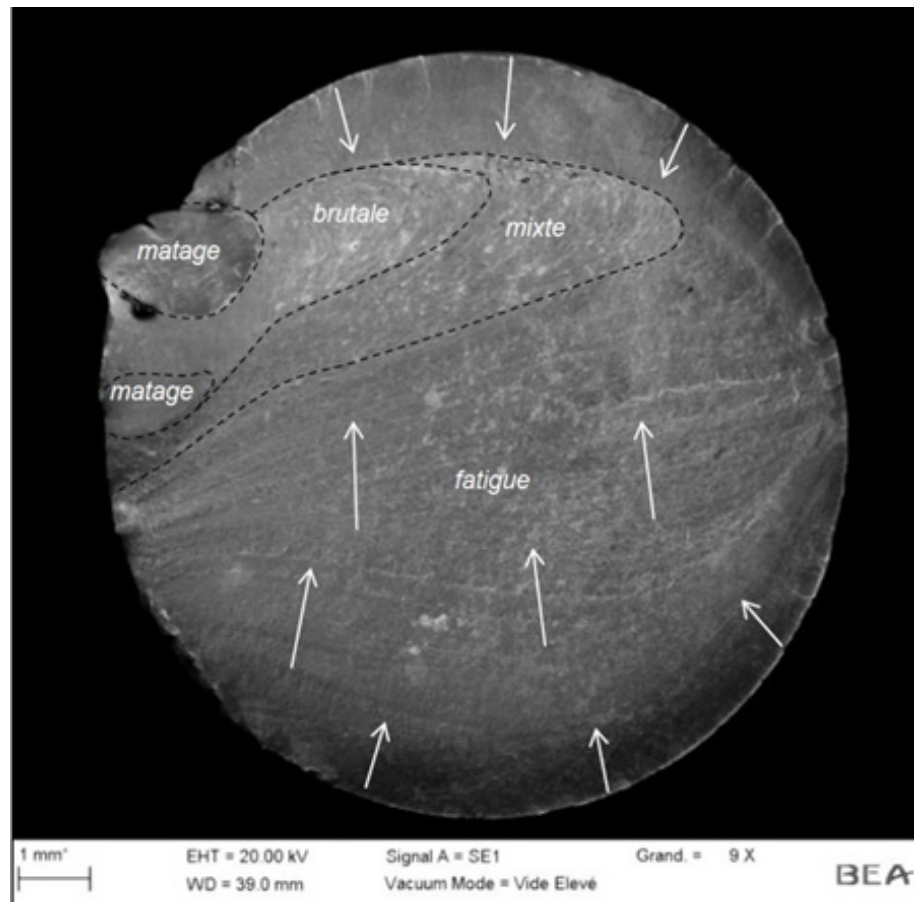


Figure 3 : examen de la rupture de la vis, côté filetage

Les analyses métallurgiques réalisées sur la vis de fixation centrale gauche indiquent que sa composition est conforme aux spécifications du constructeur.

Les deux vis de maintien de la bride sont fléchies consécutivement à la rupture de la vis de fixation et à l'affaissement de la lame de train.

La bride du train principal gauche est déformée. L'alésage de la bride du côté fléchi est ovalisé. La plaquette en cuir est retrouvée rompue et présente un méplat au niveau de la surface de contact entre celle-ci et le cadre de l'avion.

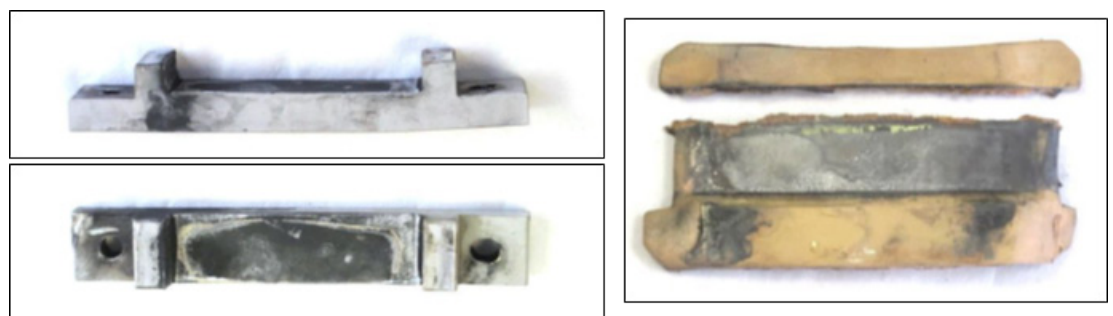


Figure 4 : bride et plaquette de cuir du train principal gauche

## 2.5.2 Examen des fixations du train principal droit

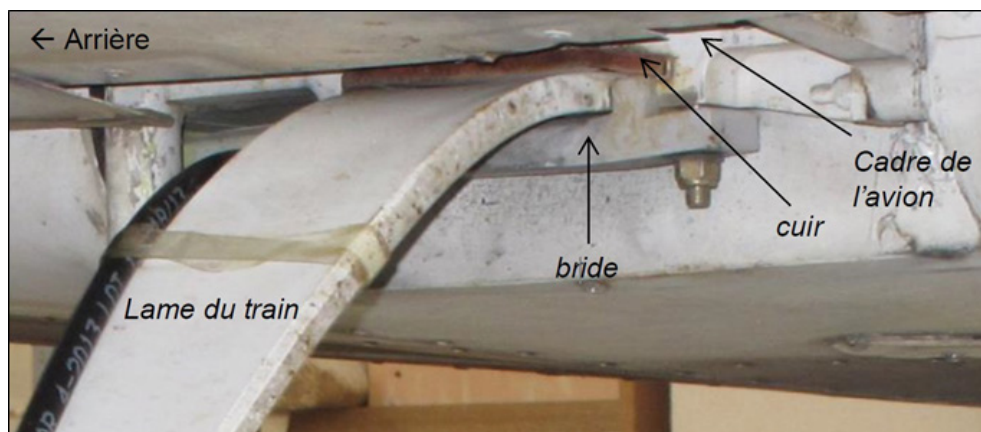


Figure 5 : fixation du train principal droit avant démontage

La vis de fixation centrale du train principal droit a été prélevée pour examen. Elle présente un marquage circonférentiel dans son fût, à environ 33 mm sous la tête de vis, à une position identique à celle de la rupture de la vis gauche. Entre ce marquage et la tête, de nombreuses traces d'usure circonférentielles sont observées, de façon similaire à la vis du train gauche. Un examen au MEB révèle une fissure circonférentielle au même niveau que la rupture de la vis du côté gauche.



Figure 6 : vis de fixation centrale gauche en haut, droite en bas

La bride du train principal droit est déformée, de façon sensiblement similaire à celle du train gauche. De même, le cuir présente un méplat au niveau de la surface de contact entre celui-ci et le cadre de l'avion.



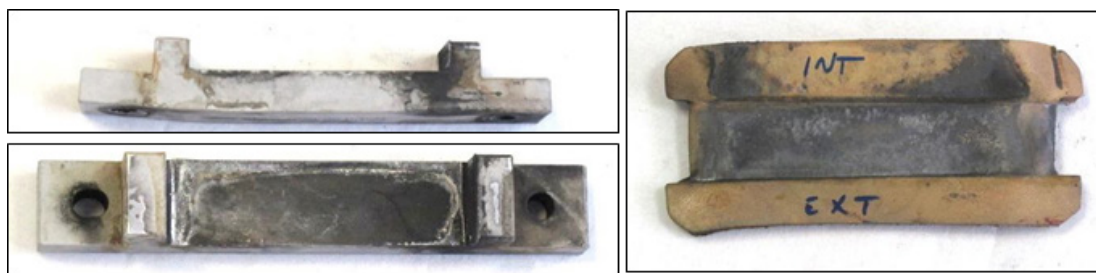


Figure 7 : bride et plaquette de cuir du train principal droit

La fissure de la vis centrale de fixation de la lame du train principal droit a été ouverte au laboratoire du BEA. L'examen des surfaces de rupture a mis en évidence deux zones de fissuration en fatigue diamétralement opposées, caractéristiques d'une sollicitation en flexion alternée.

De la même façon qu'à gauche, la composition du métal est conforme aux spécifications du constructeur.

### 2.5.3 Conclusion des examens

L'examen de l'ensemble des fixations des deux trains principaux montre que :

- la vis de fixation du train principal gauche a rompu sous un processus de fissuration en fatigue ;
- la vis de fixation du train principal droit présentait également une fissure de fatigue au même emplacement que sur la vis du train principal gauche ;
- les endommagements observés sont caractéristiques d'une sollicitation en flexion alternée ;
- la position des fissures correspond à l'interface entre le cadre de l'avion et la lame de train ;
- la composition chimique du matériau constituant les deux vis est conforme aux spécifications du constructeur ;
- les deux vis présentent entre la tête et la zone de fissuration des marquages au niveau du passage dans le cadre de l'avion. Cela témoigne de frottements en rotation entre la vis et le cadre ;
- entre la zone de fissuration et le début du filetage, correspondant au passage de la vis dans la lame de train, des traces indiquent la présence de frottement entre la vis et la lame de train ;
- les brides gauche et droite sont déformées, ce qui témoigne de la présence d'efforts anormalement élevés ;
- les cuirs présentent une zone comprimée correspondant à l'empreinte laissée par le cadre de l'avion auquel est fixée la lame.

## 2.6 Bulletins de service et procédures de maintenance

Le train d'atterrissage principal du Tecnam P2002 est identique pour tous les aéronefs à deux places du constructeur (P92, P2002 et P2008). Le P2010 à quatre places est équipé d'un train principal différent mais dont le principe est identique.

Le bulletin de service obligatoire n°SB 066-CS révision 1 a été publié par le constructeur le 9 juillet 2012 à la suite de l'endommagement en service des trains d'atterrissage principaux. Il consiste en un changement de type d'écrous, remplacés par des écrous indesserrables.

Ce bulletin de service a été appliqué sur le F-HFCM le 31 juillet 2012, après 577 heures de vol.

Les procédures de maintenance prévues par le constructeur demandent le démontage des fixations et du train principal toutes les 1 200 heures de vol.

À la date de l'accident, le contrôle du serrage de ces fixations était prévu toutes les 100 heures de vol.

Lors de sa dernière visite d'entretien périodique des 50 heures, le 10 juillet 2015, il totalisait 1 627 h 26 de vol. Cette visite n'imposait pas le contrôle du serrage des fixations.

La dernière visite des 100 heures, comportant le contrôle de serrage des fixations, remonte au 22 mai 2015. L'avion totalisait alors 1 579 h 05 de vol.

Le 28 septembre 2015, soit deux mois après l'accident du F-HFCM, Tecnam a publié le bulletin de service n°SB 214-CS qui réduit à 50 heures la périodicité du contrôles de serrage des fixations des trains d'atterrissage principaux.

Cette périodicité réduite à 50 heures a ensuite été introduite dans le programme de maintenance du P2002 JF. Cette même périodicité a également été appliquée dans les manuels de maintenance (AMM) du P2008 et du P2010. Tecnam précisait à cette époque que cette périodicité réduite résultait de l'expérience accumulée en service.

Plus récemment, en mars 2017, l'AMM du P2002 JF a été modifié : outre le contrôle du serrage des fixations toutes les 50 heures, de nouvelles inspections doivent être réalisées toutes les 100 heures ou tous les ans :



## P2002 JF - Maintenance Manual

ATA	Item	Maintenance task	FREQUENCY				
			A	B	C	D	E
31	Indicating system	Inspect all instruments markings for their readability and wear.		X			
32	Landing gear	Inspect nose and main gear attachments, bolts and bushings for condition and security. Check especially for cracks, corrosion and damaged surface protection. Inspect for looseness, condition and security of mounting points.		X			
32	Landing gear	Examine the structure to which MLG and NLG assembly is attached. Check especially for cracks, nicks, cuts, corrosion damage, or any other condition that can cause stress concentrations and eventual failure.		X			
32	Landing gear	Inspect gear fairings for cracks, deformation, proper rigging, and general condition.		X			

Extrait de la révision de mars 2017 de l'AMM du P2002 JF

De plus, à l'occasion du contrôle de serrage des fixations toutes les 50 heures, un remplacement des plaquettes en cuir est désormais demandé en cas d'endommagement constaté.

L'AMM du P2008 qui partage le même train d'atterrissage a également été modifié.

### 3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

La rupture de la vis de fixation de la lame du train principal gauche est la conséquence d'une fissuration en fatigue.

La vis correspondante sur le train principal droit, non rompue, présentait une fissuration en fatigue similaire.

En utilisation normale, la plaquette en cuir à l'interface entre le cadre du fuselage et la lame de train se tasse sous les efforts en service. Lorsque le cuir se tasse, le serrage n'est plus nominal et des jeux peuvent apparaître. La vis de fixation principale, qui travaille nominalelement en traction, peut alors être soumise à des efforts en flexion alternée. Ces efforts sont d'autant plus élevés que la perte de serrage des brides est importante.

L'ovalisation des alésages des brides et les endommagements constatés sur les fixations résultent d'efforts cycliques anormalement élevés, conséquence de cette perte de serrage de l'assemblage.

L'accident s'est produit moins de cent heures après le dernier contrôle du serrage des fixations et environ 600 heures après le changement complet de toutes les fixations. Au moment de l'accident, le démontage complet demandé toutes les 1 200 heures de vol par le constructeur, était le seul moyen de déceler une fixation endommagée en fatigue.

Le contrôle plus fréquent du couple de serrage toutes les 50 heures de vol, tel que préconisé initialement par le constructeur après l'accident n'aurait pas nécessairement permis d'éviter la rupture de la fixation du train principal. Aucun démontage des fixations des trains d'atterrissage principaux n'était en effet imposé, de sorte que ce contrôle n'aurait pas permis de déceler une vis pré-endommagée en fatigue. Le resserrage d'une vis pré-endommagée en fatigue pouvant même accentuer son endommagement.

La modification du programme de maintenance introduite en mars 2017 par le constructeur demande l'inspection des fixations et des vis toutes les 100 heures, ce qui devrait permettre de déceler une vis endommagée.