

Rapport

Accident survenu le **21 juillet 2001**
sur l'**aérodrome d'Ancenis (44)**
à l'**avion Cap Aviation G 202**
immatriculé **F-PQUX**
exploité par **SARL Centre Aviation Passion**

BEA

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

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Avertissement

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet accident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale et au Règlement européen n° 996/2010, l'enquête n'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Table des matières

AVERTISSEMENT	1
SYNOPSIS	3
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	4
1.1 Déroulement du vol	4
1.2 Tués et blessés	4
1.3 Dommages à l'aéronef	4
1.4 Autres dommages	4
1.5 Renseignements sur le commandant de bord	4
1.6 Renseignements sur l'aéronef	5
1.7 Conditions météorologiques	5
1.8 Aides à la navigation	5
1.9 Télécommunications	5
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	5
1.11 Enregistreurs de bord	6
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	6
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	7
1.14 Incendie	7
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	7
1.16 Essais et recherches	7
1.16.1 Examen de l'épave et travaux en laboratoire	7
1.16.2 Essais	8
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	8
1.17.1 Construction en kit	8
1.17.2 Réglementation relative à la voltige	9
1.18 Renseignements supplémentaires	9
1.18.1 Témoignages	9
1.18.2 Assemblage de l'aéronef	10
1.18.3 Méthodes préconisées par le concepteur pour assembler la cellule	10
2 - ANALYSE	12
2.1 La rupture	12
2.2 Autres facteurs ayant pu fragiliser l'assemblage	12
2.3 L'évacuation en vol	13
3 - CONCLUSION	14
ANNEXE	15

Synopsis

Date

Samedi 21 juillet 2001 à 15 h 55⁽¹⁾

Lieu

AD Ancenis (44)

Nature du vol

Voltige

Aéronef

Avion Cap Aviation G 202
immatriculé F-PQUX

Propriétaire

SARL Centre Aviation Passion

Exploitant

SARL Centre Aviation Passion

Personnes à bord

Pilote

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter 2 heures pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

Résumé

Au cours d'un vol d'entraînement à la voltige, après quelques figures, l'empennage de l'avion se détache. L'avion s'écrase à proximité du seuil de piste 08.

Conséquences

	Blessures			Matériel
	Mortelles	Graves	Légères/Aucune	
Membres d'équipage	1	-	-	-
Passagers	-	-	-	
Autres personnes	-	-	-	

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le pilote décolle en piste 26 pour réaliser un vol d'entraînement à la voltige d'environ une demi-heure. Il est en liaison radio avec un instructeur au sol.

Les témoins indiquent que le pilote rejoint l'axe de voltige situé à la verticale de l'aérodrome, à environ 1 500 pieds de hauteur. Il commence sa séance par quelques figures de prise en main de l'avion. Il effectue d'abord une montée verticale tirée, suivie d'une demi-boucle, redescend verticalement puis se remet en palier. Il entreprend ensuite un tonneau à 2 facettes. Les témoins estiment la vitesse de l'avion à environ 300 km/h. Ils voient alors l'empennage (dérive et profondeur) se désolidariser de la cellule alors que l'avion est en palier avec l'aile à plat. L'avion s'écrase peu après. Les témoins estiment qu'il s'est écoulé moins de 10 secondes entre la perte des éléments de l'avion et l'impact.

1.2 Tués et blessés

Le pilote est décédé.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est détruit.

1.4 Autres dommages

Aucun.

1.5 Renseignements sur le commandant de bord

Homme, 36 ans

- ☐ PPL avion de 1993
- ☐ 415 heures de vol dont 150 sur type
- ☐ 12 dans les 3 mois précédent
- ☐ Aptitude à la voltige avancée et négative (2° cycle) de 1994

Il avait effectué 315 heures de vol de voltige sur différents avions (CAP 10, YAK, G202). Il avait participé à de nombreuses compétitions nationales et internationales.

Il avait participé à des stages de perfectionnement de voltige dans le cadre de préparations à diverses compétitions.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Cellule

Constructeur	Cap Aviation
Type	Cap Aviation G 202
Immatriculation	F-PQUX
Utilisation à la date du 20 juillet 2001	575 heures

Le G 202 est un avion biplace en tandem à train classique conçu pour la voltige. Son taux de rotation en roulis peut atteindre 540 degrés par seconde.

La cellule est composée principalement de panneaux en composite carbone/nomex et de mousse. Ils sont assemblés à l'aide d'un adhésif époxy. Le G202 est construit en kit et reçoit un Certificat de Navigabilité Spécial d'aéronef en Kit. Il est équipé d'un moteur Textron Lycoming de type IO-360 d'une puissance de 200 chevaux.

Une antenne de réception VHF est située dans le plan fixe horizontal.

De conception américaine, une cinquantaine de kits ont été vendus aux Etats-Unis, et une dizaine de kits ont été importés par APEX/CAP Aviation puis revendus ou construits en Europe par cette même société.

Le concepteur de l'avion, le revendeur et le propriétaire n'ont pas défini de programme d'entretien ou de suivi technique particulier pour cet avion de voltige. L'entretien courant était assuré par la société Centre Aviation Passion qui avait réalisé des visites à 50 et 100 heures.

Le carnet de route indique que la durée moyenne d'un vol était de l'ordre de 26 minutes.

1.7 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques au moment de l'accident sur l'aérodrome d'Ancenis étaient les suivantes :

- ☐ Vent 230° / 4 à 8 kt
- ☐ Visibilité supérieure à 10 km
- ☐ Quelques nuages à 5 400 pieds.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

Le pilote et un entraîneur au sol communiquaient par radio. Ces radiocommunications ne sont pas enregistrées.

Lors du vol, le pilote n'a pas fait état de problèmes particuliers.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'Ancenis est ouvert à la Circulation Aérienne Publique.

1.11 Enregistreurs de bord

Le G202 n'était pas équipé d'enregistreur de bord, la réglementation ne l'impose pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

La quasi totalité des éléments perdus en vol ont été retrouvés très peu déformés ou détériorés par leur chute.

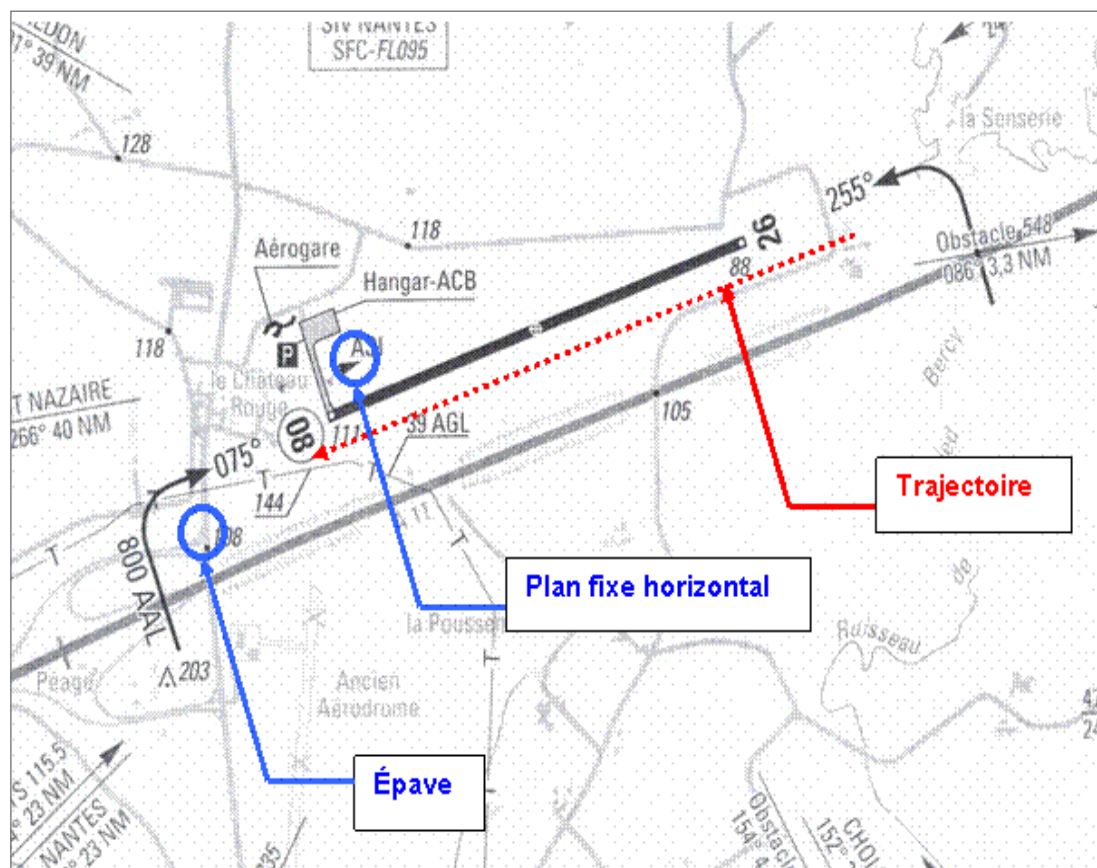
Le plan fixe horizontal avec les gouvernes de profondeur et la dérive sont retrouvés à 20 m du point d'arrêt de la piste 08 en bordure de la bretelle d'accès.

La gouverne de direction est à 115 m du seuil de piste 08, ainsi que la corne supérieure d'équilibrage de cette gouverne.

L'épave principale est retrouvée sur un rond-point routier, à 500 m du plan fixe horizontal.

De nombreux débris légers sont retrouvés entre l'épave et le centre du terrain.

Le pilote a été retrouvé à proximité de l'épave, son parachute est retrouvé extrait de son sac, non déployé.



L'observation des éléments de la partie arrière arrachée montre, en dehors des zones de rupture, que les surfaces sont en bon état et ne portent aucune trace d'impact, excepté au niveau de la corne d'équilibrage de la gouverne de direction.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Il n'a pas été réalisé d'autopsie.

1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La hauteur à laquelle est survenue la séparation de l'empennage ne laissait pas le temps au pilote d'évacuer l'avion.

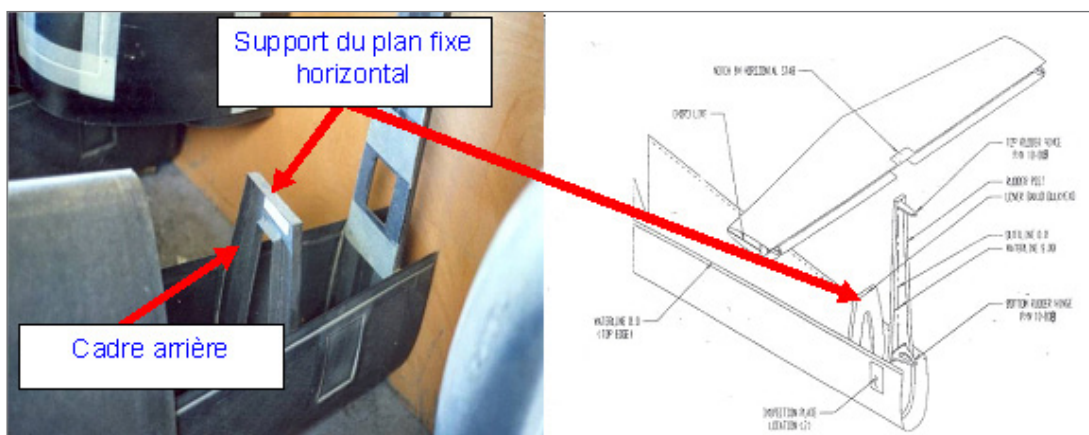
1.16 Essais et recherches

1.16.1 Examen de l'épave et travaux en laboratoire

La partie arrière de la cellule a été acheminée vers le Centre d'Essais Aéronautique de Toulouse (CEAT) afin de tenter de déterminer l'origine et la séquence de la rupture en vol (voir annexe). Les collages des demi-voilures ont aussi été examinés par les experts de ce centre pour les comparer à ceux de la partie arrière.

Les observations montrent une défaillance des collages réalisés lors du montage final du kit.

Note : les ruptures observées sont situées à l'interface fibre / résine et ne sont pas typiques des ruptures couramment observées sur des surfaces collées (rupture adhésive ou cohésive).



1.16.2 Essais

1.16.2.1 Préparation de surface

Un essai de préparation de surface suivant la gamme définie par le concepteur AKROTECK a été réalisé. Il a consisté à nettoyer une surface à l'acétone, à l'émeriser à l'aide d'un papier abrasif grain 80, puis à nettoyer à nouveau avec de l'acétone. Cet essai a été réalisé sur un élément sain de structure prélevé dans la peau intrados de la demi-voilure droite.

L'éprouvette a été placée sous binoculaire et les observations effectuées montrent une agression de la surface par l'acétone. On constate qu'une faible quantité de résine a disparu dans certaines zones. L'acétone dissout partiellement la résine (matrice), crée des cavités et met à nu la fibre de carbone, entraînant des ruptures aux faciès atypiques.

D'autres essais selon le même protocole ont été réalisés. Ils n'ont pas permis de valider une dégradation systématique de la résine par l'acétone.

1.16.2.2 Essais mécaniques

Afin de tenter de déterminer les tenues mécaniques des assemblages réalisés avec ces préparations, divers essais sur éprouvettes ont été réalisés :

- ❑ les essais de cisaillement indiquent une amélioration de la tenue mécanique du collage après nettoyage avec acétone par rapport à une préparation avec gamme à l'eau ;
- ❑ les essais de traction perpendiculaires ne donnent pas de résultats exploitables compte tenu de la faible épaisseur du matériau prélevé sur la cellule.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Construction en kit

L'arrêté du 22 septembre 1998 relatif au Certificat de Navigabilité Spécial d'Aéronef en Kit (CNSK), article 3, indique :

« Au sens du premier arrêté, le fournisseur du kit est la personne physique ou morale qui présente la demande d'éligibilité pour le kit et assume l'ensemble des responsabilités liées aux obligations associées à cette demande. Dans le cas du CNSK, il doit être le détenteur du certificat type ».

Le monteur du kit est la personne physique ou morale, propriétaire du kit, qui postule au premier certificat pour l'aéronef en kit et assume l'ensemble des responsabilités liées aux obligations associées à cette demande. La réalisation n'a pas pour finalité un acte commercial de vente de l'aéronef ; elle est effectuée dans un but éducatif ou de loisir ».

Le monteur peut alors postuler à la délivrance d'un CNSK lorsqu'il remplit les conditions définies à l'article 9 du précédent arrêté, dont l'une est :

« le monteur a réalisé le montage conformément aux instructions du fournisseur, ou a justifié les écarts à ces instructions ».

La construction de l'avion ne nécessite pas d'équipements ou d'outillages spéciaux. Le concepteur fournit une liasse avec plans et conseils de réalisation. Il y préconise les adhésifs à utiliser ainsi que les méthodes de préparations des surfaces à assembler.

1.17.2 Réglementation relative à la voltige

L'arrêté du 10 février 1958 porte sur la réglementation de la voltige aérienne pour les aéronefs civils. Il ne précise pas d'équipement minimum spécifique pour les aéronefs.

Dans le cadre réglementaire d'obtention d'un CSNK pour un avion de voltige, il n'est pas obligatoire de disposer d'un accéléromètre à bord alors que pour les aéronefs munis d'un CDN, au moins un enregistreur de facteurs de charges scellé est requis.

Aux Etats-Unis, l'avion est limité en facteur de charge dans une plage comprise entre -11 et +11 G, tant en monoplace qu'en biplace. En France, la société importatrice ayant voulu faire certifier l'appareil, les essais de résistance ont montré une rupture prématurée des liaisons des deux demi-voilures. En conséquence, dans le cadre de la délivrance du CNSK, les autorités ont limité les facteurs de charge, à savoir +9 et -9 G en monoplace et +7 et -7 G en biplace, pour garantir le facteur de sécurité entre les charges limites et extrêmes.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Témoignages

Une quinzaine de jours avant l'accident, un pilote militaire membre d'une équipe de voltige avait observé l'avion F-PQUX au sol lors d'une escale technique. Spécialiste de ce genre d'avion de voltige, ce pilote examina l'avion et remarqua un jeu important dans la liaison plan fixe horizontal et dérive. Il pouvait soulever l'empennage par son saumon d'environ un centimètre sans aucun effort sans que le fuselage ne bouge. Il a interpellé le pilote et lui a fait part de son observation. Ce dernier lui a répondu : *« c'est un jeu normal car c'est un empennage monobloc »*.

Il n'a pas fait remonter cette remarque à l'exploitant du G202.

Le jour de l'accident, du sol, des pilotes stagiaires et leur instructeur observent l'avion et décrivent des évolutions sans facteur de charge excessif. Selon eux, l'avion a évolué entre 1 500 et 4 500 pieds de hauteur. Lors de la mise en palier, ils estiment que l'avion volait à environ 300 km/h. Ils précisent qu'à l'issue de la sortie dos, ils voient un morceau de l'avion se détacher puis toute la partie arrière se séparer.

L'instructeur en contact radio avec le pilote lui a dit de sauter en parachute.

1.18.2 Assemblage de l'aéronef

Au titre de la société importatrice, cet avion est issu du kit n° 5, et c'est le 4^{ème} avion que la société a construit.

L'arrêté du 22 septembre 1998 relatif au certificat de navigabilité spécial d'aéronef en kit, indique :

L'arrêté précise que le propriétaire doit être le monteur ou être aidé à raison d'une participation inférieure à 49 % du temps nécessaire à la réalisation de l'assemblage.

C'est à la demande de la Société Centre Aviation Passion Catherine Maunoury (CAPCM), et dans l'objectif des Championnats du Monde de voltige que l'avion acheté en kit par CAPCM est construit par Cap Aviation. Les travaux débutent en 1999 dans les locaux de Cap Aviation à Dijon. Le GSAC vérifie l'avion au mois de mai 1999, le premier vol a lieu le 28 mai 1999 avec des personnels de Cap Aviation. L'avion est livré en juin 1999, CAPCM effectue son premier vol le 2 juin 1999.

La réglementation de certification des avions légers n'exige pas de fournir le dossier de calcul des charges de vol pour les surfaces arrière. L'enquête n'a pas permis d'en retrouver trace, tant chez le concepteur qu'auprès du constructeur.

1.18.3 Méthodes préconisées par le concepteur pour assembler la cellule

Dans la documentation du concepteur, partie « General Information Section », les procédures de préparation des surfaces, des adhésifs et des divers moyens de mélanger sont décrites.

Dans le rappel sur les précautions relatives à la protection de la santé des opérateurs, il est rappelé que l'acétone employée pour préparer et nettoyer les surfaces destinées à recevoir des adhésifs est agressive pour l'épiderme et les voies respiratoires.

Dans la section relative aux produits consommables, le concepteur ne spécifie que l'acétone comme solvant.

L'assemblage consiste à d'abord préparer la géométrie et à assurer l'alignement des divers orifices pour les articulations et commandes de vol. L'étape suivante consiste à réaliser l'assemblage.

Dans la section décrivant les procédures pour la préparation des surfaces et la dépose de l'adhésif, il est décrit que les surfaces doivent d'abord être parfaitement ajustées. Un essai à blanc doit montrer que les pièces sont correctement positionnées. L'outillage de maintien adéquat doit être disponible. Il est rappelé que le collage de larges surfaces comme celles de l'empennage sur le fuselage demandait que les surfaces soient « chargées » pour qu'une bonne pression de maintien soit présente le temps de la polymérisation de l'adhésif. Par « chargé » le constructeur souligne la nécessité d'avoir une pression importante pour l'accostage.

Enfin, la procédure de préparation des surfaces est détaillée.

1 - En premier, il faut nettoyer à l'aide d'un chiffon propre imbibé d'acétone les surfaces destinées à recevoir l'adhésif. Il faut ensuite soigneusement et doucement émeriser les surfaces (déglacer) à l'aide de papier abrasif de grain 80 avec une pression réduite. Enfin, il faut nettoyer à nouveau les surfaces destinées à recevoir l'adhésif avec de l'acétone de façon à enlever toute trace de poudre ou résidu de carbone, d'huile, de graisse. Il est finalement rappelé que les surfaces ainsi préparées ne doivent, en aucun cas, être manipulées sans protection.

2 - L'encollage est alors effectué en appliquant sur les deux surfaces une quantité d'adhésif suffisante à la réalisation d'un bon joint avec mise en pression. Ensuite, dans la mesure du possible, un essuyage des joints trop épais à l'aide de papier permet d'enlever l'excédent de matière avant polymérisation.

2 - ANALYSE

2.1 La rupture

L'examen a montré que l'adhésif utilisé était conforme à celui préconisé par le concepteur. Le mélange avait été réalisé avec les bonnes proportions des produits et était correctement polymérisé. Les structures des supports (composite carbone pour la plupart) étaient correctement réalisées et polymérisées.

La comparaison entre les collages réalisés par le concepteur et ceux effectués par le monteur a montré qu'ils étaient différents :

- ❑ des essais mécaniques réalisés sur des éprouvettes prélevées dans des assemblages pré-réalisés en usine montrent un collage sain (les ruptures sont cohésives) ;
- ❑ les ruptures observées dans des assemblages réalisés par le monteur présentent des faciès atypiques.

L'examen a montré que la préparation des pièces avait été réalisée par le monteur comme prescrit dans le manuel fourni par le concepteur.

Des essais ont montré qu'en utilisant le solvant prescrit, l'acétone, il y a dissolution d'une fine couche de matrice à la surface du support, ce qui met à nu les fibres du renfort et crée des cavités. Cette dissolution est la conséquence d'une réaction chimique entre le solvant et la matrice de type résine époxy. D'autres solvants existent pour nettoyer des surfaces destinées à être collées, mais seule l'acétone figure dans le manuel fourni par le concepteur. L'usage de l'acétone est relativement courant dans le milieu de la construction amateur ou en kit, car efficace, facile d'utilisation et d'achat. Les utilisateurs, par ignorance et défaut d'information, ne connaissent pas l'agressivité de l'acétone.

Il est demandé par le concepteur de nettoyer une nouvelle fois après avoir passé la toile émeri. La surface de la pièce est alors non plus vitrifiée mais rayée mécaniquement par les grains de la toile. Ces rayures peuvent avoir pour conséquence d'une part l'augmentation du temps de présence de l'acétone sur le support, et d'autre part la mise à nu des fibres si l'émerisage est trop agressif.

La méthodologie préconisée a donc pu permettre d'emprisonner de faibles quantités de solvant lors de la préparation du collage.

2.2 Autres facteurs ayant pu fragiliser l'assemblage

Les examens réalisés n'ont pas permis d'expliquer la raison du défaut de collage constaté sur les pièces rompues. En effet, cet avion, 5^e de la série, avait 575 heures de vol. D'autres cellules avaient été réalisées par les mêmes monteurs, dans les mêmes conditions et avaient, le jour de l'accident, des nombres d'heures de vol proches et une utilisation similaire. Ces cellules ont été contrôlées et n'ont pas révélé de défauts. Ces ensembles ont été fortement sollicités mécaniquement et aucune faiblesse n'a été constatée.

Le témoignage d'un pilote expérimenté, qui avait constaté quinze jours avant l'événement la présence d'un jeu anormal au niveau du plan fixe horizontal, confirme que la liaison se dégradait. Il est cependant surprenant qu'à l'issue de ce constat, le pilote de l'appareil n'ait pas lui-même réagi face à cette remarque et examiné son avion. Il est encore plus surprenant qu'il n'ait pas fait suivre l'information à l'exploitant comme aux personnels assurant l'entretien de l'aéronef. Entre cette observation et le jour de l'accident, l'appareil a effectué plus d'une dizaine de vols. Les différents pilotes qui ont effectué les visites pré-vol de l'appareil n'ont pas constaté le phénomène.

Cet avion, utilisé par de nombreux pilotes compétiteurs, a pu dépasser les limites du domaine de vol de façon répétée. L'accéléromètre installé sur le F-PQUX ne permettait pas aux pilotes de contrôler des dépassements de facteur de charge.

En l'absence d'accéléromètre enregistreur, les techniciens assurant la maintenance de l'appareil ne disposaient d'aucun enregistrement leur permettant d'anticiper une défaillance.

Enfin, le concepteur, comme l'importateur, du G202 ne donnent pas de documentation permettant aux exploitants d'assurer une maintenance adéquate pour un avion de voltige.

2.3 L'évacuation en vol

Les témoins ont estimé que l'avion volait à environ 1 500 pieds et que le temps compris entre la rupture en vol et l'impact avec le sol était d'une dizaine de secondes. Dans de telles circonstances, le pilote n'avait pas le temps d'analyser la situation et d'envisager l'évacuation de l'avion, c'est-à-dire larguer la verrière, se dessangler, s'extraire de l'avion et ouvrir son parachute.

Son instructeur lui a ordonné à plusieurs reprises d'évacuer. L'antenne de la radio de l'avion étant située dans le plan fixe horizontal, sa perte en vol ne permettait plus au pilote de recevoir ou d'émettre, ni donc d'anticiper l'évacuation.

3 - CONCLUSION

L'accident est dû à la perte de contrôle consécutive à la rupture en vol de l'empennage de l'avion lors d'un vol en palier. Cette rupture s'explique par une défaillance des collages réalisés lors de l'assemblage.

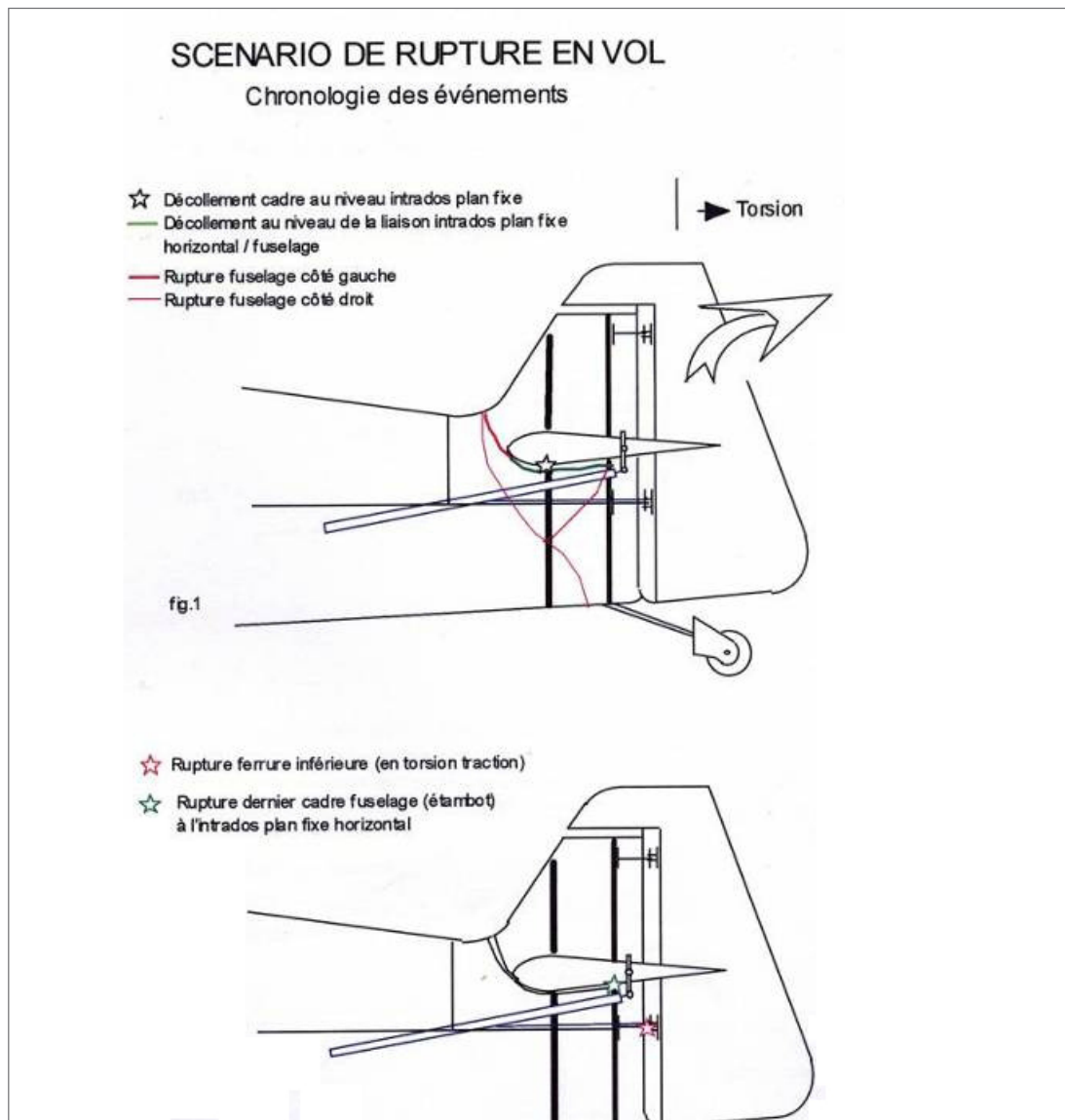
L'absence d'un programme de contrôle adapté à la surveillance d'une cellule fortement sollicitée d'avion de voltige a contribué à l'accident.

ANNEXE

Scénario de la rupture en vol

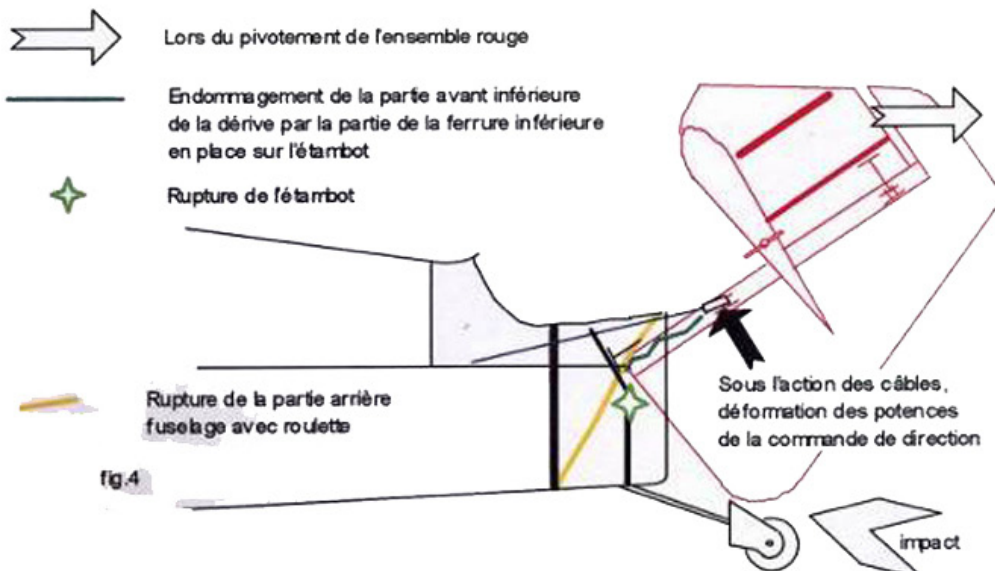
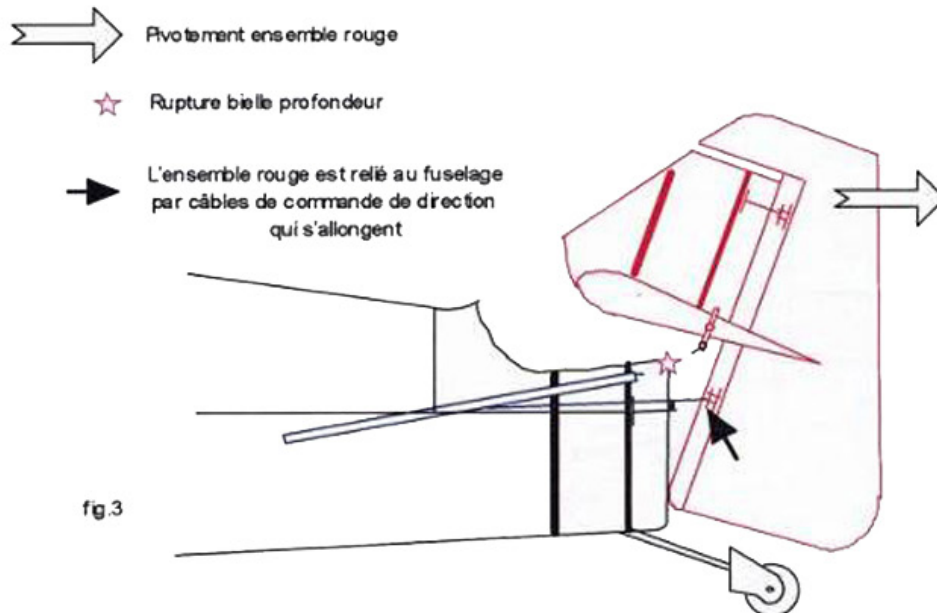
Phase 1 :

Dans un premier temps, l'intrados du plan fixe horizontal se désolidarise du cadre entraînant la séparation complète de l'empennage, de façon dissymétrique avec mise en rotation de l'ensemble vers la gauche. Il recule sous l'action de la traînée.



Phase 2 :

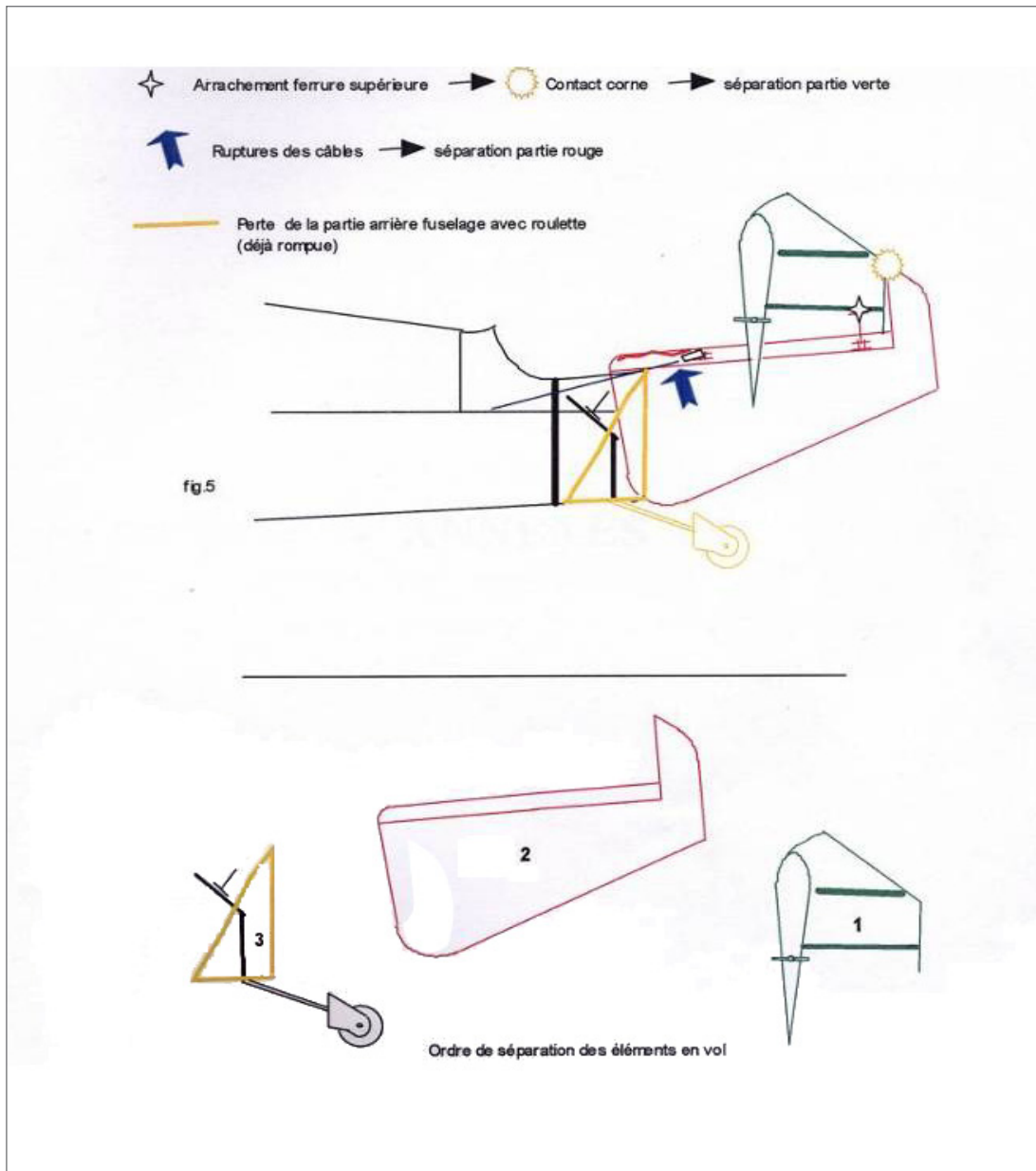
Dans un second temps, l'ensemble des plans fixes pivote vers l'arrière et n'est retenu à la cellule que par les câbles de commande de la gouverne de direction et le tube de la commande de profondeur.



Phase 3 :

Les efforts générés sur les surfaces arrière faisant office de freins aérodynamiques entraînent la rupture de la ferrure supérieure de liaison entre la dérive et la direction.

L'empennage et la direction se séparent de la cellule et chutent à faible vitesse.





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

Zone Sud - Bâtiment 153
200 rue de Paris
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

Parution : septembre 2011

