



Accident

1. de l'avion Robin DR400 – 140
immatriculé **F-BXEU** et
2. de l'ULM multiaxes Alpi Aviation Pioneer 300
identifié **37AHH**
survenu le 10 octobre 2020
à Loches (37)

Heure	Vers 16 h 45 ¹
Exploitant	1. Aéroclub ASPTT Poitiers 2. Société Silvair Services
Nature du vol	1. Vol à titre onéreux ² 2. Vol à titre onéreux
Personnes à bord	1. Pilote et deux passagères 2. Pilote et une passagère
Conséquences et dommages	1. Pilote et passagères décédés, avion détruit 2. Pilote et passagère décédés, ULM détruit

Collision en vol, pertes de contrôle, déclenchement du parachute de secours de l'ULM, collisions avec le sol, incendie de l'ULM, en vols de transport de passagers à titre onéreux

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

² Les conditions pour la réalisation d'un vol de découverte ou à frais partagés ne sont pas réunies pour le F-BXEU, voir § 1.18.4.1.

TABLE DES MATIERES

Glossaire	- 4 -
Synopsis	- 7 -
Organisation de l'enquête :	- 9 -
1 Renseignements de base.....	- 10 -
1.1 Déroulement du vol.....	- 10 -
1.2 Tués et blessés.....	- 14 -
1.3 Dommages aux aéronefs	- 14 -
1.4 Autres dommages.....	- 14 -
1.5 Renseignements sur le personnel.....	- 14 -
1.5.1 Pilote du F-BXEU	- 14 -
1.5.2 Pilote du 37AHH.....	- 14 -
1.6 Renseignements sur les aéronefs	- 15 -
1.6.1 Avion Robin DR400-140 immatriculé F-BXEU	- 15 -
1.6.2 ULM multiaxes Alpi Aviation Pioneer 300 identifié 37AHH	- 15 -
1.7 Renseignements météorologiques	- 16 -
1.8 Aides à la navigation.....	- 16 -
1.9 Télécommunications	- 16 -
1.9.1 Communications entre les deux pilotes et le contrôleur de Poitiers	- 16 -
1.9.2 Communications entre les deux pilotes et les agents de Paris information	- 18 -
1.10 Renseignements sur les aérodromes.....	- 18 -
1.11 Enregistreurs de bord	- 18 -
1.12 Renseignements sur les épaves et sur l'impact	- 19 -
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	- 23 -
1.14 Incendie	- 23 -
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	- 23 -
1.16 Essais et recherches.....	- 23 -
1.16.1 Parachute de secours.....	- 23 -
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	- 32 -
1.17.1 Société Silvair Services	- 32 -
1.17.2 Aéroclub ASPTT Poitiers.....	- 34 -
1.17.3 Généralités sur l'organisation du service d'information de vol en France	- 37 -
1.17.4 Service d'Information de Vol Seine	- 39 -
1.17.5 Centre d'Informations de Vol du CRNA/N.....	- 45 -
1.18 Renseignements supplémentaires.....	- 53 -
1.18.1 Témoignages	- 53 -
1.18.2 Renseignements sur les collisions en vol	- 55 -
1.18.3 Prévention des collisions aériennes en aviation légère	- 58 -
1.18.4 Règlementation relative aux prestations de vol payantes	- 65 -
1.18.5 Renseignements sur les prestations au bénéfice de tiers	- 69 -
2 Analyse	- 70 -
2.1 Introduction.....	- 70 -
2.2 Contexte des vols	- 71 -
2.2.1 Contexte du vol du F-BXEU	- 71 -
2.2.2 Contexte du vol du 37AHH.....	- 72 -
2.3 Dispositifs de bord pour la prévention des collisions aériennes	- 73 -
2.4 Service d'information de vol et prévention des collisions	- 75 -

2.4.1	Différences entre le CIV de Paris et le SIV Seine dans la fourniture du service d'information de vol.....	- 75 -
2.4.2	Rapprochement au château de Chaumont-sur-Loire.....	- 76 -
2.4.3	Collision aérienne à Loches.....	- 77 -
2.5	Parachute de secours de l'ULM	- 77 -
3	Conclusions	- 79 -
3.1	Faits établis par l'enquête	- 79 -
3.2	Facteurs contributifs.....	- 80 -
3.3	Enseignements de sécurité.....	- 81 -
3.3.1	Prise de contact avec l'information de vol par les pilotes	- 81 -
3.3.2	Organisation de l'information de vol en France.....	- 81 -
4	Mesures de sécurité prises depuis l'occurrence	- 83 -
4.1	Mesures de sécurité prises par le constructeur	- 83 -
4.2	Mesures de sécurité prises par la DSNA	- 83 -
5	Recommandations de sécurité	- 83 -
5.1	Parachute de secours des ULM Pioneer 300	- 83 -
5.2	Interopérabilité des systèmes de détection de trafic	- 85 -
	Annexes	- 87 -

GLOSSAIRE

Acronymes	Version anglaise ou italienne	Version française
ACC	Area Control Center	Centre de contrôle régional (CCR)
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast	Surveillance dépendante automatique en mode diffusion
AESA	European Aviation Safety Agency (EASA)	Agence Européenne de la Sécurité Aérienne
AIP	Aeronautical Information Publication	Publication d'information aéronautique
ANSV	Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo	Autorité d'enquête de sécurité de l'Italie
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Service automatique d'information de région terminale
ATO	Approved Training Organization	Organisme de formation approuvé
ATOM	Air Traffic Overview and Management	
BEA		Bureau d'Enquêtes et d'Analyse pour la Sécurité de l'aviation civile
CAT	Commercial Air Transport	Transport aérien commercial
CAVOK	Ceiling And Visibility OK	
CEE		Communauté Économique Européenne
CIV	Flight Information Centre (FIC)	Centre d'information de vol
CRNA	En-route Control Center	Centre en Route de la Navigation Aérienne
CRNA/N		CRNA Nord (basé à Athis-Mons)
CRNA/SE		CRNA Sud-Est (basé à Aix-en-Provence)
CS-STAN	Certification Specifications for Standard Changes and Standard Repair (EASA)	Spécifications de certification pour les changements et les réparations standards (AES)
CTR	Control Traffic Region	Zone de contrôle
DGAC		Direction Générale de l'Aviation Civile
DGA-TA		Direction Générale de l'Armement – Techniques Aéronautiques
DSAC		Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
DSNA		Direction des Services de la Navigation Aérienne

Acronymes	Version anglaise ou italienne	Version française
EPAS	European Plan for Aviation Safety (EASA)	Plan européen pour la sécurité aérienne (AES)AESA
ES	Extended Squitter	Squitter long
FAA	Federal Aviation Administration	Autorité des États-Unis en charge de l'Aviation civile
FFA		Fédération Française Aéronautique
FFPLUM		Fédération Française d'ULM
FFVP		Fédération Française de Vol en Planeur
FIC	Flight Information Center	Centre d'information de vol (CIV)
FIR	Flight Information Region	Région d'information de vol
FIS-B	Flight Information Service – Broadcast	Service de diffusion d'informations météorologiques et aéronautiques (ADS-B)
GM	Guidance Material	Document d'orientation
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système mondial de navigation par satellite
IFR	Instrument Flight Rules	Règles de vol aux instruments
LAPL	Light Aircraft Pilot Licence	Licence de pilote privé d'avion léger
METAR	Aerodrome routine meteorological report	Message d'observation météorologique régulière d'aérodrome
NCO	Non-Commercial Operations with Other than complex-motor-powered aircraft	Opérations non-commerciales pour des avions non complexes
NOTAM	Notice To AirMen	Avis aux navigants aériens
OGN	Open Glider Network	
ORO	Organisation Requirement for Air Operations	Exigences applicables aux organismes pour les opérations aériennes
PPL	Private Pilot Licence	Licence de Pilote Privé
PSE		Plan de sécurité de l'État
QNH		Calage altimétrique requis pour lire une altitude
RSA		Réseau du Sport de l'Air (Fédération française des constructeurs et collectionneurs d'aéronefs)
SEP	Single Engine Piston	Qualification de classe d'avion monomoteur à pistons
SERA	Standardised European Rules of the Air	Règles de l'air européennes

Acronymes	Version anglaise ou italienne	Version française
SRTA		Section de Recherches des Transports Aériens (Gendarmerie nationale)
SIV		Service d'information de vol
TAS	Traffic Advisory System	Système d'avertissement de traffic
TCAS	Traffic Collision Avoidance System	Système d'anti-abordage embarqué
TIS-B	Traffic Information Service – Broadcast	Service de diffusion d'information de trafic
TMA	Terminal Manoeuvring Area	Région de contrôle terminale
TWR	ToWeR	Tour de contrôle
UAT	Universal Access Transceiver	Émetteur-récepteur universel
UE	European Union	Union européenne
ULM	Microlight	Ultra-léger motorisé
VFR	Visual Flight Rules	Règles de vol à vue
VHF	Very High Frequency	Très haute fréquence

SYNOPSIS

Dans l'après-midi du 10 octobre 2020, le pilote du F-BXEU accompagné de deux passagères d'une part, et le pilote du 37AHH accompagné d'une passagère d'autre part, ont décollé aux alentours de 15 h 20 à environ cinq minutes d'intervalle, respectivement des aérodromes de Poitiers et de Châtellerault, pour des vols payants d'environ deux heures au-dessus des châteaux de la Loire. Le vol du F-BXEU avait été acheté quelques mois plus tôt auprès de l'aéroclub ASPTT, celui du 37AHH avait été acheté auprès de la société Silvair Services.

À 15 h 39, le pilote du F-BXEU, jusqu'alors en contact avec l'information de vol de Poitiers, a contacté le centre d'information de vol (CIV) de Paris (Paris information). L'agent en poste n'a pas répondu à ce message. Le pilote du F-BXEU n'a pas rappelé Paris information par la suite.

Les deux aéronefs ont effectué un itinéraire les amenant à survoler plusieurs châteaux de la Loire.

À 15 h 56, le F-BXEU et le 37AHH ont tous les deux survolé le château de Chaumont-sur-Loire. Le pilote du F-BXEU a effectué un survol rectiligne du château à environ 1 150 ft d'altitude alors que le pilote du 37AHH a réalisé un 360° au-dessus du château à 1 500 ft. Les deux aéronefs se sont retrouvés en convergence jusqu'à un rapprochement inférieur à 300 m horizontaux, puis se sont éloignés l'un de l'autre. Quelques secondes plus tard, le pilote du 37AHH a contacté Paris info, qui l'a pris en compte et l'a identifié au radar. Les deux aéronefs ont poursuivi leur itinéraire et se sont finalement dirigés vers le sud pour rentrer à leurs bases respectives.

À 16 h 43, le pilote du 37AHH, qui approchait du secteur d'information de vol (SIV) de Poitiers, a quitté la fréquence de Paris information. Il a débuté le survol du château de Loches par le travers ouest de la ville, en effectuant un 360° par la gauche, et en a probablement entamé un second.

À 16 h 44, le pilote du F-BXEU a débuté le survol du château de Loches par le travers est de la ville, en effectuant un 360° par la droite.

À 16 h 45, le F-BXEU et le 37AHH sont entrés en collision quasi frontale à environ 1 200 ft d'altitude, au sud de Loches. Les deux aéronefs ont tous les deux perdu une partie de leur aile gauche.

Le pilote du 37AHH a perdu le contrôle de l'ULM et le parachute de secours a été activé. L'ULM est entré en collision avec le sol avant de prendre feu. Le pilote du F-BXEU a perdu le contrôle de l'avion, qui est entré en collision avec le sol dans une roncière.

L'enquête a permis de montrer que la collision en vol, survenue en espace aérien de classe G dans lequel le principe de séparation entre avions est basé sur la règle « voir et éviter », est la conséquence d'un défaut de contact visuel entre les deux pilotes dont l'attention était détournée par le survol du château de Loches. Dans ce contexte, cette enquête permet de rappeler l'intérêt pour les pilotes de contacter les services de la navigation aérienne sans délai afin de pouvoir bénéficier du service d'information de vol, disponible sur une large partie du territoire français.

L'enquête a également mis en évidence que les câbles métalliques fournis au cours de l'enquête par Alpi Aviation, servant à maintenir le parachute de secours, ont subi des défaillances à des charges inférieures aux spécifications annoncées par le constructeur. Cela tend à montrer que le déploiement correct du parachute de secours installé sur Pioneer 300 n'est pas garanti.

Le BEA a émis deux recommandations de sécurité :

- l'une à destination du constructeur du Pioneer 300, l'incitant à revoir le montage du système de parachute de secours sur ce type d'ULM,
- l'autre à destination de l'AESA, visant à veiller à l'interopérabilité complète des systèmes de visibilité électronique qu'elle promeut dans le cadre du plan européen pour la sécurité aérienne dans le but de prévenir les collisions aériennes.

ORGANISATION DE L'ENQUÊTE :

La permanence du BEA a été notifiée de l'accident quelques minutes après sa survenue.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale et au règlement européen (UE) n°996/2010 relatif aux enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une enquête de sécurité a été ouverte par le BEA.

Quatre enquêteurs de sécurité se sont déplacés à Loches le jour de l'événement pour réaliser les premiers actes d'enquête, incluant les examens des épaves des aéronefs et des sites de l'accident.

En application du règlement européen et des dispositions internationales, le BEA a notifié l'ANSV, son homologue italien, qui a désigné un représentant accrédité en tant qu'État de construction et de conception de l'ULM Pioneer 300. Des conseillers techniques d'Alpi Aviation, le constructeur de l'ULM, ont assisté l'ANSV et le BEA au cours de l'enquête.

Des conseillers techniques de l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AES), de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) et de la Direction des Services de la Navigation Aérienne (DSNA) ont également été associés à l'enquête.

Le projet de rapport final a été soumis pour observations au représentant accrédité italien et son conseiller technique, ainsi qu'aux conseillers techniques du BEA (AES, DSAC, DSNA, Silvair Services, Aéroclub ASPTT Poitiers).

Après la phase de consultation du projet de rapport final, à la demande de l'ANSV, les observations formulées par l'Italie ont été annexées au présent rapport (voir annexe 5).

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des données radar et audio des services de la navigation aérienne, ainsi que des témoignages.

Le pilote du F-BXEU, accompagné de deux passagères, décolle de l'aérodrome de Poitiers-Biard (86) vers 15 h 20 afin d'effectuer un « baptême de l'air »³. Le pilote est alors en contact avec le contrôleur de tour de Poitiers, auquel il a préalablement donné ses intentions en indiquant qu'il effectuait un vol « à destination des châteaux de la Loire ».

Le pilote du 37AHH, accompagné d'une passagère, décolle de son côté vers 15 h 20 de l'aérodrome de Châtellerault-Targé (86), afin d'effectuer également un « baptême de l'air » dans le secteur des châteaux de la Loire.

Les deux aéronefs se dirigent vers la Loire en suivant une trajectoire directe sensiblement orientée au nord-nord-est.

À 15 h 23, le pilote du 37AHH contacte le contrôleur de Poitiers sur la fréquence de Poitiers information⁴ (voir Figure 1, point ①). Il lui indique qu'il se trouve à 1 500 ft et qu'il effectue « un transit vers le nord de Tours ». Le contrôleur de Poitiers information lui attribue un code transpondeur.

À 15 h 24, le pilote du F-BXEU quitte la fréquence de tour de Poitiers (point ②), et contacte la fréquence de Poitiers information.

À 15 h 35, le contrôleur de Poitiers information contacte le pilote du 37AHH pour lui indiquer qu'il se trouve en sortie de zone (point ③). Il lui demande d'afficher le code 7000 au transpondeur et lui précise que l'information de vol est disponible auprès du CIV de Paris (Paris information). Le pilote du 37AHH ne contacte pas immédiatement Paris information⁵.

À 15 h 39, le contrôleur de Poitiers information transmet les mêmes informations au pilote du F-BXEU, qui contacte immédiatement Paris information (point ④). L'agent du CIV en poste ne répond pas. Le pilote du F-BXEU ne réitère pas son appel.

Le 37AHH arrive au niveau du château d'Amboise (37), premier château de son itinéraire dans le secteur, à 15 h 47 min 49 (point ⑤), effectue un 360° à la verticale de ce château et repart vers l'est en direction du château suivant vers 15 h 50 min 40. Le château d'Amboise est également le premier château survolé par le F-BXEU, qui arrive à son niveau à 15 h 50 min 58 (point ⑥). Le F-BXEU survole le château de l'ouest vers l'est en réalisant une baïonnette et quitte le secteur vers 15 h 52 min 25.

³ Seuls les vols de découverte et les vols à frais partagés sont définis par la réglementation. La notion de « baptême de l'air » ne correspond à aucune définition réglementaire.

⁴ Communément appelé Poitiers info. La position de Poitiers information est regroupée avec les positions approche et tour.

⁵ Le contact radio avec un service d'information de vol n'est pas obligatoire.

Les deux aéronefs poursuivent leur trajet le long de la Loire, le 37AHH survolant la rive sud et le F-BXEU la rive nord.

Le 37AHH arrive ensuite au niveau du château de Chaumont-sur-Loire (41) vers 15 h 55 min 20 et entame un 360° pour survoler le château. Le F-BXEU arrive dans le secteur du château de Chaumont-sur-Loire vers 15 h 55 min 55. Il effectue un survol rectiligne du château de l'ouest vers l'est.

Les deux aéronefs se rapprochent jusqu'à une distance d'environ 300 m horizontalement et 500 ft verticalement à 15 h 56 min 20 (voir *Figure 2*, points 6 et 6).

Le pilote du 37AHH contacte dans le même temps le CIV Paris, indicatif « Paris information », en indiquant qu'il se situe « à la verticale de Chaumont-sur-Loire » à 1 400 ft d'altitude, pour réaliser « un local sur les châteaux de la Loire ». L'agent du CIV lui répond en lui attribuant un code transpondeur qui permet de le visualiser sur son écran radar.

Le F-BXEU repart le premier du secteur de Chaumont-sur-Loire vers 15 h 56 min 50. Le 37AHH quitte ensuite le secteur vers 15 h 57 min 20.

Les deux aéronefs poursuivent ensuite chacun leur propre itinéraire au-dessus des châteaux de la Loire, survolant à quelques reprises les mêmes châteaux à des distances plus importantes que précédemment.

Le 37AHH arrive au niveau du château de Chenonceau (37) à 16 h 32 min 48 (voir *Figure 1*, point 7), et réalise deux 360° à la verticale de ce château, avant de quitter le secteur vers 16 h 36 min 30. Le F-BXEU arrive quant à lui à cet endroit à 16 h 36 min 52 (point 8) et en repart deux minutes plus tard après avoir réalisé un 360°.

Les deux aéronefs prennent une direction sud, le 37AHH devançant le F-BXEU de deux minutes. Au nord de Loches, cet écart se réduit à 1 min 10.

À 16 h 42, le pilote du 37AHH contacte le CIV Paris pour signaler qu'il souhaite quitter la fréquence pour passer avec Poitiers information (point 9). L'agent du CIV accuse réception.

Le pilote du 37AHH contourne la ville de Loches par son travers ouest, effectue un 360° par la gauche avant d'en entamer un second. Le pilote du F-BXEU contourne quant à lui Loches par son travers est et semble entamer un 360° par la droite.

À 16 h 45 min 15, les deux aéronefs entrent en collision frontale au sud de Loches à une altitude d'environ 1 200 ft. Le pilote du 37AHH perd le contrôle de son ULM et le parachute de cellule est activé. L'ULM entre en collision avec le muret d'enceinte d'une habitation et prend feu. Dans le même temps, le pilote du F-BXEU perd le contrôle de l'avion, qui entre en collision avec le sol dans une roncière.

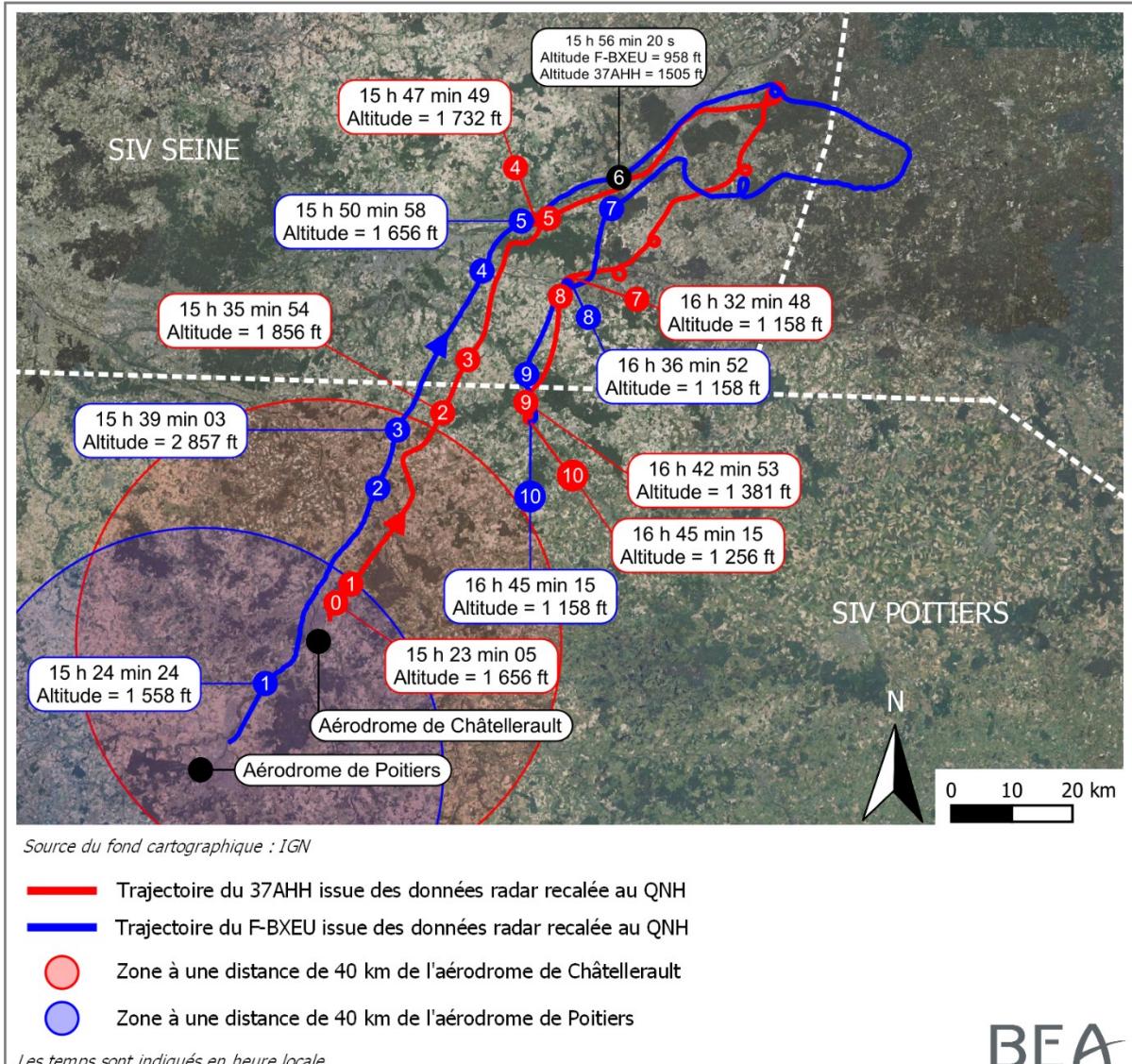


Figure 1 : trajectoires du F-BXEU et du 37AHH (Source : BEA)

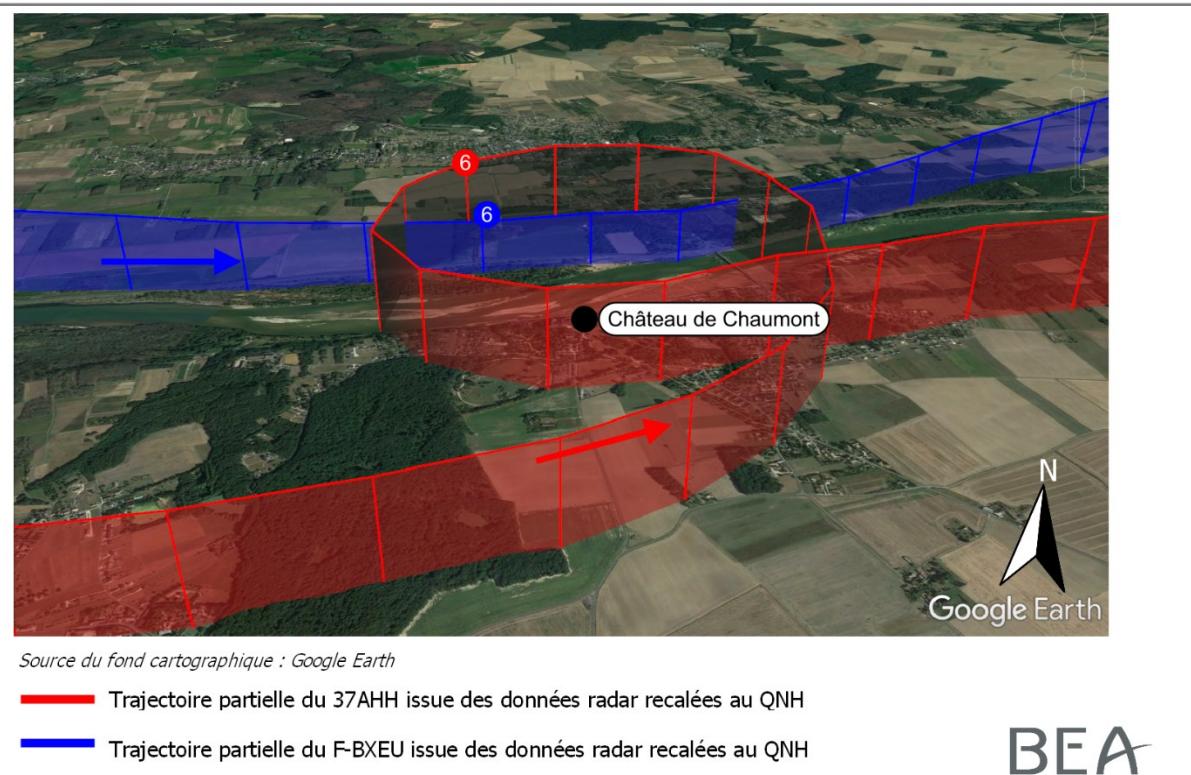


Figure 2 : configuration du rapprochement au château de Chaumont-sur-Loire (Source : BEA)

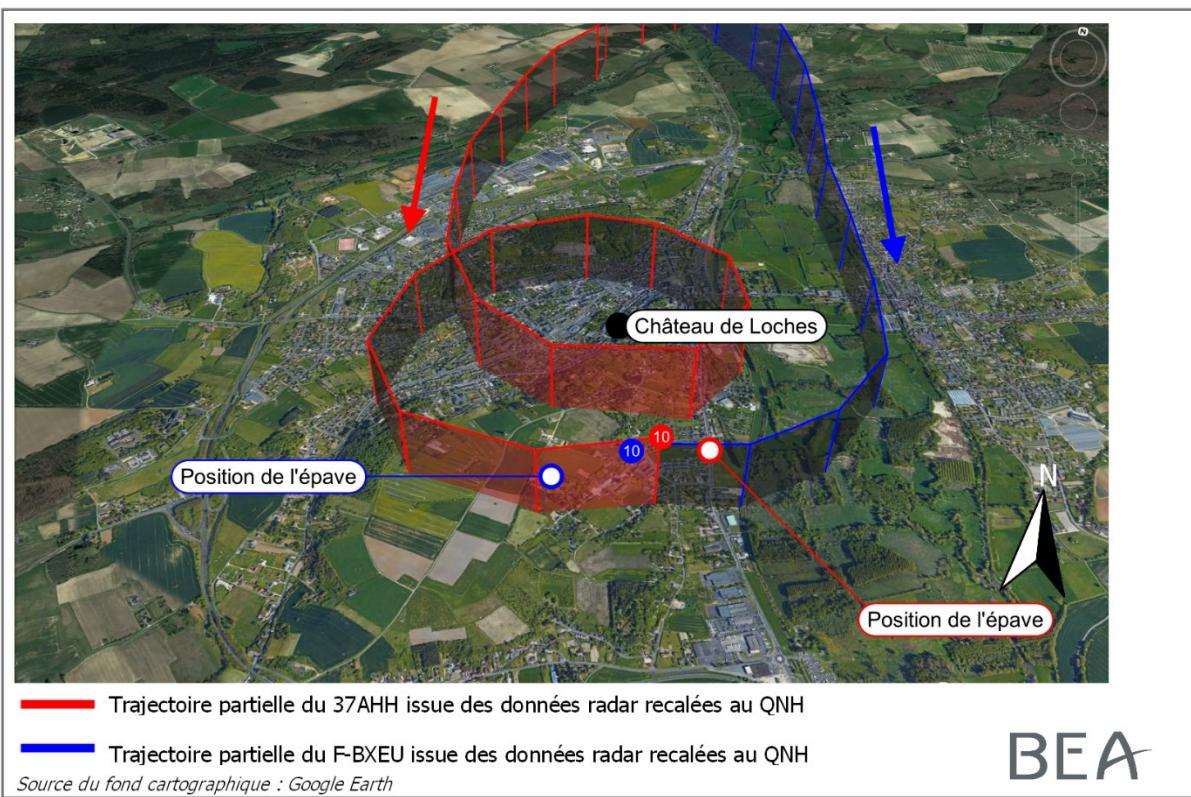


Figure 3 : configuration de la collision au-dessus du château de Loches (Source : BEA)

1.2 Tués et blessés

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/aucune
Membres d'équipage	F-BXEU : 1 37AHH : 1	-	-
Passagers	F-BXEU : 2 37AHH : 1	-	-
Autres personnes	-	-	-

1.3 Dommages aux aéronefs

Le F-BXEU et le 37AHH sont détruits.

1.4 Autres dommages

Un muret d'enceinte d'une habitation et un coffret électrique ont été endommagés à l'endroit de la collision du 37AHH avec le sol.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote du F-BXEU

Le pilote du F-BXEU, âgé de 75 ans, était titulaire d'une licence de pilote privé avion PPL (A) délivrée le 15 juin 2006 et assortie d'une qualification de classe monomoteur à pistons (SEP terrestre) valide au moment de l'accident. Le pilote était détenteur d'un certificat d'aptitude médicale de classe 2 valide au moment de l'accident, avec une restriction imposant le port de verres correcteurs.

Il totalisait le jour de l'accident 334 heures de vol, dont 251 réalisées en qualité de commandant de bord. Au cours de la dernière année, le pilote avait volé 17 h 47 en tant que commandant de bord.

Le pilote était le président de l'aéroclub. L'examen du carnet de vol du pilote a permis d'identifier quatre vols⁶ depuis septembre 2016 associés à une mention « Châteaux de la Loire » dans la rubrique « Observations ». L'intégralité des 75 vols réalisés depuis cette date a été réalisée sur DR400.

1.5.2 Pilote du 37AHH

Le pilote du 37AHH, âgé de 66 ans, était titulaire d'une licence de pilote d'ULM délivrée le 25 mars 2005, assortie de la qualification ULM multiaxes avec autorisation d'emport de passagers. Le pilote était par ailleurs détenteur :

- d'une qualification ULM hélicoptère ultraléger depuis 2012 ;
- d'une licence PPL (A) obtenue en 1985, assortie d'une qualification SEP terrestre valide au moment de l'accident, et
- d'une licence de pilote privé hélicoptère PPL (H) obtenue en 1998, assortie de qualifications de type Robinson R22 et R44, expirées au moment de l'accident.

⁶ 09/09/2020, 30/06/2018, 09/07/2017 et 25/05/2017.

Le pilote était également titulaire d'une qualification d'instructeur ULM valide au moment de l'accident.

Il n'a pas été possible de déterminer avec précision l'expérience de vol en ULM du pilote du 37AHH. D'après son fils, le pilote réalisait selon les années entre 400 et 600 heures de vol par an, et aurait totalisé plus de 5 000 heures de vol.

Le pilote était le dirigeant de la société Silvair Services, importateur en France des ULM fabriqués par Alpi Aviation (incluant les modèles Pioneer).

1.6 Renseignements sur les aéronefs

1.6.1 Avion Robin DR400-140 immatriculé F-BXEU

Le F-BXEU, numéro de série 1023, était exploité par l'aéroclub ASPTT Poitiers, qui en était le propriétaire. L'avion est passé en visite de type 2 000 heures durant l'été 2020 et a été à ce titre immobilisé entre le 23 juin et le 21 août 2020. Depuis cette visite, l'avion avait volé 46 h 30 et totalisait environ 16 720 heures cellule au moment de l'accident.

Le F-BXEU était équipé d'un anémomètre, d'un altimètre, d'un variomètre, d'un indicateur de virage et d'un compas magnétique. L'avion possédait également un transpondeur mode S et deux radios VHF. Il ne disposait pas de pilote automatique ni d'équipement spécifique à l'anticollision.

Lors de l'accident, la masse et le centrage de l'avion étaient dans les limites définies par le constructeur.

1.6.2 ULM multiaxes Alpi Aviation Pioneer 300 identifié 37AHH

Le 37AHH, numéro de série 5006 et construit en 2014, était exploité par la société Silvair Services. L'ULM était prêté à cette société par un propriétaire privé. Aucune documentation relative à la maintenance de l'ULM n'a été retrouvée pour l'enquête. D'après le propriétaire de l'ULM, le 37AHH totalisait un peu moins de 500 heures de vol.

Le 37AHH était équipé d'un calculateur GNSS, d'un horizon artificiel digital, d'un compas magnétique, d'une radio et d'un transpondeur mode S. Il ne disposait pas de pilote automatique ni d'équipement spécifique à l'anticollision.

Le 37AHH disposait d'un parachute de secours, vendu et certifié en Allemagne par Junkers Profly et fabriqué par Stratus 07 s.r.o. Le modèle Magnum 501, numéro de série 2440, a été installé de série sur cet ULM.

Le parachute a été fabriqué le 25 mars 2014. Il nécessite une maintenance tous les six ans, réalisée par son fabricant afin d'obtenir le renouvellement de la garantie. D'après les informations recueillies par le BEA, le parachute n'a pas été vérifié depuis son installation sur l'ULM. La maintenance réalisée par le fabricant du parachute ne concerne pas les câbles qui permettent de maintenir le parachute sur le fuselage, qui sont de la responsabilité du constructeur de l'ULM.

Lors de l'accident, la masse et le centrage de l'ULM étaient dans les limites définies par le constructeur.

1.7 Renseignements météorologiques

Les METAR de l'aérodrome de Tours – Val de Loire, situé à environ 40 km du lieu de la collision, indiquaient :

- à 16 h 30 : vent du 320° pour 10 kt, CAVOK⁷, température de 14 °C ;
- à 17 h : vent du 310° pour 8 kt, CAVOK, température de 14 °C.

À 16 h 45, à l'endroit de la collision, le Soleil avait une élévation de 22,6° dans le ciel et était situé à l'azimut 230°. Dans la configuration de la collision, il se situait ainsi dans le dos du 37AHH et était potentiellement gênant⁸ pour apercevoir le 37AHH depuis le F-BXEU.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

1.9.1 Communications entre les deux pilotes et le contrôleur de Poitiers

Le jour de l'accident, la fréquence radio du SIV de Poitiers était regroupée avec les fréquences de l'approche et de la tour de Poitiers. La transcription des échanges entre le contrôleur de Poitiers et les deux pilotes du F-BXEU et du 37AHH (indicatif radio F-JVQC) est présentée dans le tableau ci-dessous.

Station émettrice	Station réceptrice	Heure	Communications
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 13 min 24	Poitiers, de F-BXEU, bonjour.
TWR Poitiers	F-BXEU	15 h 13 min 27	F-BXEU, bonjour.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 13 min 31	F-EU, DR400 au parking pour un vol à destination des châteaux de la Loire, trois personnes à bord avec information G, demande roulage.
TWR Poitiers	F-BXEU	15 h 13 min 42	F-EU, transpondeur 7031, roulez A2, rappelez prêt.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 13 min 52	F-EU, 7031 au transpondeur, je roule A2, je rappelle prêt.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 15 min 39	Poitiers, de F-EU, prêt.
TWR Poitiers	F-BXEU	15 h 15 min 44	F-EU, roulez, maintenez A.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 15 min 48	Je roule, je maintiens A, EU.
TWR Poitiers	F-BXEU	15 h 16 min 19	F-EU, roulez, alignez-vous piste 03, attendez.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 16 min 23	EU, je m'aligne 03 et j'attends.

⁷ Visibilité supérieure à 10 km, pas de nuage en-dessous de la plus élevée des valeurs entre l'altitude minimale de secteur et la hauteur de 5 000 ft au-dessus de l'aérodrome, pas de phénomène météorologique significatif, pas de cumulonimbus ni de cumulus bourgeonnant.

⁸ Notamment pour un pilote de 75 ans comme l'a indiqué le BEA dans le [rapport sur l'accident du F-GIBM](#).

TWR Poitiers	F-BXEU	15 h 18 min 02	F-EU, autorisé décollage piste 03, vent 350°, 9 kt.
F-BXEU	TWR Poitiers	15 h 18 min 08	F-EU, autorisé décollage 03.
F-JVQC Poitiers info F-JVQC	Poitiers info F-JVQC Poitiers info	15 h 23 min 01 15 h 23 min 06 15 h 23 min 08	Poitiers info, de F-QC, bonjour. F-QC, bonjour. Poitiers info, de F-JVQC, un Pioneer 300, deux personnes à bord, on est actuellement à 1 500 ft, QNH <u>1 0 2... 2 6</u> , transpondeur 7000, pour un transit vers le nord de Tours.
Poitiers info	F-JVQC	15 h 23 min 30	Vous venez de Châtellerault et vous allez vous poser à Tours ou vous retournez à Châtellerault ensuite ?
F-JVQC TWR Poitiers F-JVQC	TWR Poitiers F-JVQC TWR Poitiers	15 h 23 min 34 15 h 23 min 37 15 h 23 min 42	Je retourne à Châtellerault tout à l'heure. Reçu QC, transpondeur 7047, QNH 1027. 1027, 7047, QC.
F-BXEU TWR Poitiers F-BXEU	TWR Poitiers F-BXEU TWR Poitiers	15 h 23 min 54 15 h 23 min 59 15 h 24 min 04	Poitiers, de F-EU, pour quitter la CTR. F-EU, info de vol disponible sur 124.0. On passe sur 124.0, EU.
F-BXEU Poitiers info F-BXEU	Poitiers info F-BXEU Poitiers info	15 h 24 min 10 15 h 24 min 13 15 h 24 min 16	Poitiers info, de F-EU. EU, je vous reçois 5, rappelez pour quitter. Je rappelle pour quitter, EU.
Poitiers info F-JVQC Poitiers info	F-JVQC Poitiers info F-JVQC	15 h 35 min 51 15 h 35 min 53 15 h 35 min 55	F-QC. QC, 5. QC, en sortie de zone, 7000 au transpondeur, Paris information disponible 129.625, au revoir.
F-JVQC	Poitiers info	15 h 36 min 03	Merci beaucoup et à tout à l'heure et bonjour à (...)
Poitiers info	F-JVQC	15 h 36 min 10	À tout à l'heure.
Poitiers info	F-BXEU	15 h 38 min 16	F-EU, en sortie de zone, 7000 au transpondeur, Paris information disponible 129.625, au revoir.
F-BXEU	Poitiers info	15 h 38 min 24	129.625, 7000 au transpondeur, au revoir, à tout à l'heure.

1.9.2 Communications entre les deux pilotes et les agents de Paris information

Station émettrice	Station réceptrice	Heure	Communications
F-BXEU	Paris info	15 h 39 min 27	Seine info ⁹ , de F-BXEU, bonjour. ¹⁰
F-JVQC Paris info F-JVQC	Paris info F-JVQC Paris info	15 h 56 min 32 15 h 56 min 37 15 h 56 min 40	Paris info, de F-KC ¹¹ , bonjour. Station appelante, KC. Poitiers, euh, pardon, euh, Paris info, de F-JVKC, un Pioneer 300, deux personnes à bord, actuellement à la verticale de Chaumont-sur-Loire, 1 400 ft, <u>1 0 2 Z</u> , transpondeur 7000, c'est pour un local sur les châteaux de la Loire.
Paris info F-JVQC Paris info F-JVQC	F-JVQC Paris info F-JVQC Paris info	15 h 56 min 59 15 h 57 min 04 15 h 57 min 07 15 h 57 min 07	Reçu, KC, 7010 au transpondeur. 70, euh, KC. 7010. <u>7 0 1 0</u> .
F-JVQC Paris info ¹² F-JVQC	Paris info F-JVQC Paris info	16 h 42 min 46 16 h 42 min 49 16 h 42 min 51	Paris info, de F-QC. QC, go ahead. QC, c'est pour quitter et passer avec Poitiers et je vous remercie.
Paris info	F-JVQC	16 h 42 min 57	QC, c'est bien reçu, donc 7000. Vous pouvez passer avec Poitiers, bonne fin de journée, au revoir.
F-JVQC	Paris info	16 h 43 min 03	Merci, également.

Les pilotes n'entreront pas en communication avec le SIV de Poitiers avant la collision survenue environ deux minutes après le dernier message du pilote du 37AHH.

1.10 Renseignements sur les aérodromes

L'aérodrome de Poitiers Biard, base du F-BXEU, est situé à environ 78 km du lieu de la collision. Le F-BXEU s'est retrouvé à 155 km de sa base au point le plus éloigné de sa trajectoire.

L'aérodrome de Châtellerault, base du 37AHH, est situé à environ 55 km du lieu de la collision. Le 37AHH s'est retrouvé à 120 km de sa base au point le plus éloigné de sa trajectoire.

1.11 Enregistreurs de bord

Le F-BXEU et le 37AHH n'étaient pas équipés d'enregistreurs de bord. La réglementation ne l'impose pas.

⁹ Le pilote appelle par erreur le SIV Seine (Seine information). Le jour de l'accident, le SIV Seine n'assurait pas le service d'information de vol dans le secteur où se trouve le F-BXEU ; le CIV de Paris (Paris information) assurait ce service en remplacement (voir § 1.17.4.5).

¹⁰ L'agent du CIV (n°1) en poste n'a pas répondu à ce message.

¹¹ Le pilote du 37AHH indique F-KC par erreur (son indicatif raccourci était F-QC).

¹² Une relève a entre-temps eu lieu ; l'agent CIV n°2 qui répond n'est plus celui avec lequel le pilote du 37AHH avait échangé en premier lieu.

1.12 Renseignements sur les épaves et sur l'impact

La *Figure 4* montre la position des épaves et des débris appartenant aux aéronefs suivant le tableau ci-dessous.

Repères sur la Figure 4	Débris
<i>Avion immatriculé F-BXEU (en bleu)</i>	
1	Épave de l'avion
1-1	Débris de l'aile gauche accroché dans un arbre
1-2	Débris de l'aile gauche comprenant : - le saumon de l'aile équipé du feu de navigation ; - un fragment de volet ; - divers débris en bois et fragments de revêtement.
1-3	Petit débris de l'aile gauche
<i>ULM identifié 37AHH (en blanc cerclé de rouge)</i>	
2	Épave de l'ULM
2-1	Extrémité de l'aile gauche
2-2	Renvoi de commande de l'aileron gauche
2-3	Fragment d'une pale de l'hélice et aileron gauche

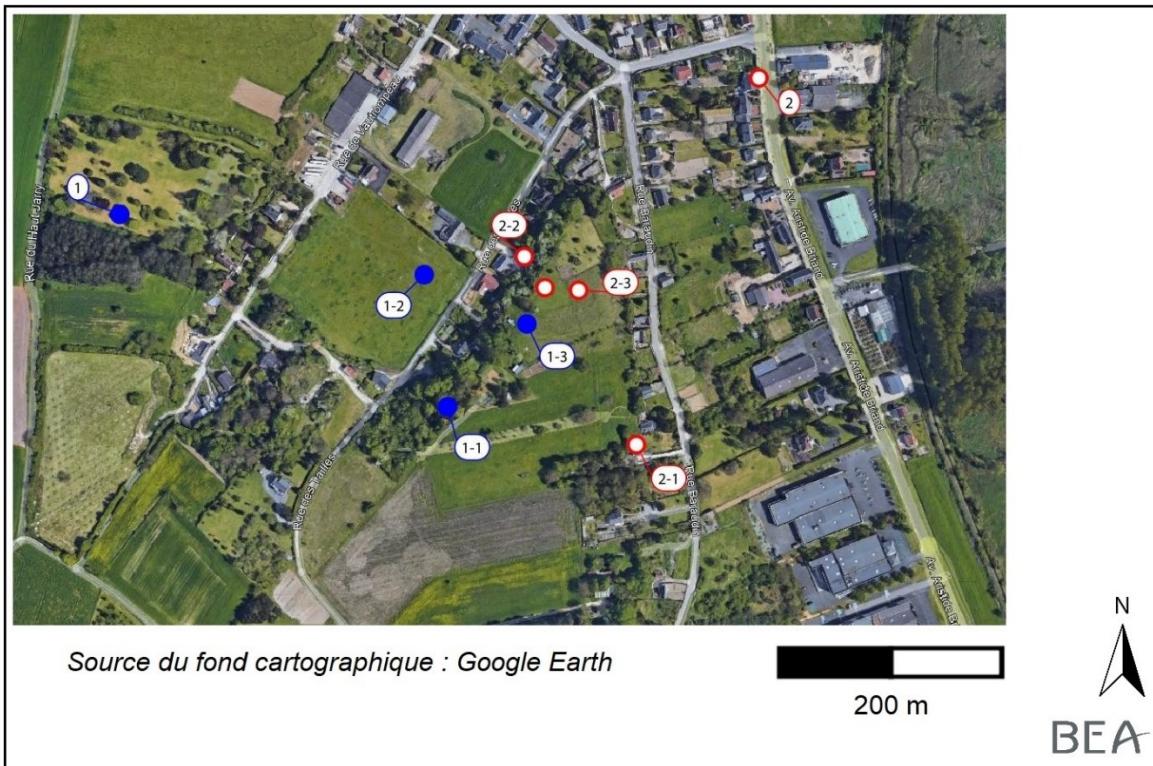


Figure 4 : plan de répartition des débris au sol

L'épave du F-BXEU est retrouvée dans une roncière, recouverte de végétation. Les commandes de vol étaient continues.

Le débris repéré 1-1, d'une longueur de deux mètres environ, correspond au revêtement de l'extrémité de l'aile gauche, du bord d'attaque au bord de fuite (voir *Figure 5*).



Figure 5 : revêtement de l'extrémité de l'aile gauche du F-BXEU (Source : SRTA)

L'épave du 37AHH se situe devant une habitation, à cheval sur un petit muret clôturé. L'ULM a brûlé au sol. La continuité des commandes n'a pas pu être établie.

L'extrémité de l'aile gauche a été retrouvée sur le toit d'une maison en position 2-1 (voir *Figure 6*). Ce fragment comprend le saumon de l'aile et une partie du revêtement d'extrados. Sur ce débris, aucune trace de la collision avec le F-BXEU n'est identifiée.



Figure 6 : extrémité de l'aile gauche du 37AHH, vue de l'extrados (Source : SRTA)

L'examen du fragment repéré en 2-3 montre que la pale de l'hélice est rompue à mi-longueur environ.

Le parachute de secours de l'ULM n'est plus attaché au fuselage. Il est retrouvé déployé, à environ 40 m, en amont de l'épave par rapport à la trajectoire de l'aéronef (voir *Figure 7* et *Figure 8*).

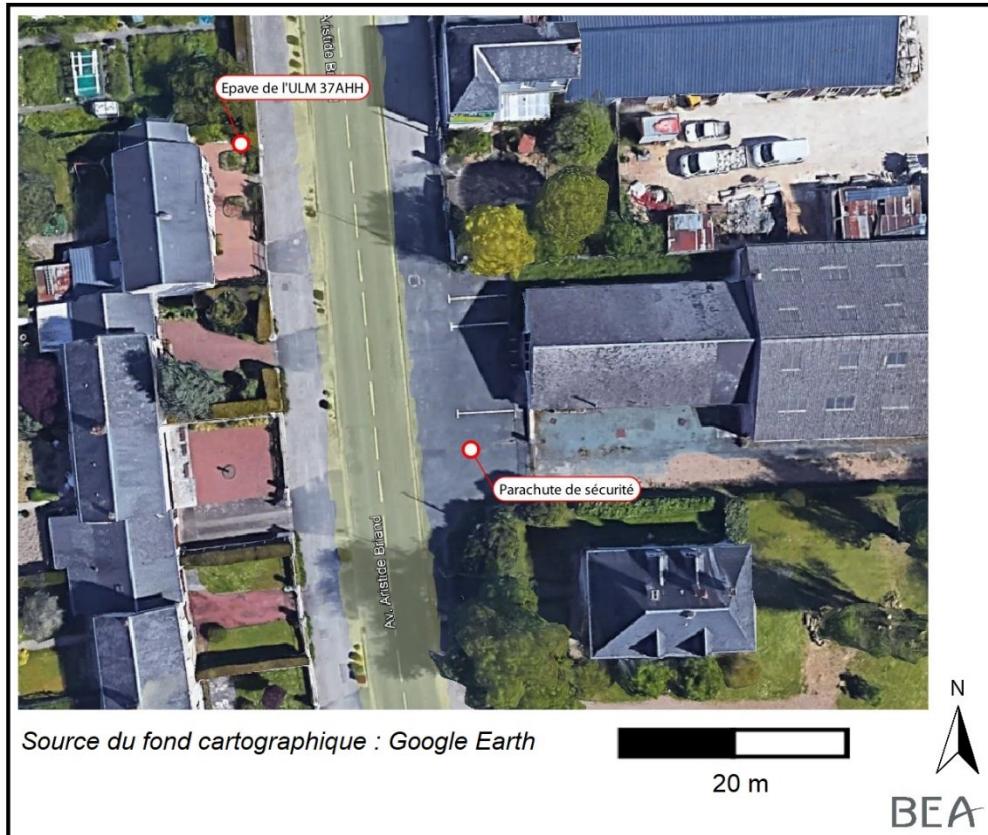


Figure 7 : positions de l'épave du 37AHH et de son parachute de secours



Figure 8 : parachute du 37AHH au sol (Source : SRTA)

L'état de la fusée d'extraction, de la poignée d'activation et du parachute montre que ce dernier a été activé en vol. Le moment de cette activation par rapport à la collision avec le F-BXEU demeure inconnu.

Le parachute n'était pas endommagé. Aucune singularité, pouvant expliquer un mauvais déploiement, n'a été identifiée sur le parachute. Les détails sur la conception du parachute et les examens complémentaires réalisés sont donnés en section 1.16.1.

Les examens réalisés sur les deux épaves montrent que, lors de la collision en vol, la moitié environ de l'aile gauche de chaque aéronef a été arrachée. Ces endommagements ont conduit au minimum à la perte de commande de leur aileron gauche. Sur le 37AHH, l'arrachement de la voilure est associé à la rupture d'une pale de l'hélice.

La *Figure 9* indique pour chaque aéronef les zones endommagées lors de la collision en vol. Le schéma de chaque aéronef a été repositionné selon la trajectoire des aéronefs. Cette figure ne tient pas compte de leurs angles de roulis.

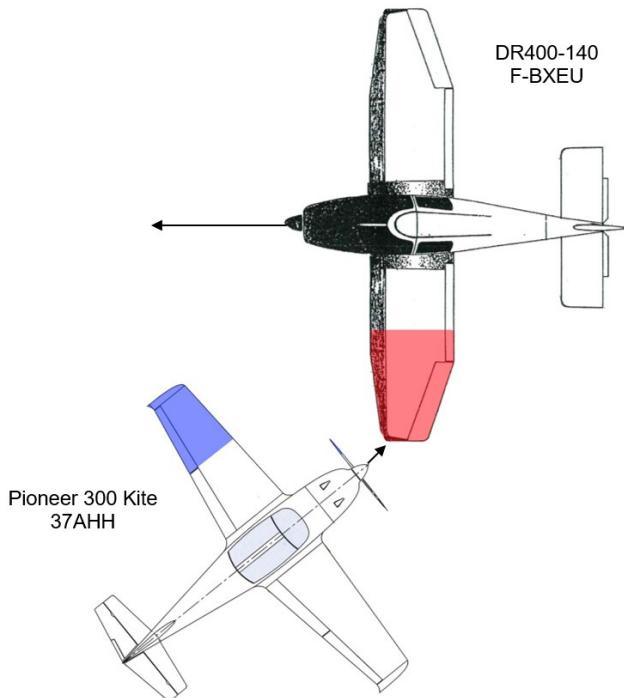


Figure 9 : identification des zones endommagées et repositionnement angulaire des aéronefs
(Source : BEA)

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14 Incendie

Le 37AHH a pris feu après l'impact avec le sol. Un coffret électrique est présent dans la zone d'impact avec le sol. Il n'a pas été possible de déterminer l'origine exacte de l'incendie.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Des autopsies ont été pratiquées sur les corps des occupants du F-BXEU et du 37AHH. Elles ont permis de déterminer que l'énergie cinétique très importante des collisions avec le sol n'a laissé aucune possibilité de survie aux occupants.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Parachute de secours

1.16.1.1 Conception du parachute de secours

Le parachute de secours des Pioneer 300 est installé de série sur la structure de l'ULM.

L'interface entre le parachute et le fuselage est réalisée au travers de quatre câbles métalliques ; deux câbles fixés sur le bâti moteur et deux câbles sur le longeron, de part et d'autre du fuselage.

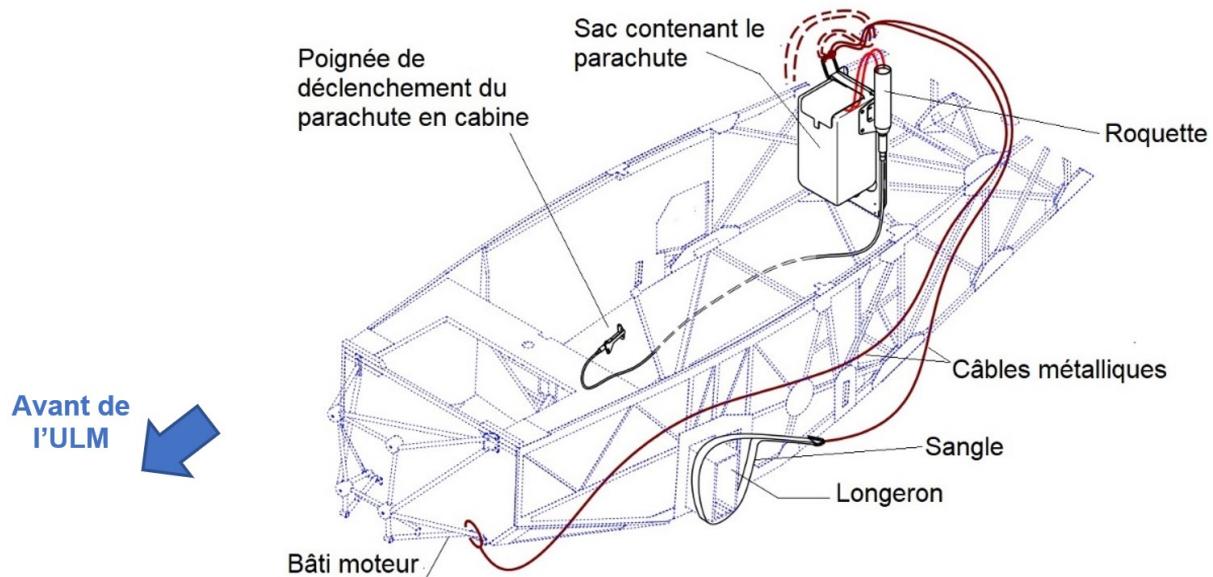


Figure 10 : schéma illustrant le montage des câbles sur le côté gauche de l'ULM¹³
 (Source : Alpi Aviation, annoté par le BEA)

Les deux câbles avant ont la géométrie précisée sur le schéma ci-dessous (dimensions en mm). Côté parachute, le câble est équipé d'une cosse métallique. Côté bâti moteur, le câble forme une simple boucle.

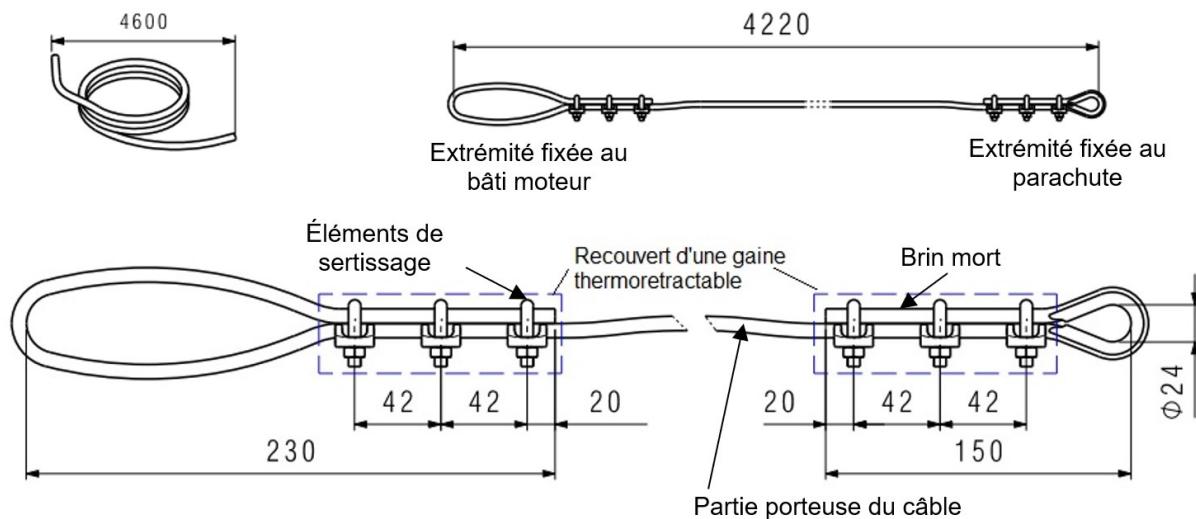


Figure 11 : caractéristiques des câbles avant (Source : Alpi Aviation, annoté par le BEA)

Les deux câbles arrière ont la géométrie précisée sur le schéma ci-dessous (dimensions en mm). Le câble est équipé d'une cosse métallique à chaque extrémité.

¹³ Le montage est identique sur le côté droit.

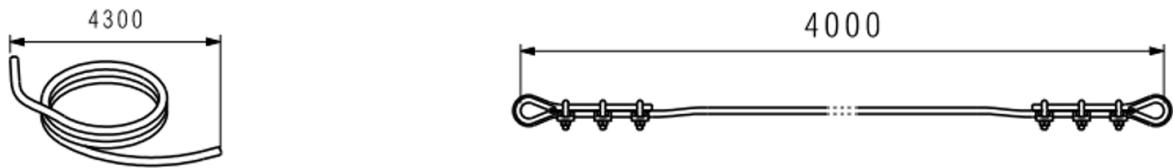


Figure 12 : caractéristiques des câbles arrière (Source : Alpi Aviation)

Le constructeur de l'ULM a indiqué au BEA que dans cette configuration la charge à rupture d'un câble est d'environ 3 440 daN, soit 1,34 fois l'effort maximal déclaré par le constructeur du parachute, pour une masse de 475 kg et une vitesse de 300 km/h.

Il est également précisé par le constructeur de l'ULM que lors de la phase de déploiement du parachute, la sollicitation mécanique maximale en traction est d'abord répartie uniquement sur les deux câbles fixés au bâti moteur. Le constructeur de l'ULM précise cependant que des accélérations inattendues peuvent modifier le chargement mécanique sur l'installation lors de la phase de déploiement du parachute, telles qu'un changement soudain d'assiette de l'ULM en vol dû à la perte d'une surface portante fondamentale, sans toutefois pouvoir les quantifier.

1.16.1.2 Nomenclature et norme relatives aux éléments de sertissage

Le constructeur de l'ULM, ainsi que la documentation technique relative au parachute de secours qu'il a fournie au BEA, ne mentionnaient aucune norme d'assemblage des éléments de sertissage. Par conséquent, le BEA a utilisé comme référence la norme EN 13411-5+A1 (décembre 2008) « Terminaisons pour câbles en acier - Sécurité - Partie 5 : serre-câbles à étrier en U » qui décrit la nomenclature et le mode de montage des éléments de sertissage.

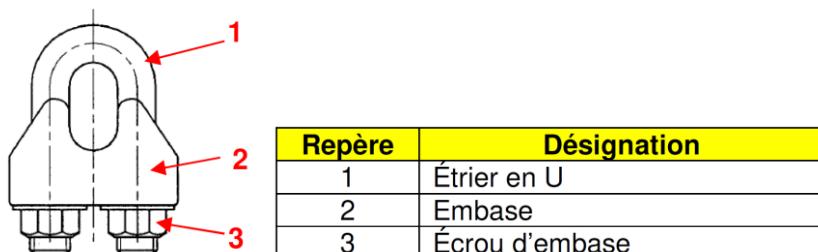


Figure 13 : nomenclature associée aux éléments de sertissage (Source : norme EN 13411-5+A1)

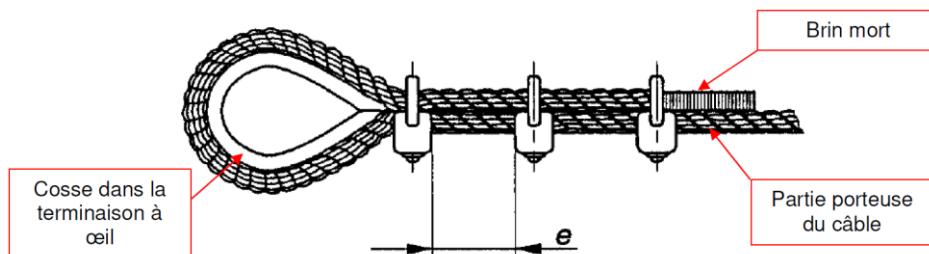


Figure 14 : mode de montage (Source : norme EN 13411-5+A1)

La norme spécifie que la dimension e doit être comprise entre 1,5 et 3 fois la largeur de l'embase.

1.16.1.3 Endommagements observés sur le parachute de secours du 37AHH

Sur l'épave du 37AHH, le câble gauche fixé au bâti moteur est rompu au droit de sa liaison avec le parachute. Un élément de sertissage est retrouvé au droit de la zone rompue. L'état fortement dégradé du câble n'a pas permis de déterminer le mode de rupture de ce câble.



Figure 15 : extrémité rompue d'un câble avant, cassure située côté parachute (Source : BEA)

Pour les trois autres câbles, à une de leur extrémité, le brin mort a glissé dans les éléments de sertissage. Ces câbles ne sont pas rompus.

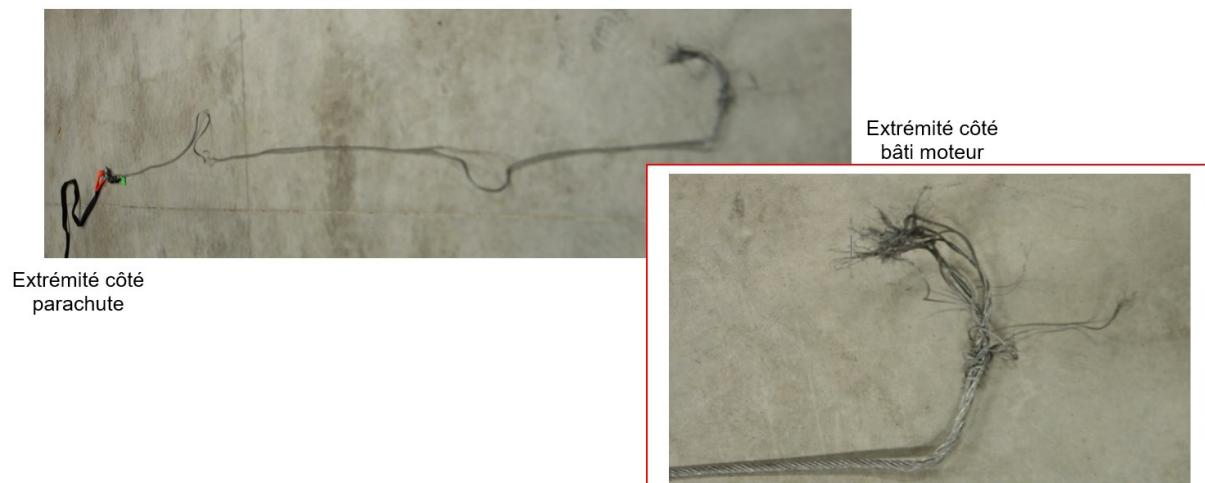


Figure 16 : câble avant (Source : BEA)

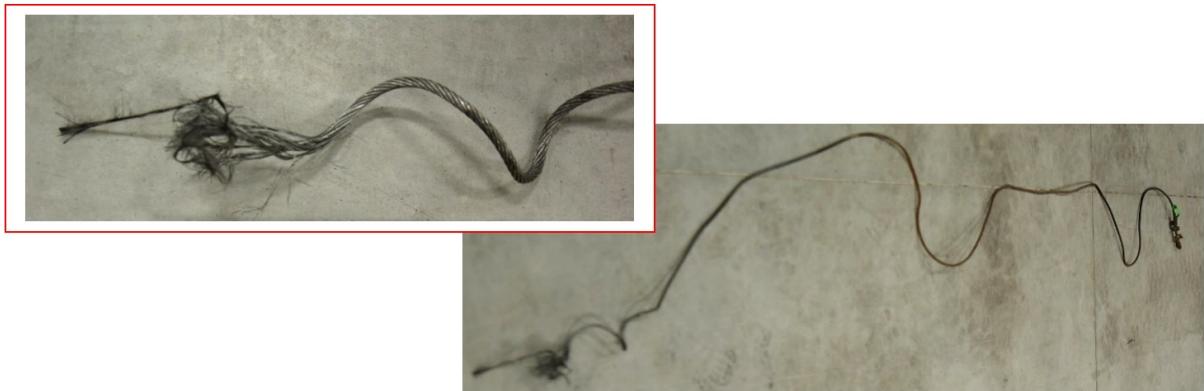


Figure 17 : câble arrière (Source : BEA)



Figure 18 : câble arrière (Source : BEA)

Ces endommagements expliquent que le parachute n'ait pas été retrouvé associé au fuselage sur le site de l'accident.

Les mesures réalisées par le BEA sur les différents éléments de sertissage et leur position sur les câbles ne correspondent pas, dans la très grande majorité des cas, aux spécifications fournies par Alpi Aviation.

1.16.1.4 Campagnes de tests

Deux campagnes de tests ont été mises en œuvre par le BEA avec l'assistance des moyens de la Direction générale de l'Armement - Techniques aéronautiques (DGA-TA), l'une en 2021, l'autre en 2022. Au cours de ces deux campagnes, des essais de traction ont été réalisés sur quatorze câbles neufs fournis par le constructeur de l'ULM.

1.16.1.4.1 Première campagne de tests (2021)

Le constructeur de l'ULM a fourni les câbles suivants ; deux câbles étiquetés « 4600 » (désignés arbitrairement par le BEA par la suite 4600-1 et 4600-2) et deux câbles étiquetés « 4220 » (désignés arbitrairement par le BEA par la suite 4220-1 et 4220-2).



Figure 19 : câbles fournis au BEA (Source : BEA)

Chaque câble est équipé :

- d'une simple boucle à une extrémité, avec trois éléments de sertissage recouverts d'une gaine thermo rétractable, sans cosse métallique ;
- d'une boucle à l'autre extrémité, avec trois éléments de sertissage recouverts d'une gaine thermo rétractable, et une cosse métallique.

Chaque câble est équipé avec les éléments de sertissage en position. Sur ces câbles, l'embase de chaque élément de sertissage (serre-câble à étrier en forme de « U ») prend appui sur le brin mort, soit une position opposée à celle spécifiée et recommandée dans la norme EN 13411-5+A1. Les éléments de sertissage utilisés sont recommandés pour un diamètre de câble inférieur à celui du câble utilisé. Le constructeur de l'ULM a indiqué qu'il utilise pour les éléments de sertissage la dimension recommandée par son fournisseur de câble.

Les résultats des essais de traction des câbles sont les suivants :

Câbles utilisés	Modifications apportées aux câbles par le BEA	Position des éléments de sertissage Couple de serrage des fixations des éléments de sertissage	Constats	Efforts de traction maximale mesurés
4600-1	-	Embases en appui sur le brin mort	À l'extrémité non équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 509 daN
4220-1	-	Embases en appui sur le brin mort	À l'extrémité non équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	2 588 daN
4220-2	Gaine thermo rétractable retirée à chaque extrémité	Embases en appui sur le brin mort	À l'extrémité non équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 299 daN
4600-2	Boucle reformée à chaque extrémité	Embases en appui sur la partie porteuse du câble 4,25 N.m	À l'extrémité non équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 296 daN
4600-1	Boucle reformée à chaque extrémité	Embases en appui sur le brin mort 5,1 N.m	Aux deux extrémités, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	2 187 daN
4600-1	Boucle reformée à chaque extrémité À une extrémité, utilisation d'éléments de sertissage DGA TA Câble dégraissé	Embases en appui sur le brin mort 4,25 N.m	À l'extrémité équipée des éléments de sertissage fournis par Alpi Aviation, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	2 902 daN
4220-2	Boucle reformée à chaque extrémité Utilisation d'éléments de sertissage DGA TA	Embases en appui sur la partie porteuse du câble 4,25 N.m	À une extrémité, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	2 088 daN
4220-1	Boucle reformée à chaque extrémité	Embases en appui sur la partie porteuse du câble 4,25 N.m	À une extrémité, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	2 399 daN

Les figures ci-dessous illustrent le résultat de l'essai mené sur le câble désigné 4600-1.

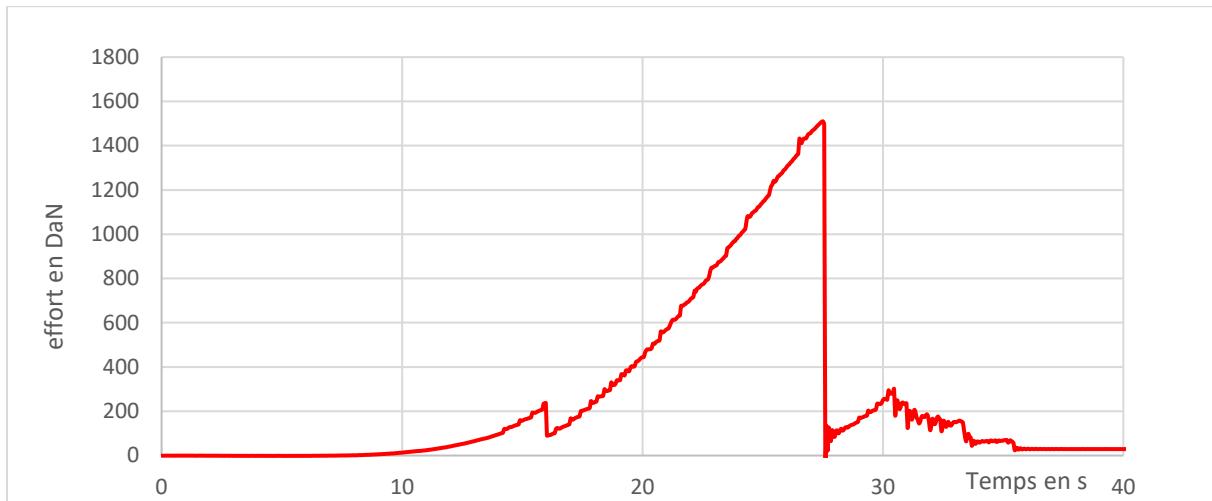


Figure 20 : effort en fonction du temps (Source : DGA-TA)

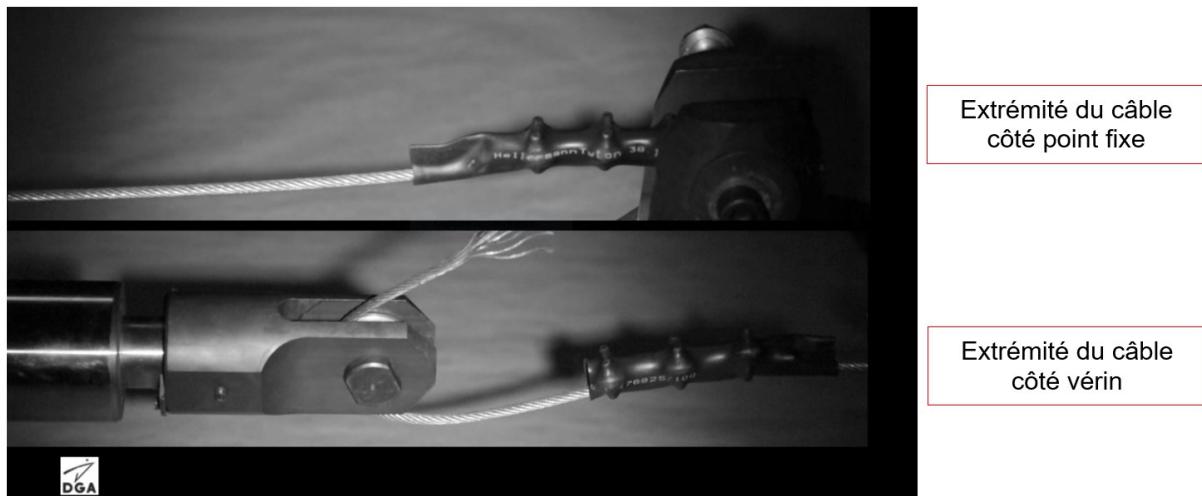


Figure 21 : photos extraites de vidéos d'essai (Source : DGA-TA)

1.16.1.4.2 Deuxième campagne de tests (2022)

Une deuxième campagne de tests a été effectuée en 2022, sur dix autres câbles fournis par le constructeur de l'ULM.

Cinq câbles sont équipés :

- d'une simple boucle à une extrémité, avec trois éléments de sertissage, sans cosse métallique ;
 - d'une boucle à l'autre extrémité, avec trois éléments de sertissage et une cosse métallique.
- Ces cinq câbles sont désignés arbitrairement par le BEA par la suite F1, F2, F3, F4 et F5.

Cinq câbles sont équipés, à chaque extrémité, d'une boucle composée de trois éléments de sertissage et d'une cosse métallique.

Ces cinq câbles sont désignés arbitrairement par le BEA par la suite R1, R2, R3, R4 et R5.

Le constructeur a indiqué au BEA, quelques jours avant l'examen, que les éléments de sertissage pour les dix câbles leur ont été fournis par une nouvelle équipe de leur fournisseur. Selon le constructeur, ces éléments de sertissage présentaient visuellement des différences géométriques. Le constructeur a ainsi réalisé, en amont de la campagne, des tests qui ont montré des charges moyennes d'environ 1 000 daN avant glissement des brins. Le constructeur a donc anticipé que les câbles fournis ne permettraient pas de respecter les spécifications lors des tests. La campagne prévue a tout de même été réalisée. Le BEA a noté que les éléments de sertissage sont recommandés par la norme EN 13411-5+A1 pour un diamètre de câble inférieur à celui du câble utilisé.

Le schéma ci-dessous présente le montage d'essais mis en œuvre pour les câbles F1 à F5 :



Figure 22 : montage d'essai (Source : BEA)

À une extrémité, le câble est installé sur une potence fixe. À l'autre extrémité, le câble est installé à l'extrémité d'un vérin piloté. Ce vérin est équipé d'un capteur d'effort, d'un capteur de déplacement et d'une interface permettant le montage du câble. Le déplacement du vérin est réalisé à une vitesse constante indiquée dans le tableau ci-dessous. Par rapport à la première campagne de tests, la vitesse a été augmentée afin d'être plus représentative de celle rencontrée au cours du déploiement d'un parachute¹⁴.

Le schéma ci-dessous présente le montage d'essais mis en œuvre pour les câbles R1 à R5. Le montage est similaire au précédent, avec simplement l'ajout, à une extrémité, d'une sangle en Kevlar. Ces sangles ont également été transmises au BEA par le constructeur de l'ULM.



Figure 23 : montage d'essai (Source : BEA)

¹⁴ Le constructeur de l'ULM n'a fourni aucune information concernant la vitesse atteinte par les câbles lors du déploiement du parachute, mais il était d'accord avec la gamme de vitesses retenue pour les tests.

Les résultats de ces tests sont les suivants :

Câbles utilisés	Vitesse de déplacement du vérin	Constats	Efforts de traction maximale mesurés
F1	652 mm/s	À l'extrémité équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 180 daN
F2	3,5 mm/s	À l'extrémité équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 410 daN
F3	3,5 mm/s	À l'extrémité équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	9 20 daN
F4	3,5 mm/s	À l'extrémité qui n'est pas équipée de la cosse métallique, côté point fixe, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 520 daN
F5	1642 mm/s	À l'extrémité équipée de la cosse métallique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 920 daN
R1	3,5 mm/s	À l'extrémité côté vérin hydraulique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 220 daN
R2	3,5 mm/s	À l'extrémité associée à la sangle, côté point fixe, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 410 daN
R3	3,5 mm/s	À l'extrémité côté vérin hydraulique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 030 daN
R4	3377 mm/s	À l'extrémité côté vérin hydraulique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 940 daN
R5	3405 mm/s	À l'extrémité côté vérin hydraulique, glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.	1 850 daN

D'après ces résultats, il semble que l'effort maximal de traction mesuré au moment du glissement du brin mort augmente avec la vitesse du vérin.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Société Silvair Services

1.17.1.1 Prestations proposées

La société Silvair Services est un importateur ULM. Elle en propose à la vente plusieurs types de différents constructeurs (Groppo Trail, Pioneer 200 et 300, Tecnam P92 et P2002).

Au moment de l'accident, elle proposait par ailleurs sur son site Internet¹⁵ des coffrets cadeaux donnant accès à des baptêmes de vol, réalisés sur ULM Pioneer (voir annexe 1).

¹⁵ À la date de publication du rapport, ce [site Internet](#) n'était plus accessible.

Il est précisé que la durée de ces baptêmes est modulaire, de 15 à 60 minutes. Le site indique qu'il est possible de « choisir le jour du vol et le circuit avec le pilote (en accord avec la réglementation, la météo et les règles de sécurité) ». Il est également indiqué que « le jour du vol, il sera possible au bénéficiaire du coffret cadeau de prolonger la durée ou de choisir une autre formule, en réglant le complément éventuel. »

Le site ne propose pas explicitement de vols au-dessus des châteaux de la Loire, ni de vol dépassant 60 minutes de vol.

Concernant les tarifs, le site ne mentionne pas explicitement le coût de chaque coffret cadeau. Il est toutefois spécifié les tarifs suivants :

- « baptême de l'air en Pioneer : à partir de 49 € » ;
- « vol d'initiation au pilotage en Pioneer, avec instructeur : à partir de 119 € », avec la mention additionnelle « un vrai cours de pilotage, c'est vous qui pilotez ».

1.17.1.2 Nature de la prestation du jour de l'accident

La prestation proposée à la passagère du 37AHH lui avait été offerte via un coffret cadeau (voir Figure 24). Ce coffret proposait un vol de « découverte ULM » ou « baptême de l'air » en ULM Pioneer pour un nombre de minutes non prédefini. Des ajouts manuscrits sur le bon cadeau viennent préciser le contexte du vol :

- la mention « minutes » est rayée, et la durée « 2 H » est ajoutée dans l'encart vide en rapport ;
- la mention « châteaux de la Loire » est ajoutée.

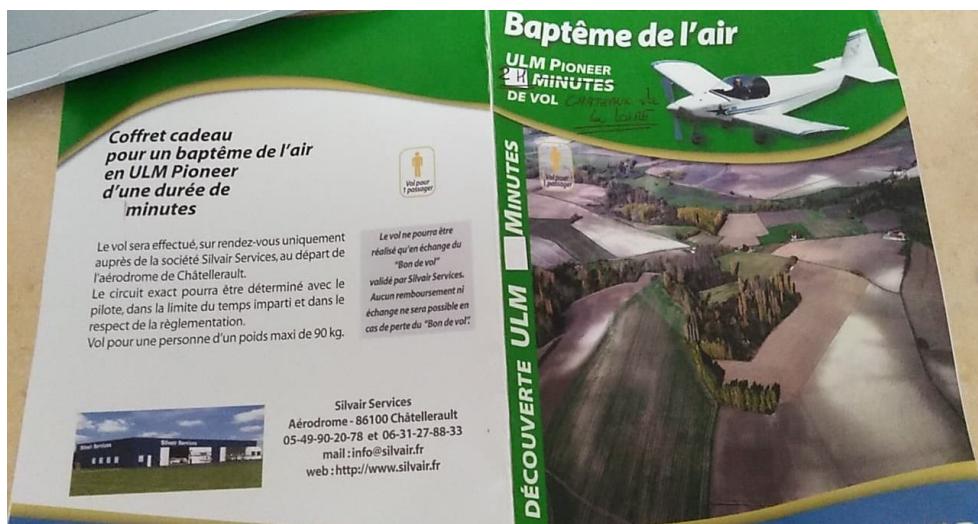


Figure 24 : coffret cadeau offert à la passagère du 37AHH (Source : proches)

Ce vol a été réglé le 20 décembre 2019 pour un montant total de 338 €, représentant ainsi 169 € par heure de vol.

À titre de comparaison, il est possible pour un pilote breveté de louer un ULM de type Pioneer 300 pour un tarif de 113 € de l'heure¹⁶ en 2023.

¹⁶ <https://www.sdair.fr/services/location/>

1.17.2 Aéroclub ASPTT Poitiers

1.17.2.1 Prestations proposées au moment de l'accident

L'aéroclub ASPTT Poitiers, basé à l'aérodrome de Poitiers Biard, est un organisme de formation approuvé (ATO), qui propose classiquement à ses adhérents des formations au pilotage et la possibilité de louer des avions pour la pratique de l'aviation légère. Au moment de l'accident, le [site Internet](#) de l'aéroclub proposait également au grand public (voir captures d'écran, annexe 2) :

- des vols de « baptême standard » d'une durée de 30 minutes, autour de Poitiers, avec un briefing¹⁷ de 15 minutes avant le vol, pour un tarif de 76 € ;
- des vols de « découverte du pilotage » d'une durée de 40 minutes, avec un briefing de 15 minutes avant le vol, pour un tarif de 100 € ;
- des vols « d'initiation au pilotage » avec un instructeur d'une durée de 40 minutes, avec des briefings avant et après le vol, pour un tarif de 125 € ;
- des « balades aériennes », d'une durée non précisée à la demande des acheteurs, sur la base de 155 € de l'heure de vol. Le site précise que le pilote participe au coût du vol.

Le site Internet de l'aéroclub invitait les personnes intéressées par l'une de ces prestations à acheter un « bon cadeau ». Les acheteurs étaient alors redirigés vers une plate-forme de réservation en ligne gérée par le prestataire de billetterie Weezevent.

Cinq prestations étaient alors proposées au client, correspondant à quelques nuances près à celles évoquées plus haut :

- « Vol baptême standard 30 min » d'un montant de 76 €, avec la précision « prix coûtant » ;
- « Vol baptême découverte 40 min » d'un montant de 100 €, avec la précision « possibilité de découverte du pilotage » ;
- « Vol d'initiation au pilotage 40 min » d'un montant de 125 € ;
- « Vol baptême découverte 1 h » d'un montant de 155 €, avec la précision « possibilité de découverte du pilotage » ;
- « Vol baptême découverte des châteaux de la Loire » d'un montant de 285 €, avec la précision « vol baptême de découverte des Châteaux de la Loire : Amboise, Blois, Cheaumont (*sic*), Chambord, Chenonceau et Brigueil. [...] Durée totale 2 h dont 1 h 50 de vol et 10 min de briefing. Prix coûtant. »

Dans sa déclaration annuelle à la DSAC, l'aéroclub indique avoir fait 4,72 heures de vol de découverte en 2020 sur un total de 582 et 10 h en 2019 sur un total de 890. Cela représente ainsi des volumes d'heures de vol inférieurs aux 8 % prévus par la réglementation (voir § 1.18.4.1.3).

1.17.2.2 Nature de la prestation du jour de l'accident

La prestation « baptême découverte des châteaux de la Loire » avait été offerte à l'une des passagères. Une facture et un billet électronique (voir *Figure 25*) avaient été émis par Weezevent pour le compte de l'ASPTT Poitiers (en tant qu'organisateur). Ce vol avait été réglé le 25 juin 2020 pour un montant total de 285 €, représentant ainsi 155,45 € par heure de vol (pour une heure de vol proposée à 155 € sur le F-BXEU aux membres du club).

¹⁷ Nom communément donné à la réunion préparatoire.

UN CADEAU ORIGINAL : UNE EXPÉRIENCE AÉRIENNE !



Figure 25 : billet électronique pour le vol de baptême découverte des châteaux de la Loire proposé par l'ASPTT Poitiers

1.17.2.3 Plaquette « vol à frais partagés » de l'ASPTT Poitiers

Une [plaquette](#), intitulée « vol à frais partagés » et produite en 2015 par l'ASPTT Poitiers, est disponible à l'attention des pilotes du club réalisant les différentes prestations mentionnées plus haut.

Cette plaquette commence par rappeler les conditions concernant les pilotes autorisés à effectuer des vols locaux à titre onéreux par la réglementation française applicable à l'époque¹⁸. Elle précise que : « À l'aéroclub, il n'y a pratiquement pas de vols de baptême qui sont remplacés par des vols à frais partagés. À ce type de vols sont associées des exigences différentes, parfois plus, parfois moins contraignantes que pour les baptêmes. En effet, s'il suffit d'avoir réalisé 12 heures dans les 12 derniers mois, seules comptent les heures faites sur les avions du club. Il faut en outre avoir fait 3 atterrissages dans les 3 mois qui précèdent et avoir fait un vol avec le responsable pédagogique [...] dans les 12 derniers mois ».

La plaquette mentionne une « liste des pilotes autorisés » affichée à l'aéroclub. Les « demandeurs » sont identifiés comme des « individuels », c'est-à-dire des « gens qui prennent contact par eux-mêmes » ou des « collectifs », c'est-à-dire des particuliers « envoyés par des organismes (centres de loisir, associations de parents d'élèves) qui ont signé une convention avec l'aéroclub ».

Il est précisé qu'en 2014, « les vols à frais partagés ont représenté une centaine d'heures (sur 800) ».

¹⁸ Article D510-7 du Code de l'aviation civile.

Concernant la durée du vol, la plaquette précise :

« Dans le cas d'un baptême au sens propre, le vol proprement dit (entre décollage et atterrissage) ne doit pas dépasser 30 minutes, mais ce genre de vol est extrêmement rare (surtout vols par les instructeurs à Couhé-Vérac une fois par an).

La plupart des vols faits par les pilotes du club sont des vols à frais partagés pour lesquels il n'existe pas de restriction de durée. Cependant les « demandeurs » peuvent choisir à l'avance une durée de 20, 30, 40 minutes ou 1 heure. Ils paieront alors une somme forfaitaire calculée sur la base de 138 € / h¹⁹, soit 20, 69, 92 ou 138 €. Pour d'autres durées, le coût sera calculé par le pilote au retour du vol toujours sur la base de 138 € / heure (= nombre de minutes x 2,3 €). Le demandeur lui donnera le chèque correspondant. »

Concernant la préparation des circuits de vol, il est mentionné :

« Le pilote prend contact avec les demandeurs et leur demande de préciser s'ils veulent survoler tel ou tel point, ce qui lui permet de préparer sa navigation. Il lui est conseillé de demander le poids des passagers de manière à pouvoir faire son devis de poids.

Avec les jeunes d'une association de parents d'élèves, il faut prévoir un circuit de 20 minutes (par exemple suivre le tracé du TGV jusqu'à Châtellerault et revenir en longeant l'autre rive du Clain).

Pour les jeunes du Rochereau, prévoir de survoler ce village.

Suggestion pour un circuit de 30 minutes : Futuroscope / lac de St Cyr / Dissay / Le Pinail (forêt de Moulière) / Bonneuil-Matour / Château de Touffou / Chauvigny. »

Il est également prévu que les pilotes apportent une « assistance au sol » décrite dans la plaquette. Ainsi, pour les « demandeurs individuels », il est indiqué que « le pilote s'occupe de tout et assure la sécurité des passagers et des personnes qui les accompagnent. Avant de mettre le moteur en marche, il vérifie que les accompagnateurs sont revenus dans l'enceinte du club après la séance de photos habituelle. »

Pour les « groupes », il est prévu que « la sécurité est assurée par le pilote, [le gestionnaire des baptêmes et vols à frais partagés] et les responsables de l'association. Personne ne doit se trouver hors de l'enceinte lorsqu'un avion vient se garer devant le club. »

Un briefing passager est fourni pour les pilotes (voir *Figure 26*).

Briefing des passagers

Mal de l'air et autres maladies ? (prévoir des sacs)

Utilisation des casques audio et des ceintures (OK de parler mais se taire quand il y a des messages avec la tour).

Signaler les avions en vol.

Montée dans l'avion (bande noire à l'emplanture de l'aile)

Laisser libre les palonniers (rien par terre)

Ouverture de la porte

Conseils pour la prise de photos (attention aux reflets, ne pas zoomer, en cas de film, ne pas balayer trop)

Ne pas s'inquiéter du couinement de l'alarme de décrochage à l'atterrissement

Figure 26 : briefing passager pour les pilotes de l'ASPTT Poitiers réalisant des « vols à frais partagés »

¹⁹ En 2015, le prix de l'heure de vol sur le F-BXEU était de 138 €.

Enfin, au retour du vol, cette fiche prévoit que le pilote remet des certificats de baptême de l'air (voir *Figure 27*).

III Au retour

Certificat de baptême de l'air

Demandeurs individuels = prendre un certificat dans l'armoire

Demandeurs collectifs = certaines associations utilisent des certificats personnalisés

Bon pour un baptême

Le pilote remplit le « bon pour un baptême » présenté par le demandeur et le dépose dans la boîte à chèques après avoir noté si le vol a déjà été réglé ou s'il doit demander au demandeur de payer.

Figure 27 : procédure de remise des certificats de baptême de l'air

1.17.2.4 Prestations proposées quelques mois après l'accident

Quelques mois après l'accident, l'ASPTT Poitiers ne proposait plus que deux prestations (voir annexe 3) :

- le « vol découverte standard » d'une durée de 30 minutes pour un tarif de 76 € ;
- les « vols d'initiation avec un instructeur », soit deux vols de 30 minutes, pour un tarif de 140 €.

1.17.3 Généralités sur l'organisation du service d'information de vol en France

1.17.3.1 Réglementation relative à l'information de vol

Le règlement européen (UE) n°923/2012 (dit « SERA ») établit les règles de l'air communes et des dispositions opérationnelles relatives aux services et procédures de navigation aérienne depuis le 4 décembre 2014²⁰.

Le service d'information de vol y est décrit dans sa partie 9 (articles 9001 et suivants).

1.17.3.1.1 Mise en œuvre du service d'information de vol

L'article SERA.9001 précise : «

- a) Le service d'information de vol est assuré par les organismes des services de la circulation aérienne compétents pour tous les aéronefs auxquels les renseignements pourraient être utiles et :
 - 1) auxquels est assuré le service du contrôle de la circulation aérienne ; ou
 - 2) dont la présence est connue par d'autres moyens des organismes des services de la circulation aérienne intéressés.
- b) La réception du service d'information de vol ne dégage pas le pilote commandant de bord d'un aéronef de ses responsabilités et ce dernier prend la décision ultime concernant une modification suggérée du plan de vol.
- c) Lorsque des organismes de services de la circulation aérienne assurent à la fois le service d'information de vol et le service du contrôle de la circulation aérienne, le service de contrôle de la circulation aérienne a priorité sur le service d'information de vol chaque fois que le service du contrôle de la circulation aérienne l'exigera. »

²⁰ [Version en vigueur le jour de l'accident.](#)

1.17.3.1.2 Portée du service d'information de vol

L'article SERA.9005 indique que « le service d'information de vol fourni aux aéronefs effectuant des vols comprendra [...] des informations concernant : [...] »

- les risques de collision, pour les aéronefs évoluant dans les espaces aériens des classes C, D, E, F et G [...]. »

Il y est précisé que « les informations relatives aux risques de collision comprennent uniquement les activités connues qui constituent des risques pour l'aéronef concerné. La disponibilité de ces informations auprès des services de la circulation aérienne peut parfois être incomplète (par exemple les limites dans la couverture radar ou radio, le contact radio facultatif par les pilotes, les limites de la précision des informations rapportées par les pilotes ou des informations de niveau non confirmées) et, par conséquent, les services de la circulation aérienne ne sont pas en mesure d'accepter l'obligation de les émettre à tout moment ou de se porter garants de leur exactitude. »

1.17.3.2 Mise en œuvre de l'information de vol en France

En France le service d'information de vol peut être rendu :

- soit dans des Secteurs d'Information de Vol (SIV), confiés à de grandes approches ;
- soit dans des Centres d'Information de Vol (CIV), implantés dans les CRNA.

Le contact radio n'est pas obligatoire avec un organisme ne fournissant que le service d'information de vol.

La DSNA a lancé il y a plusieurs années un projet de SIV jointifs. Ce projet n'étant pas encore abouti, les espaces gérés par les SIV ne sont pas tous contigus. Hors de ces espaces et des espaces gérés par le contrôle aérien militaire, ce sont les CIV qui rendent le service d'information de vol.

Au moment de l'accident, seuls les Centres en Route de la Navigation Aérienne Nord et Sud-Est (CRNA/N et CRNA/SE) intégraient un CIV, les SIV étant jointifs dans les autres espaces. C'est toujours le cas au moment de la publication de ce rapport.

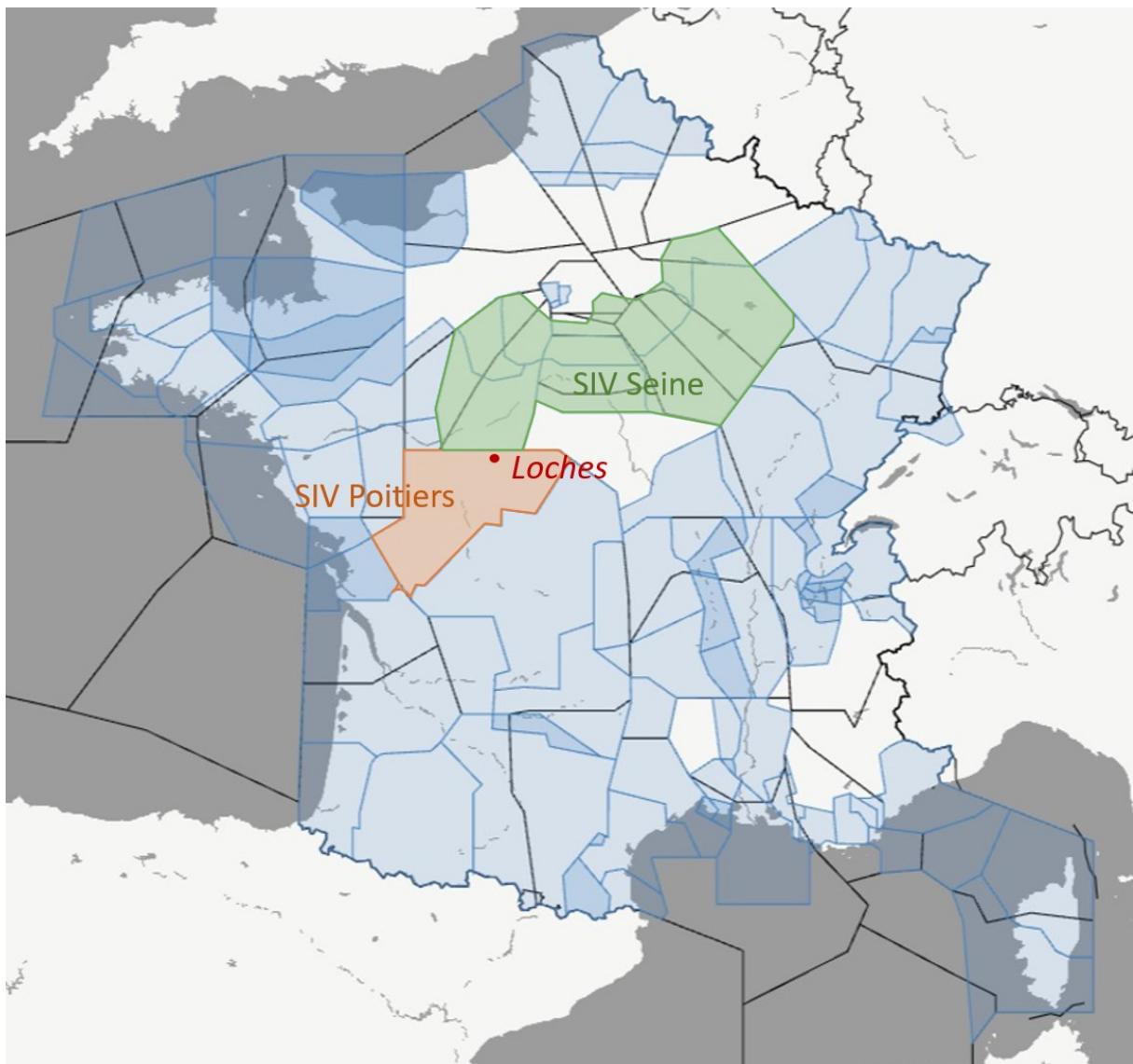


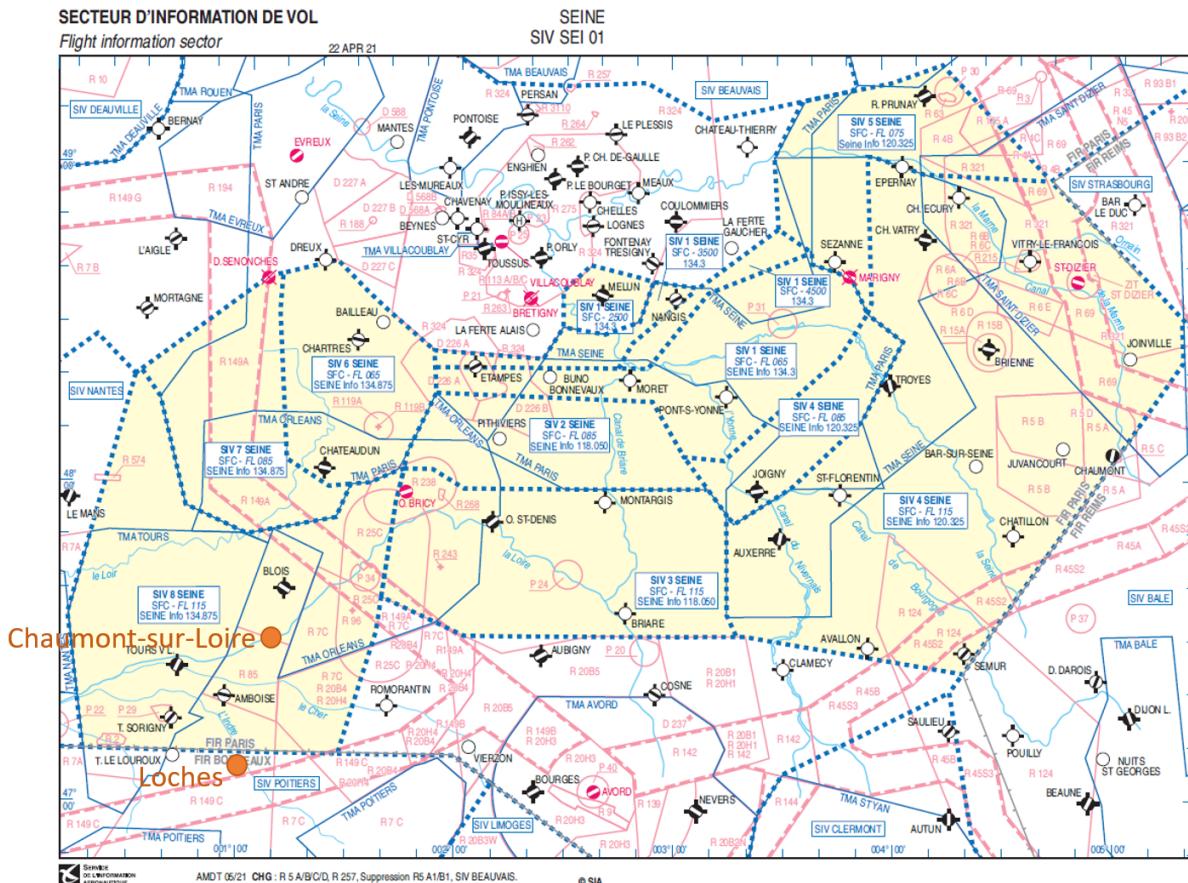
Figure 28 : secteurs d'information de vol en France (Source : DSNA)

1.17.4 Service d'Information de Vol Seine

1.17.4.1 Secteurs d'information de vol Seine

Le SIV Seine est décomposé en huit secteurs d'information de vol, présentés en *Figure 29* :

- les secteurs SIV 1, 2 et 3 sont situés au centre de la zone ; l'aérodrome de Melun étant situé dans le secteur SIV 1 ;
- les secteurs SIV 4 et 5 sont situés à l'est de la zone ;
- les secteurs SIV 6, 7 et 8 sont situés à l'ouest de la zone et correspondent notamment à l'emplacement des châteaux de la Loire.



Trois secteurs d'approche sont définis pour le contrôle d'approche. Leurs frontières sont superposées à celles des SIV.

Secteurs d'approche	SI	SJ	SK
SIV associés	SIV 4 et 5	SIV 1, 2 et 3	SIV 6, 7 et 8
Nombre de codes transpondeurs ²¹ alloués (pour le SIV et l'approche)	16	24	15

Le manuel d'exploitation de l'organisme précise que « les services rendus par le centre de contrôle d'approche et d'information Seine sont assurés durant les horaires publiés dans la documentation aéronautique. En dehors de ces horaires ou en cas d'impossibilité technique de rendre le service, les espaces concernés sont rendus à Paris ACC [centre de contrôle régional Nord, appelé centre en route de la navigation aérienne Nord CRNA/N] après coordination ».

1.17.4.3 Visualisation du trafic et information de vol

Le contrôleur et son assistant radar peuvent visualiser le trafic dont ils ont la charge (soit au titre du contrôle d'approche, soit au titre de l'information de vol) par l'intermédiaire d'un écran (voir *Figure 30* et *Figure 31*).



Figure 30 : visualisation des trois secteurs de l'organisme de Melun-Seine (Source : DSNA)

²¹ Un code transpondeur est affecté à un avion pour pouvoir être identifié au radar. Les valeurs renseignées dans ce tableau correspondent donc au nombre maximal d'avions pouvant être pris en charge dans chacun de ces secteurs, au titre de l'approche et de l'information de vol.



Figure 31 : visualisation du secteur SK incluant les secteurs SIV 6, 7 et 8 (Source : DSNA)

Tous les trafics sont affichés à l'écran des contrôleurs ; il n'y a pas de filtre destiné à faire disparaître les plots des aéronefs émettant le code transpondeur 7000. Lorsqu'un trafic VFR souhaite bénéficier de l'information de vol, il prend contact avec le SIV. Une fois ce contact établi, le contrôleur lui affecte un code transpondeur. Le plot radar de cet aéronef est automatiquement identifié et est affiché en orange sur l'écran radar.

Des informations de vol, sous forme d'informations de trafic, sont fournies aux vols en contact radio, en cas de risques d'interférences avec d'autres vols, y compris ceux qui n'ont pas contacté mais qui sont néanmoins visualisés sur l'écran radar. En général, les informations de vol sont individuelles, sauf en cas de forte charge. Dans ce cas, une information globale est fournie.

Parmi les points d'attention particuliers gérés par l'organisme de Melun-Seine figurent les zones interdites, les voies aériennes (dans lesquels évoluent les vols IFR) et certains points comme les châteaux (en particulier celui de Vaux-le-Vicomte).

Il ressort des témoignages recueillis auprès de l'encadrement d'agents de SIV que la configuration du survol du château de Chaumont par le F-BXEU et le 37AHH le jour de l'accident aurait très probablement donné lieu à une information de vol par le SIV.

1.17.4.4 Contexte organisationnel de l'organisme de Melun-Seine

Depuis plusieurs années, l'organisme de Melun-Seine est en sous-effectif. En janvier 2022, environ dix contrôleurs étaient qualifiés au sein de l'organisme, ce qui représente la moitié de l'effectif théorique pour assurer un tour de service standard. Cela implique que des secteurs du SIV doivent régulièrement être fermés, en semaine et en week-end, et sont repris par le CIV du CRNA/N.

Le choix des secteurs ouverts s'effectue en coordination avec le CRNA/N. L'organisme de Melun-Seine transmet les effectifs théoriques disponibles à des périodes données. Le CRNA/N indique en réponse et en fonction de l'activité IFR prévue, quels secteurs d'approche (SI, SJ ou SK) restent ouverts. En règle générale, seul un des trois secteurs est fermé. Les secteurs SIV correspondants sont donc également fermés. Les deux secteurs ouverts dépendent de l'activité des vols IFR commerciaux : ces vols utilisent principalement les aérodromes de Tours – Val de Loire et de Châlons - Vatry. Il arrive parfois que les deux secteurs ouverts soient disjoints (SI et SK). La position LOC (contrôle d'aérodrome) peut également être fermée si besoin ; elle n'est quant à elle pas reprise (l'aérodrome de Melun passe alors en auto-information).

1.17.4.5 NOTAM en vigueur

Le jour de l'accident, les NOTAM²² suivants étaient en vigueur à l'aérodrome de Melun :

E3168/20 NOTAMN

Q) LFFF/QSEAU/V /B /AE/000/115/4751N00249E110

A) LFPM B) 2010050400 C) 2010312100

D) 05-09 12-16 19-23 0400-0700 1800-2030, 10 11 17-18 24-25 0400-0630 1800-2030, 26-30 0600-0800 1900-2100, 31 0600-0730 1900-2100

E) SEINE FREQUENCES 134.300MHZ ET 118.050MHZ INDISPONIBLES

SIV SEINE 1, 2 ET 3 FERMES

CONTACTER PARIS CTL 125.450 MHZ OU 135.045 MHZ OU 127.075 MHZ OU PARIS INFO 126.100 MHZ.

E3261/20 NOTAMR E3175/20

Q) LFFF/QSEAU/V /B /AE/000/115/4822N00336E050

A) LFPM B) 2010061314 C) 2010312100

D) 06-09 10 11 12-15 0400-2030, 16-23 0400-0900 1800-2030, 24-25 0400-2030, 26-30 31 0600-2100

E) SERVICE D'INFORMATION DE VOL NON DISPONIBLE

FREQUENCE SEINE APPROCHE 134.875MHZ INDISPONIBLE :

SIV SEINE 6, 7 ET 8 FERMES

CONTACTER PARIS CONTROLE 118.725 MHZ OU 122.575 MHZ OU PARIS INFO 129.625 MHZ OU 126.100 MHZ.

E3262/20 NOTAMR E3260/20

Q) LFFF/SQEAV/V /B /AE/000/115/4833N00409E076

A) LFPM B) 2010061319 C) 2010312100

D) 06-15 0400-0900 1800-2030, 16-23 0400-2030, 24-25 0400-0900 1800-2030, 26-31 0600-1000 1900-2100

E) FREQUENCE SEINE INFO 120.325MHZ INDISPONIBLE :

- SIV SEINE 4 ET 5 FERMES

- CONTACTER PARIS CTL 120.950 MHZ OU 132.100 MHZ OU 127.075 MHZ OU PARIS INFO 126.100 MHZ.

²² Messages diffusés à tous les personnels navigants et chargés de la sécurité aérienne concernant les modifications de procédure, la modification des services aéronautiques ou des dangers pour la navigation aérienne.

Ces NOTAM prévoyaient le plan d'ouverture des secteurs d'information de vol de Melun suivant en journée (en gris, les plages d'ouverture ; en orange, les plages de fermeture) :

	SIV 1, 2 et 3 (ou SJ)	SIV 4 et 5 (ou SI)	SIV 6, 7 et 8 (ou SK)
Ma 06/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Me 07/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Je 08/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Ve 09/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Sa 10/10/2020	8 h 30 – 20 h	11 h – 20 h	
Di 11/10/2020	8 h30 – 20 h	11 h – 20 h	
Lu 12/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Ma 13/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Me 14/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Je 15/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Ve 16/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Sa 17/10/2020	8 h 30 – 20 h		11 h – 20 h
Di 18/10/2020	8 h 30 – 20 h		11 h – 20 h
Lu 19/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Ma 20/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Me 21/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Je 22/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Ve 23/10/2020	9 h – 20 h		11 h – 20 h
Sa 24/10/2020	8 h 30 – 20h	11 h – 20 h	
Di 25/10/2020	8 h 30 – 20 h	11 h – 20 h	
Lu 26/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Ma 27/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Me 28/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Je 29/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Ve 30/10/2020	9 h – 20 h	11 h – 20 h	
Sa 31/10/2020	8 h 30 – 20 h	11 h – 20 h	

Le samedi 10 octobre 2020, jour de l'accident, le service d'information de vol n'était pas rendu par le SIV Seine dans les secteurs SIV 6, 7 et 8 dans lesquels ont été amenés à évoluer le F-BXEU et le 37AHH. Les usagers étaient invités à contacter « Paris info ».

1.17.4.6 Changement de fonctionnement après l'accident

Depuis fin avril 2022, des mesures ont été prises pour s'adapter à la situation de sous-effectif qui perdure depuis plusieurs années au sein de l'organisme de Melun-Seine.

Les services du contrôle d'approche et de l'information de vol sont ouverts entre 9 h et 18 h locales. L'organisme a prévu un plan de fonctionnement pour l'approche et le SIV passant de six à trois contrôleurs.

Les vols IFR continuent de bénéficier du service du contrôle, avec si besoin la mise en place de régulations.

Durant les horaires mentionnés, l'organisme ne transfère plus l'information de vol au CRNA/N. Le service d'information de vol n'est plus assuré sur une partie des secteurs d'information de vol de classes E et G et un répondeur automatique a été mis en place. Dans ces espaces, il est indiqué aux vols IFR que le contrôle n'a potentiellement pas connaissance ni contact avec les VFR susceptibles d'y évoluer.

Le répondeur fournit l'information suivante aux vols VFR évoluant dans le secteur SK²³ (en français et en anglais) :

« SIV SEINE 6,7 et 8 ne sont plus actifs. Les informations météorologiques sont disponibles sur les ATIS des aérodromes. En cas d'impératif lié à la sécurité du vol ou urgence, contactez Seine approche 134.875 MHz.

Information de vol indisponible sur fréquence 127.815 MHz.

Pour pénétrer en CTR ou TMA de classe D, contactez 134.875 Mhz. Toutes les zones sont considérées comme actives, se référer aux NOTAMS et à l'AIP. »

Les usagers sont également prévenus de cette situation via la publication aéronautique (messages NOTAM en particulier).

Le contexte organisationnel dégradé depuis plusieurs années a conduit à une situation sociale tendue au sein de l'organisme, qui s'est notamment traduit par un mouvement social le 6 mai 2022 visant à contester ce nouveau fonctionnement.

1.17.5 Centre d'Informations de Vol du CRNA/N

1.17.5.1 Zone de responsabilité du CIV du CRNA/N

Le CIV du CRNA/N est en charge de fournir le service d'information de vol pour tous les vols de la région d'information de vol (FIR) Paris²⁴ évoluant dans des zones qui ne seraient pas déjà couvertes par un SIV d'approche.

Les SIV situés dans la FIR Paris sont :

- SIV Chevreuse ;
- SIV Clermont ;
- SIV Deauville ;
- SIV Lille ;
- SIV Nantes ;
- SIV Seine.

Lorsque certains secteurs du SIV Seine sont fermés, il est prévu que le CIV du CRNA/N les prenne en charge. Comme indiqué au § 1.17.4.5, le CIV assurait le service d'information de vol pour les secteurs SIV 6, 7 et 8 de Melun le jour de l'accident.

²³ Un message identique est fourni sur les secteurs SI et SJ, avec les fréquences et secteurs SIV concernés.

²⁴ Découpage de l'espace aérien français situé au-dessous du FL 195 dont le CRNA/N a la charge.

1.17.5.2 Organisation du CIV du CRNA/N

La position CIV du CRNA/N est située au sein de la salle de contrôle en route (voir *Figure 32* et *Figure 33*).

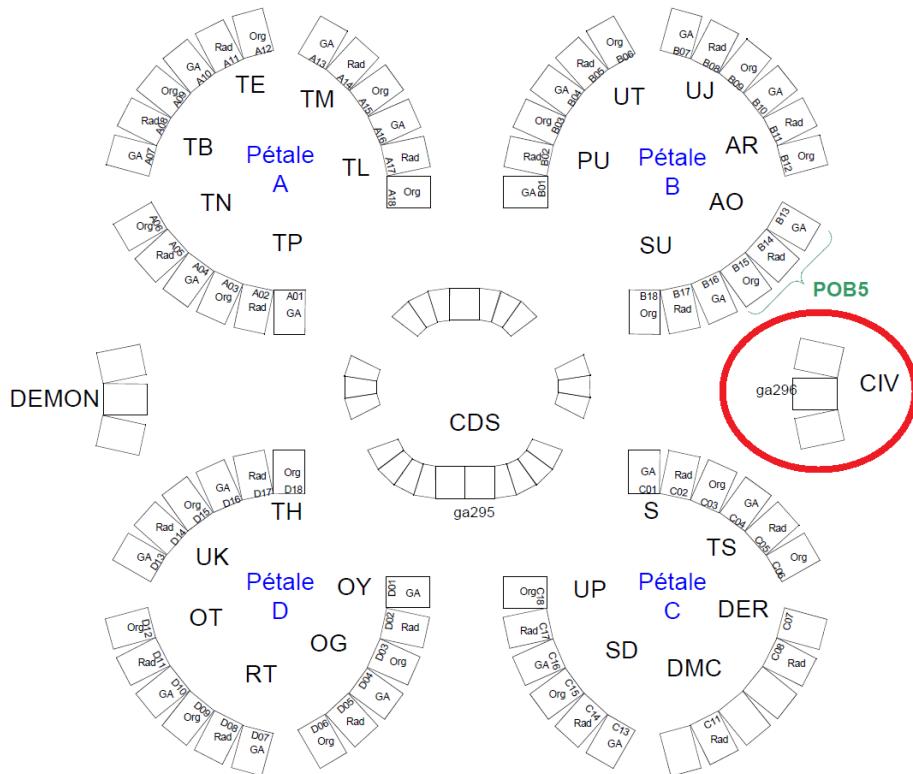


Figure 32 : plan de la salle de contrôle (Source : MANEX CIV CRNA/N, annoté par le BEA)



Figure 33 : position CIV (Source : MANEX CIV CRNA/N)

Les agents qui occupent la position CIV prennent la fonction d'agent FIC²⁵. Ce ne sont pas des contrôleurs aériens²⁶, contrairement aux agents rendant le service d'information de vol dans un SIV. Un agent FIC est titulaire d'une habilitation à rendre le service d'information de vol dans un CRNA²⁷. Cette habilitation est délivrée à titre définitif, après avoir suivi une formation initiale spécifique, réalisé un contrôle de connaissances théoriques et pratiques et obtenu l'avis favorable d'un jury d'habilitation²⁸.

Le manuel d'exploitation du CIV précise que : « l'agent FIC :

- assure, sur demande, la fourniture du service d'information de vol avec ou sans visualisation radar au bénéfice des vols VFR dans l'ensemble des espaces de classes E et G (limites latérales de la FIR Paris à l'exception des espaces dévolus aux approches, des zones de contrôle, des SIV et des zones militaires actives),
- assure à la demande la fourniture d'informations d'ordre général (météorologie, NOTAM, etc.) aux aéronefs en IFR,
- participe au service d'alerte. »

La position CIV est occupée par un seul agent. Une vacation CIV est d'une durée continue maximale d'une heure. Un deuxième agent peut, de façon facultative, occuper la fonction d'agent assistant, selon le planning de tenue de poste, ainsi que la charge de travail et les missions à accomplir au profit du chef de salle.

1.17.5.3 Visualisation du trafic et information de vol

L'agent CIV visualise le trafic par l'intermédiaire d'une image radar. Une interface lui permet de paramétriser l'affichage. Par défaut, la visualisation n'affiche que les trafics émettant l'un des 15 codes transpondeurs attribués au CIV. L'agent CIV dispose par ailleurs d'une touche « VFR » qui permet, lorsqu'elle est activée, d'afficher tous les trafics émettant le code transpondeur 7000 (couche de visualisation VFR). Inversement, la désactiver permet de filtrer ces trafics.

Du fait de l'étendue géographique des secteurs d'information de vol gérés par l'agent CIV, l'affichage des trafics émettant le code transpondeur 7000²⁹, parfois nombreux en période de fort trafic, peut rendre difficilement lisible les informations présentées à l'écran. Aucune procédure n'est définie quant à l'utilisation de la touche VFR ; l'utilisation de la couche de visualisation VFR est laissée à l'initiative de chaque agent CIV.

²⁵ Dénommé agent CIV dans le présent rapport

²⁶ Un agent occupant la fonction CIV au CRNA/N ne dispose pas d'une licence de contrôleur de la circulation aérienne.

²⁷ Article 2, IV, 2° du Décret n°93-622 du 27 mars 1993 relatif au statut particulier du corps des techniciens supérieurs des études et de l'exploitation de l'aviation civile ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

²⁸ Arrêté du 4 décembre 1999 relatif aux modalités de délivrance aux techniciens des études et de l'exploitation de l'aviation civile d'une habilitation à rendre le service d'information de vol dans un centre en route de la navigation aérienne, modifié par l'arrêté du 9 septembre 2009.

²⁹ À partir du moment où un aéronef est équipé d'un transpondeur, le pilote a l'obligation règlementaire de le mettre en fonctionnement (mode C compris) et ce quelle que soit la classe d'espace dans lequel il évolue.

Lorsqu'un trafic souhaite bénéficier de l'information de vol, il prend contact avec le CIV. Une fois ce contact établi, l'agent CIV lui affecte l'un des 15 codes transpondeurs disponibles : le trafic est alors « connu ». Afin de mieux distinguer les trafics connus, l'agent CIV peut alors colorer en orange leur étiquette sur la visualisation pour les mettre en surbrillance (ces vols sont « particularisés » et affichés quelles que soient les couches de visualisation choisies par l'agent CIV).

Des exemples de situations ayant donné lieu à des renseignements sur le trafic de la part des agents CIV le jour de l'accident sont présentés en section 0.

La *Figure 34* montre le rejet de la visualisation du trafic utilisée par l'agent CIV n°2 à 16 h 23 le jour de l'accident, sur laquelle les trafics émettant le code transpondeur 7000 sont filtrés. Le plot radar du 37AHH (identifié F-JVQC) est visible au sud-ouest de la visualisation ; celui du F-BXEU n'est pas affiché car ce dernier émettait le code 7000.

La *Figure 35* montre la visualisation de la même situation quelques secondes plus tard, après que l'agent a activé la couche de visualisation VFR afin de visualiser les aéronefs émettant le code transpondeur 7000. Le plot du F-BXEU est alors visible, au nord-est de la position du 37AHH.

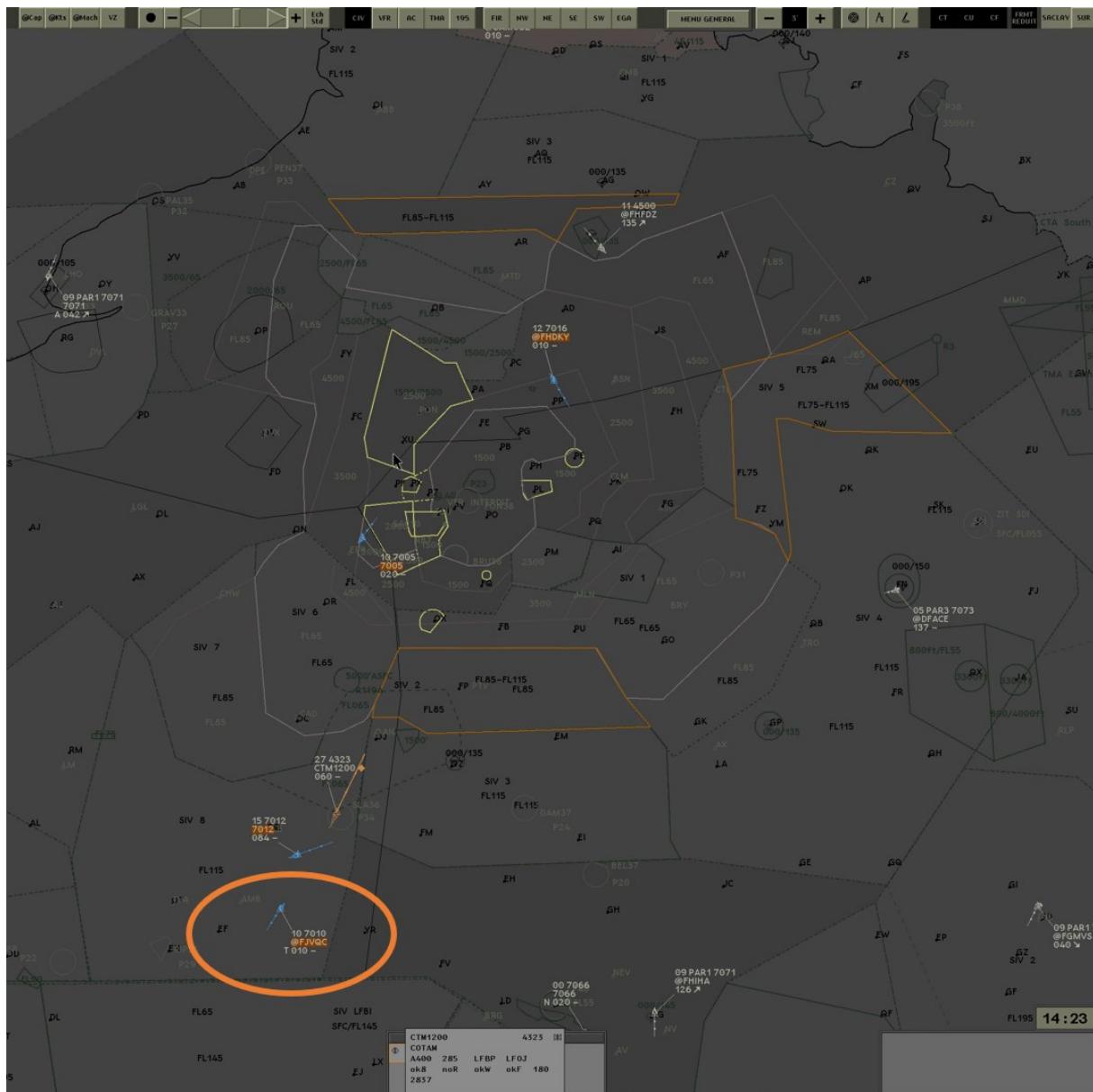


Figure 34 : visualisation de l'écran radar de l'agent CIV à 16 h 23 le jour de l'accident (transpondeurs 7000 filtrés) (Source : DSNA, annotée par le BEA)

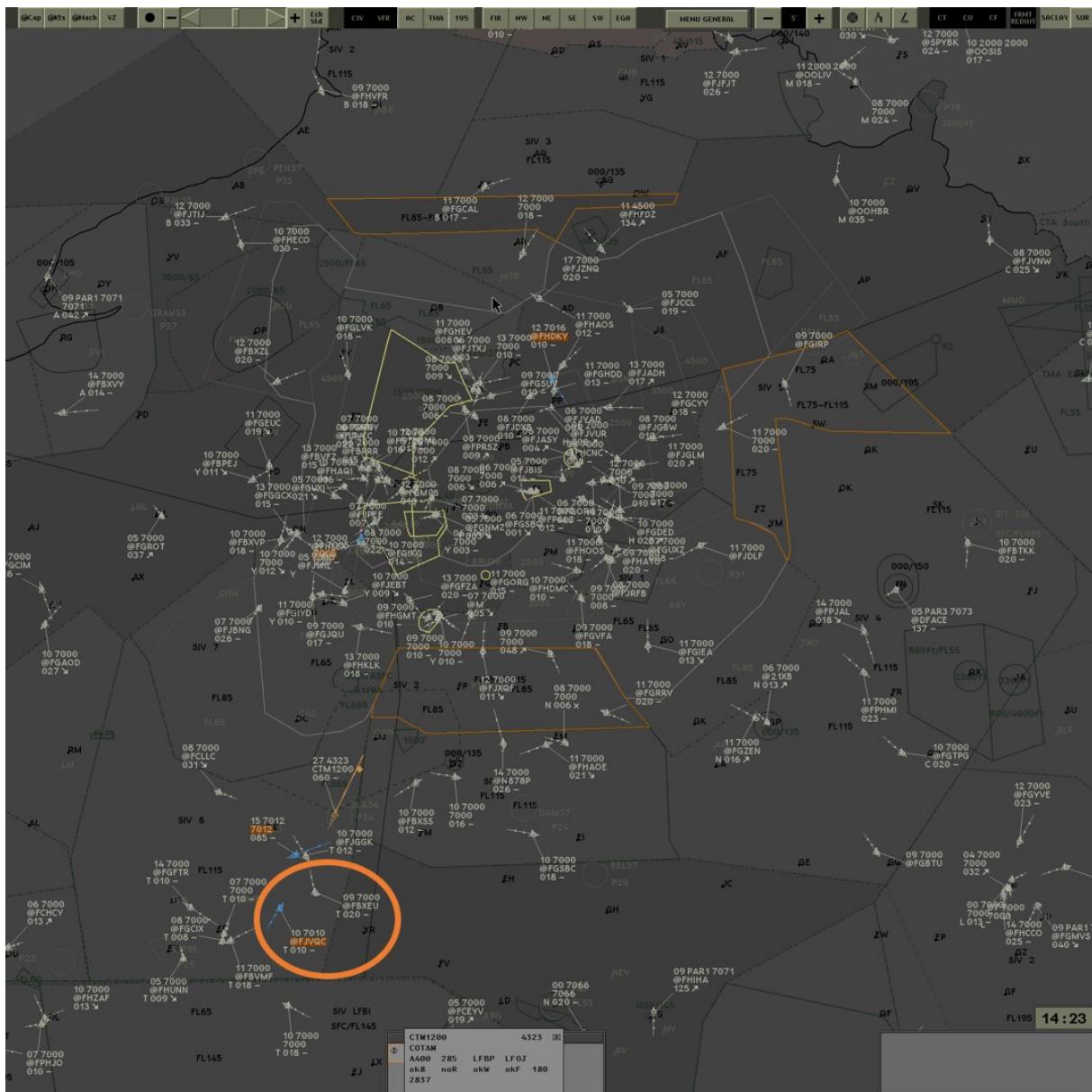


Figure 35 : visualisation de l'écran radar de l'agent CIV à 16 h 23 le jour de l'accident (transpondeurs 7000 non filtrés) (Source : DSNA, annotée par le BEA)

1.17.5.4 Rejeux de l'audio et de la visualisation du jour de l'événement

Le jour de l'accident, l'agent CIV n°1 était en position CIV de 15 h à 16 h, puis de 17 h à 18 h. L'agent CIV n°2 était en position CIV de 16 h à 17 h. Ces deux agents étaient seuls à leur position.

Les rejeux de l'écran radar utilisé par les deux agents CIV ont pu être examinés entre 15 h 26 min 02 et 17 h 06 min 02. Sur cette période d'une durée de 1 h 40, la couche de visualisation VFR a été activée à 43 reprises pour une durée totale d'affichage de 31 minutes environ.

Les rejeux de l'audio ont pu être écoutés entre 14 h et 17 h 15. Les charges fréquence³⁰ du jour de l'événement sont données dans le tableau suivant :

Période	Charge fréquence moyenne sur la période
14 h – 15 h	31,8 %
15 h – 16 h	27,8 %
16 h – 17 h	30,8 %
17 h – 17 h 15	32,2 %

Appel du pilote du F-BXEU (15 h 39 min 27)

Sur la période comprise entre 15 h 34 min 30 et 15 h 44 min 30 (centrée cinq minutes avant et après le message d'appel du pilote du F-BXEU), la charge fréquence était de 17,3 %. La communication du pilote du F-BXEU est intervenue après un blanc fréquence (absence de communication) d'une durée de 43 s et a précédé un blanc fréquence de 32 s.

Entre 15 h 39 min 13 et 15 h 39 min 44, le rejet de la visualisation de l'écran radar montre plusieurs interactions sur l'interface de la part de l'agent CIV. Il effectuait plusieurs zooms et déplacements de la zone visualisée, essentiellement sur les secteurs situés au nord-est et au nord de la région parisienne, dans lesquels évoluaient alors plusieurs aéronefs en contact avec le CIV.

Situation de rapprochement à Chaumont-sur-Loire

À 15 h 56 min 11, les plots radar du F-BXEU et du 37AHH sont tous les deux visibles sur l'écran radar (voir *Figure 36* et *Figure 37*), la couche de visualisation VFR étant activée. Les deux aéronefs émettent le code transpondeur 7000, le pilote du 37AHH n'ayant pas encore pris contact avec le CIV de Paris et le pilote du F-BXEU n'ayant pas eu de réponse à sa prise de contact avec le CIV. On y distingue les deux aéronefs évoluer proches l'un de l'autre à une altitude similaire.

Appel du pilote du 37AHH

À 15 h 57 min 48, le code transpondeur du 37AHH passe de 7000 à 7010 après son appel sur la fréquence (voir § 1.9.2). L'agent CIV « particularise » le plot radar du 37AHH (surbrillance) à 16 h 00 min 23.

³⁰ La charge fréquence est définie comme la proportion de temps de communication sur une période donnée.

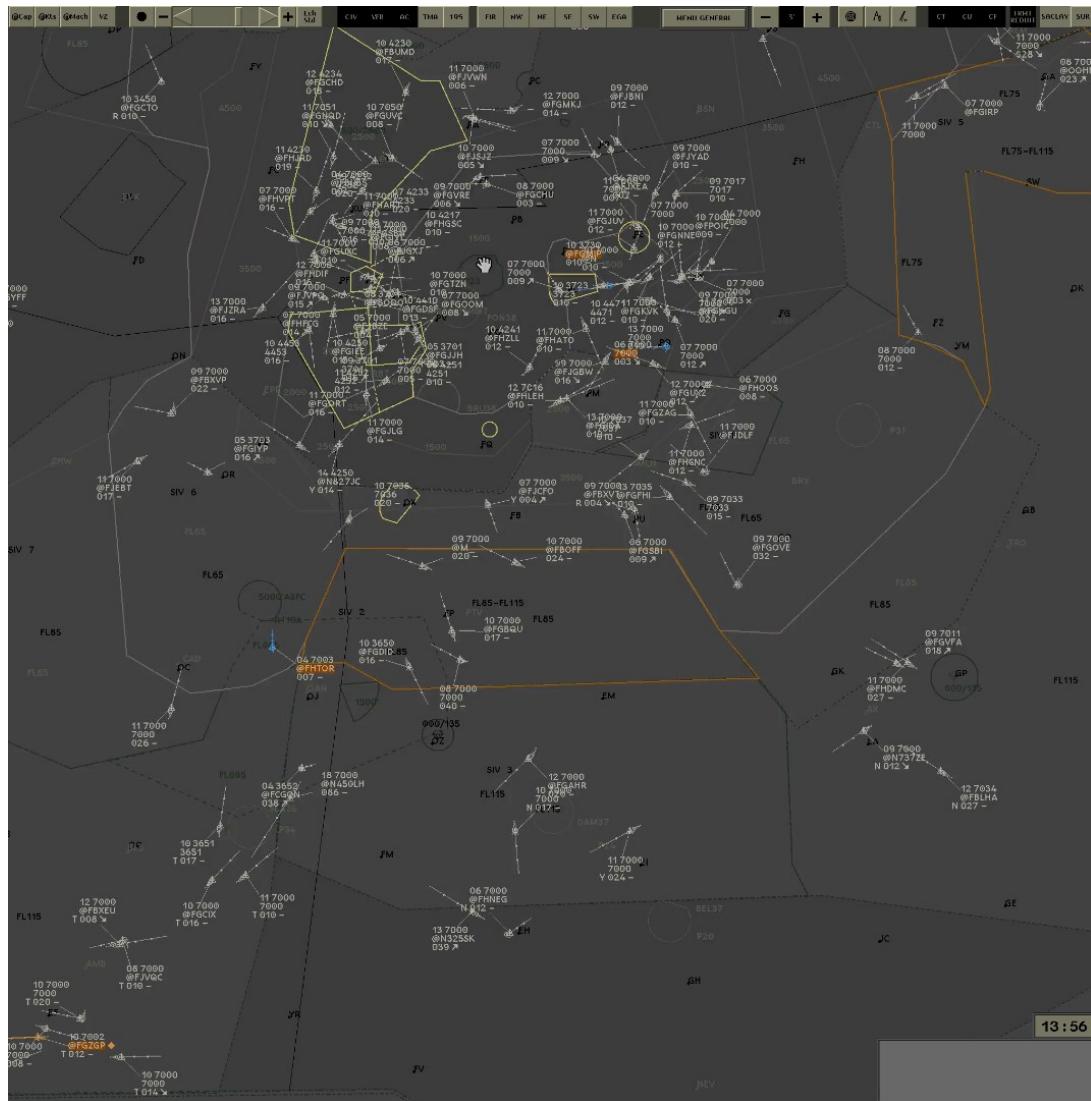


Figure 36 : visualisation radar à 15 h 56 min 11 (Source : DSNA)

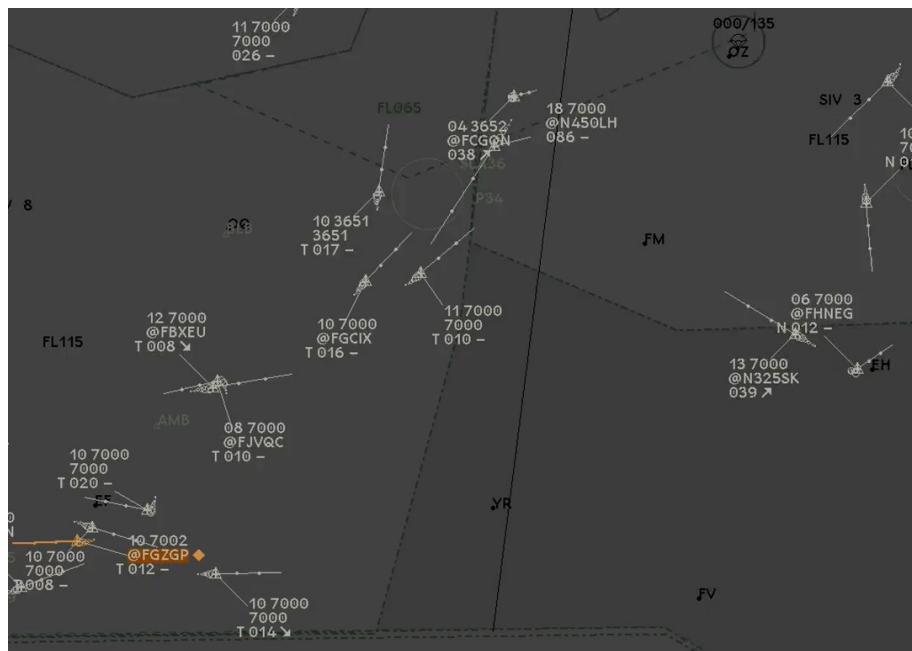


Figure 37 : détail de la Figure 36 centré sur le F-BXEU et le 37AH (Source : DSNA)

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Témoignages

1.18.1.1 Témoins au sol et en vol

Plusieurs témoins ont pu observer la séquence de l'accident, avant la collision puis pendant la chute des deux aéronefs. Il ressort des témoignages les éléments suivants :

- la plupart des témoins indiquent avoir vu que le parachute de secours de l'ULM a été déclenché peu après la collision. Ils précisent que le parachute ne s'est pas gonflé et est resté en torche pendant la chute de l'ULM ;
- un témoin direct de la collision, au sol, indique notamment qu'il n'a pas vu de manœuvre d'évitement entre l'avion et l'ULM ;
- un pilote en vol au moment de la collision se trouvait au nord de la ville de Loches. Il précise qu'il volait au cap 280° et qu'il avait le Soleil « en pleine figure », ce qui était « vraiment gênant ». Cela formait comme un « miroir brillant » ;
- un autre pilote en vol au décollage de Loches indique quant à lui que le Soleil était moins éblouissant qu'un soleil couchant mais que le ciel était lumineux ;
- un troisième pilote en vol est passé au-dessus de Loches 35 minutes après la collision aérienne et indique que « le Soleil brillait et qu'il était relativement haut ».

1.18.1.2 Conjoint de la passagère ayant bénéficié du baptême sur le F-BXEU

Le conjoint indique avoir acheté le bon cadeau sur le site Internet de l'ASPTT pour les 30 ans de sa conjointe. Il s'est rendu sur ce site car il a des amis adhérents à cet aéroclub et qui y avaient appris à piloter.

Il s'agissait du premier vol dans un aéronef léger pour sa conjointe. Cette dernière avait proposé à une amie de faire ce baptême avec elle. Il y avait trois places de disponibles, mais ni lui ni le conjoint de l'amie n'ont souhaité prendre part au vol.

Le jour du vol, ils ont rejoint leur couple d'amis à l'aérodrome de Poitiers avec un peu de retard. Ils ont été conduits dans un local de l'aéroclub pour effectuer le briefing d'une dizaine de minutes, et rencontrer le pilote du F-BXEU. Il indique que le pilote lui avait inspiré confiance et qu'il avait l'air en pleine possession de ses moyens.

1.18.1.3 Conjoint de la deuxième passagère du F-BXEU

Il indique qu'il s'agissait du premier vol pour sa conjointe. Le jour de l'accident, le pilote avait montré sur une carte les châteaux qu'il avait prévu de survoler. Le pilote a fait le tour de l'avion, d'abord tout seul, puis avec les deux passagères. Ce tour n'avait pas donné lieu à des remarques particulières.

1.18.1.4 Conjoint de la passagère à bord du 37AHH

Il indique que sa compagne avait déjà réalisé un baptême avec le pilote du 37AHH, quelques années avant le vol de l'accident. Il s'agissait d'un baptême d'une durée d'une heure incluant un survol de l'endroit où ils habitaient.

Étant donné que sa compagne avait apprécié ce premier vol, sa famille lui a offert un vol au-dessus des châteaux de la Loire pour fêter ses 50 ans. Ils sont allés réserver directement ce vol au siège de la société Silvair Services.

Il indique avoir vu le pilote du 37AHH le jour du vol. Selon lui, le pilote avait l'air « très bien » et « avait la tête sur les épaules ».

1.18.1.5 Fils du pilote du 37AHH

Il indique que le propriétaire du 37AHH prêtait son ULM à son père lorsqu'il ne l'utilisait pas. En contrepartie, le pilote du 37AHH effectuait une révision complète de l'ULM, incluant la vidange du moteur.

L'activité de baptêmes de l'air durait depuis une quinzaine d'années. Le circuit des châteaux de la Loire était classique et rodé.

1.18.1.6 Agents du CIV du CRNA/N

Les deux agents CIV sont tous deux en poste au CIV depuis 15 et 22 ans.

Ils indiquent qu'en pratique, une certaine forme de priorité intervient dans la fourniture de l'information de vol.

La priorité est donnée par les agents CIV sur l'anti-pénétration des zones de classe A et D, afin de protéger les espaces parisiens, et les zones R en semaine correspondant à des zones militaires. Cette information de vol se traduit par des suggestions de modification de route auprès des vols concernés. Depuis la fin des années 1990, le nombre de pénétration est passé d'une cinquantaine d'occurrences annuelles à une par an maximum.

En deuxième lieu, les agents CIV fournissent des informations météorologiques.

Enfin, les informations relatives aux positions des autres aéronefs (appelées « renseignements de trafic ») sont fournies quand « cela est possible », c'est-à-dire quand il n'y a pas de surcharge de travail. En cas de surcharge, une information peut être donnée à la fréquence indiquant que les

renseignements sur le trafic ne pourront pas être fournis. Pendant les périodes de pointe, les agents du CIV indiquent qu'ils peuvent avoir du mal à émettre un message sur la fréquence du fait de la forte occupation fréquence par les nombreux vols VFR. La phraséologie pour donner un renseignement sur le trafic peut être longue, ce qui contraindrait encore plus l'occupation fréquence. La zone à surveiller est très large et centralise un trafic important autour de l'Île-de-France. Il peut ainsi y avoir une quarantaine de pistes radar affichées, de natures différentes, auxquelles il faut ajouter entre autres les planeurs. La charge de travail et l'occupation fréquence deviennent dans ces conditions très limitatives.

Ils indiquent qu'il est compliqué de communiquer des renseignements sur le trafic dans la zone des châteaux de la Loire, car très peu de vols VFR contactent le CIV. Les vols VFR dans ces secteurs sont essentiellement des vols locaux, en moyenne à 1 500 ft d'altitude, très rarement en fréquence. Le secteur des châteaux de la Loire ne constitue pas une préoccupation particulière, le trafic étant plus important à gérer dans les secteurs proches de Paris.

Le secteur SK était de la responsabilité du CIV jusqu'en 2008 puis a été assuré par l'organisme de Melun-Seine. Il a été repris depuis 2017 de temps en temps par le CIV. Les agents CIV n'avaient ainsi plus l'habitude de ce secteur. La reprise des secteurs de l'organisme de Melun-Seine augmente significativement la charge de travail, notamment durant les week-ends.

L'agent CIV n°1 indique qu'il n'y a pas de raison particulière qui a conduit à ce qu'il ne réponde pas au message d'appel du pilote du F-BXEU. La zone des châteaux de la Loire ne donne pas lieu à des problèmes de réception pour la radio. Il indique qu'il est possible qu'il ait été occupé avec un autre avion sur la fréquence, en train d'étudier la trajectoire d'un autre avion ou bien en coordination téléphonique. Il précise qu'il n'avait personne qui lui parlait à côté de lui. L'agent ajoute qu'en règle générale, si un pilote appelle et n'obtient pas de réponse, il rappelle. Dans le cas du F-BXEU, le pilote n'a pas rappelé.

1.18.2 Renseignements sur les collisions en vol

Depuis 2010, en incluant la collision en vol du F-BXEU et du 37AHH, le BEA a recensé en France 16 accidents consécutifs à des collisions ou quasi-collisions en vol, dont 7 mortels ayant entraîné le décès de 16 personnes. Ces accidents sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Sur ces 16 accidents, 14 ont eu lieu dans des contextes connus des pilotes rassemblant, par nature, plusieurs aéronefs à proximité les uns des autres :

- 6 lors de vols en formation ;
- 5 en circuit d'aérodrome ;
- 3 au cours de manifestations aériennes³¹ ;
- 1 en évolution dans des ascendances en vol en montagne.

Les deux collisions qui se sont produites sans que les pilotes n'aient, a priori, connaissance de la présence d'un autre aéronef à proximité sont celles survenues entre le F-BPXQ et le 28AGV d'une part, et entre le F-BXEU et le 37AHH d'autre part. Hormis ce dernier accident, aucune des collisions en vol évoquées dans cette liste n'a eu lieu lors d'un survol simultané d'un point d'intérêt.

³¹ La collision entre le F-GHSH et le BGA 4926 est comptabilisée à la fois dans un circuit d'aérodrome et en manifestation aérienne.

Date	Aéronef 1	Aéronef 2	Conséquences humaines	Circonstances
<u>11/01/2010</u>	Ballon Ultra Magic S130 immatriculé F-GOBI	Ballon Cameron A160 immatriculé F-GHKT	1 blessé grave	Collision lors d'une manifestation aérienne
<u>04/02/2010</u>	Avion Piper PA 28 immatriculé F-BXPQ	ULM multiaxes Jabiru UL 450 identifié 28AGV	2 décédés	Collision en croisière en espace aérien non contrôlé
02/10/2010	Avion Cessna 172 immatriculé OO-WAO	ULM multiaxes Aveko VL-3-B immatriculé OO-G55	2 décédés	Collision lors d'un vol en formation
<u>10/04/2011</u>	ULM paramoteur identifié 78XU	ULM paramoteur identifié 75XL	1 blessé grave	Collision entre deux paramoteurs en finale
<u>30/05/2011</u>	Avion Cap 10 immatriculé F-GKAM	Avion Cap 21 immatriculé F-GLOT	Sans	Collision lors d'un vol de convoyage réalisé en formation
<u>05/05/2012</u>	Avion Piper PA 25 immatriculé F-GHSH	Planeur Slingsby T31b identifié BGA 4926	3 décédés	Collision lors d'un remorquage en circuit d'aérodrome au cours d'une manifestation aérienne
<u>14/06/2012</u>	Planeur Centrair 101 immatriculé F-CHFM	ULM multiaxes Silent 2 Electro identifié 01ACO	1 décédé	Collision en zone montagneuse
25/04/2013	ULM multiaxes Rans S7 identifié 974GL	ULM multiaxes Rans S6 identifié 974LY	Sans	Collision lors d'un vol de transport de passagers à titre onéreux réalisé en formation
<u>01/08/2013</u>	Avion Cap 21 immatriculé F-GLOT	Avion Cap 10 immatriculé F-GUMI	1 décédé	Collision en circuit d'aérodrome
<u>16/05/2017</u>	Avion Piper PA 28 immatriculé HB-PMP	Avion Breezer B600 immatriculé D-EPDF	1 blessé grave ³²	Collision en circuit d'aérodrome
<u>23/08/2017</u>	Ballon Kubiček BB17XR immatriculé OK-1138	Ballon Schroeder G18-24 Mistral immatriculé D-OSFS	2 blessés graves	Collision lors d'une compétition
30/09/2017	ULM pendulaire Air Creation Fun 14 Racer 447 identifié 66MP	ULM pendulaire Air Creation Fun 450 GTE Trek 700E identifié 66LB	Sans	Collision lors d'un vol en formation

³² Le pilote est décédé au-delà des 30 jours suivant l'accident des suites de ses blessures.

29/07/2018	ULM autogire Magni M22 Voyager identifié 79EP	ULM autogire ELA 10-Eclipse R 914UL identifié 79LH	2 décédés	Collision lors d'un vol en formation
01/09/2018	ULM multiaxes ICP Savannah VG identifié 57YM	ULM multiaxes Buse'Air 150 identifié 75WQ	1 blessé grave	Collision lors d'un vol en formation
10/10/2020	Avion Robin DR400 immatriculé F-BXEU	ULM multiaxes Alpi Aviation Pioneer 300 identifié 37AHH	5 décédés	Collision lors du survol d'un point d'intérêt en espace aérien non contrôlé
23/02/2021	ULM autogire Magni M16 identifié 21AMY	ULM multiaxes Best Off Skyranger Nynja 912 identifié 21AHY	Sans	Collision en vent arrière

Une collision aérienne notable survenue dans un contexte de survol simultané d'un point d'intérêt est celle qui s'est déroulée [le 30/07/1998 entre le Beech 1900D immatriculé F-GSJM et le Cessna F177 RG immatriculé F-GAJE](#). Les deux aéronefs survolaient le paquebot Norway qui mouillait dans la baie de Quiberon (56). L'accident avait provoqué le décès de 15 personnes. L'enquête du BEA avait permis de déterminer que cet abordage avait été causé par « l'absence de détection de l'autre avion par chacun des deux équipages dans un espace aérien non contrôlé de classe G où l'anti-abordage repose exclusivement sur la vigilance extérieure (règle "Voir et Éviter") ». Parmi les facteurs contributifs à cet accident, il avait été identifié que les pilotes ignoraient leur présence réciproque et qu'ils avaient leur attention focalisée sur le paquebot Norway.

Cet accident fait partie des 17 abordages dénombrés par le BEA entre le 1^{er} janvier 1989 et le 30 juin 1999 qui avaient servi pour [l'étude « Abordages 1989 – 1999 »](#). La conclusion de cette étude avait mis en évidence la limite de la règle « voir et éviter » :

« Cette étude montre que tous les pilotes quels que soient leur âge, leurs qualifications, les règles de vol qu'ils utilisent peuvent être confrontés à un risque d'abordage. Le nombre de ces accidents est faible, mais ils ont souvent de lourdes conséquences.

Le nombre croissant d'appareils, la complexité de certains itinéraires, les performances accrues et l'ergonomie des postes de pilotage doivent inciter les pilotes à utiliser toutes les méthodes permettant de détecter et d'être détecté par les autres.

Enfin des évolutions réglementaires sont indispensables car souvent encore la règle voir et éviter est le seul garant de l'anti-abordage. Cette règle de base dans un contexte où les contraintes sont de plus en plus importantes ne suffit plus. »

1.18.3 Prévention des collisions aériennes en aviation légère

En aviation légère, dans des espaces aériens non contrôlés, la prévention des collisions aériennes repose uniquement sur la règle « voir et éviter » qui devient de plus en plus difficile à appliquer dans des environnements de trafic dense tels que les abords des aérodromes, et en raison de l'amélioration des performances des avions légers. Afin d'améliorer la conscience de la situation des pilotes et de faciliter l'acquisition visuelle des trafics environnants, plusieurs systèmes ont été développés ces dernières années. Ces systèmes permettent aux aéronefs qui en sont équipés d'être visibles les uns des autres grâce à l'émission d'un signal contenant leur position GNSS. On parle dans ce cas de visibilité électronique (ou *e-Conspicuity* en anglais). Deux catégories de systèmes se distinguent en fonction de l'utilisation ou non de fréquences aéronautiques et d'équipements certifiés.

1.18.3.1 Systèmes de détection de trafic certifiés

Les systèmes de détection de trafic certifiés compatibles avec les contraintes de l'aviation légère en termes de taille, de poids, de consommation électrique et de coût, utilisent la fonction ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*) pour l'échange de messages entre aéronefs et vers des stations sol.

Ces messages contiennent la position de l'aéronef, déterminée par un récepteur GNSS, ainsi que d'autres informations telles que son identification, son altitude, sa vitesse, ou son cap. Le format des messages ADS-B et les performances attendues sont normalisés dans l'Annexe 10 (relative aux télécommunications aéronautiques) à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale, et en particulier dans le volume III (systèmes de communication) et le volume IV (systèmes radar de surveillance et systèmes anticollision) de cette Annexe.

Pour voir et être vu par les autres aéronefs, il est nécessaire d'embarquer les fonctions ADS-B In et ADS-B Out. L'ADS-B In permet de recevoir et d'afficher la position transmise par les aéronefs équipés de l'ADS-B Out. Les aéronefs dépourvus de la fonctionnalité ADS-B Out ne sont en revanche pas visibles par ces systèmes. Pour pallier ce problème, les services de la circulation aérienne peuvent déployer un service de diffusion d'information de trafic, le TIS-B (*Traffic Information Service – Broadcast*). Ce service nécessite l'installation d'antennes sol capables de transmettre des messages ADS-B contenant les positions des aéronefs dépourvus d'ADS-B mais détectés et localisés par les radars des services de la circulation aérienne. Sur le même principe de fonctionnement, il est possible de transmettre des informations météorologiques et aéronautiques aux aéronefs équipés de l'ADS-B In. Il s'agit dans ce cas du service FIS-B (*Flight Information Service – Broadcast*).

Les deux principales technologies utilisant des fréquences aéronautiques pour l'émission et la réception de messages ADS-B sont :

- les transpondeurs mode S dotés de la fonction ES (*Extended Squitter*) qui leur permet de transmettre automatiquement et périodiquement les messages ADS-B sur la fréquence 1 090 MHz. Cette technologie est celle utilisée en transport aérien commercial pour lequel il existe depuis 2020 une obligation d'emport aux États-Unis et en Europe ;

- les émetteurs – récepteurs universels (UAT, *Universal Access Transceiver*) qui émettent les messages ADS-B sur la fréquence 978 MHz. Cette fréquence réservée à des usages aéronautiques était anciennement utilisée par les militaires, notamment pour les systèmes de navigation militaires TACAN (*TACtical Air Navigation System*). L'utilisation de l'UAT est très répandue aux États-Unis pour les aéronefs concernés par l'obligation de capacité ADS-B Out et volant en dessous du FL 180.

La solution utilisée pour le transport commercial s'appuyant sur la fréquence 1 090 MHz ES n'est pas adaptée à une utilisation en aviation légère étant donné le coût d'un transpondeur mode S³³ et la faible proportion d'aéronefs légers déjà équipés.

En revanche, l'utilisation de l'UAT est une solution moins onéreuse. Cette norme a été spécifiquement conçue pour une utilisation de l'ADS-B en aviation légère avec une puissance d'émission et une consommation électrique plus faibles que celles d'un transpondeur mode S. D'autre part, la fréquence 1 090 MHz est déjà très utilisée par les transpondeurs mode A/C/S pour répondre aux interrogations des radars secondaires et par les systèmes anticollisions tels que le TCAS II. L'utilisation d'une autre fréquence pour la transmission des messages ADS-B en aviation légère permet de limiter le risque de saturation de la fréquence 1 090 MHz.

1.18.3.2 Systèmes de détection de trafic non certifiés

De nombreux systèmes non certifiés de détection et d'avertissement de proximité avec d'autres aéronefs ont été développés ces dernières années spécifiquement pour les aéronefs utilisés pour l'aviation légère. Ce sont dans la plupart des cas des systèmes portables, de petite taille, et équipés d'antennes d'émission/réception de faible puissance. Ces dernières transmettent des messages sur des fréquences libres donc ne nécessitant pas de licence d'exploitation ni de contrôle d'installation.

En contrepartie, la puissance d'émission et le taux d'utilisation des fréquences sont limités afin de diminuer le risque de brouillage³⁴. Ils peuvent fonctionner à l'aide de batteries internes ou en étant reliés à l'alimentation électrique de l'aéronef.

Ils sont constitués d'un récepteur GNSS fournissant la position de l'aéronef qui est transmise aux trafics environnants via l'antenne d'émission. L'antenne de réception permet de recevoir les messages émis par les aéronefs à proximité équipés du même système, et pour ceux dotés d'une antenne de réception bi-fréquence, il est possible de recevoir également les messages ADS-B des aéronefs ayant cette fonctionnalité. Les aéronefs détectés sont affichés soit sur un écran intégré au système, soit sur un écran de téléphone mobile ou de tablette via une liaison Wi-Fi ou Bluetooth et une application dédiée. Certains systèmes proposent également une fonction d'alerte, à l'aide d'alarmes visuelles et/ou sonores, afin de prévenir le pilote d'une trajectoire conflictuelle avec celle d'un autre aéronef.

³³ À partir de 2 500 € environ pour un transpondeur mode S ES ADS-B Out, et jusque 6 000 € environ pour un transpondeur mode S ADS-B In & Out.

³⁴ En France, les conditions d'utilisation des fréquences libres sont définies par l'Autorité de Régulation des Communications Électroniques, des Postes et de la distribution de la presse (ARCEP) dans la [Décision n°2021-1589](#).

Le Flarm (voir *Figure 38*) est l'un des systèmes les plus répandus en Europe, en particulier au sein de la communauté du vol à voile. La Fédération Française de Vol en Planeur (FFVP) a rendu obligatoire ce dispositif depuis le 1^{er} mars 2013 pour ses adhérents. Il utilise la fréquence 868,2 MHz pour transmettre sa position GNSS aux autres aéronefs. Il peut également transmettre une estimation de sa trajectoire qui sera utilisée par un algorithme interne au calculateur afin de détecter les risques de collision avec les autres aéronefs et de déclencher une alerte. Une antenne de réception bi-fréquence permet de recevoir à la fois les signaux transmis par les Flarm à proximité et les messages émis par des transpondeurs mode S et ADS-B. L'accidentologie des collisions en planeur en France a fortement diminué depuis la généralisation de ce système pour tous les affiliés à la FFVP, passant de 16 collisions entre 2001 et 2009 à un incident grave entre 2010 et 2018.



Figure 38 : PowerFlarm Portable (Source : Internet)

Le dispositif Rosetta développé par la société PilotAware (voir *Figure 39*) est semblable techniquement au système Flarm et utilise la fréquence d'émission 869,5 MHz. Une voix synthétique informe le pilote de la proximité d'un autre aéronef. Il ne possède en revanche pas d'algorithme de détection de risque de collision. Un réseau d'antennes sol d'une portée annoncée entre 30 et 60 km, nommé ATOM - GRID, permet en plus de retransmettre aux aéronefs équipés du système Rosetta la position des aéronefs émettant des signaux mode S et ADS-B, ainsi que celle des utilisateurs de Flarm via le réseau OGN (*Open Glider Network*).



Figure 39 : PilotAware Rosetta (Source : Internet)

Ces deux systèmes ont une portée radio d'environ 10 km dans leur version portable³⁵. L'installation fixe sur aéronef de ces systèmes est soumise à la réglementation de certification CS-STAN et est considérée par l'AESA comme un changement mineur. Ce type d'installation permet d'optimiser le positionnement des antennes sur l'aéronef et d'augmenter significativement la portée radio.

D'autres solutions de visibilité électronique comme celle de Flying Neurons (voir *Figure 40*) ou celle de SafeSky (voir *Figure 41*) permettent de tirer profit du réseau de téléphonie mobile en récupérant et transférant à leurs utilisateurs toutes les informations de trafic et de météorologie pertinentes disponibles sur Internet via les réseaux d'OGN, de PilotAware ou encore FlightRadar24 par exemple. Toutefois, la couverture des réseaux de téléphonie mobile n'est fiable qu'à basse et moyenne altitude (jusque 5 000 ft environ) et dans des zones géographiques suffisamment proches des antennes de ces réseaux. En dehors de ces volumes, la transmission et la réception de la position des aéronefs à proximité ne pourront donc pas être assurées.



Figure 40 : système Flying Neurons
(Source : Internet)



Figure 41 : visualisation SafeSky sur tablette et smartphone (Source : Internet)

Flying Neurons permet en outre d'augmenter la capacité de visibilité électronique de son système Neurone en lui ajoutant des modules permettant d'émettre et recevoir des messages compatibles avec le système Flarm, et d'émettre et recevoir des messages au format ADS-B 1 090 MHz.

³⁵ Ainsi, deux aéronefs évoluant en convergence à une vitesse de 200 km/h se détecteraient 1 min 30 avant le point de collision.

1.18.3.3 Avantages et inconvénients des différentes solutions

Les tableaux ci-dessous établissent une comparaison des principaux avantages et inconvénients entre les systèmes de détection de trafic de proximité certifiés et non certifiés.

Systèmes certifiés utilisant l'ADS-B

Avantages	Inconvénients	Quelques exemples et leur coût
<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de fréquences aéronautiques protégées - Distance de détection plus grande, visibilité électronique accrue - Systèmes normalisés et certifiés, fiabilité et disponibilité améliorées - Réseau d'antennes sol développé qui offre une large couverture dans de nombreuses régions du monde (en particulier Amérique du nord, Europe, Chine, Australie) - Généralisation soutenue par la FAA sur le territoire américain 	<ul style="list-style-type: none"> - D'une façon générale, ces systèmes sont plus onéreux - Puissance électrique nécessaire plus importante - Coût d'une antenne sol élevé - Coût d'installation fixe élevé 	<ul style="list-style-type: none"> - Trig TT-31: transpondeur mode S ADS-B Out, 2 500 € ; - Garmin GTX 345: transpondeur mode S ADS-B In & Out, 5 800 € ; - Garmin GDL 84: ADS-B UAT In & Out, 4 000 € ; - µAvionics echoUAT (certifié uniquement pour les catégories Experimental et LSA): ADS-B UAT In & Out, 1 000 €.

Systèmes non certifiés utilisant des formats propriétaires sur des fréquences libres

Avantages	Inconvénients	Quelques exemples et leur coût
<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes en général peu onéreux - Systèmes portables fonctionnant avec téléphones mobiles et/ou tablettes - Puissance électrique nécessaire faible - Coût d'installation fixe sur aéronef réduit, changement mineur AESA - Coût d'une antenne sol faible - Système flexible permettant des évolutions rapides 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de fréquence libre dont la qualité de service n'est pas garantie - Distance de détection plus faible - Systèmes non certifiés, fiabilité et disponibilité plus faibles - Réseaux d'antennes sol peu développés, maintenus par des bénévoles, et dont la qualité de couverture n'est pas garantie - Système dont la pérennité n'est pas garantie 	<ul style="list-style-type: none"> - PowerFlarm, 2 400 € ; - PilotAware Rosetta, 500 – 800 € en fonction de la configuration choisie + 30 € licence par an, coût de fabrication d'une antenne ATOM environ 350 € ; - FlyingNeurons Neurone 480 €, module ADS-B In 360 €, module Flarm In & Out 420 € ; - Safesky : une version gratuite est disponible.

1.18.3.4 Positionnement des autorités vis-à-vis de ces différentes solutions

Aux États-Unis, l'Autorité en charge de l'Aviation civile (FAA) a choisi de baser son futur système de gestion du trafic aérien (NextGen) sur l'utilisation de l'ADS-B. Depuis janvier 2020, tous les avions, quel que soit leur type, ont l'obligation, dans les espaces aériens définis dans le règlement 14 CFR 91.225 (en particulier espaces de classe A, B et C) de transmettre un signal de position sur l'une au moins des deux fréquences ADS-B (ADS-B Out) :

- 1 090 MHz via transpondeur mode S – ES utilisée principalement pour le transport commercial et obligatoire au-dessus du FL 180 ;
- 978 MHz via l'UAT utilisée essentiellement pour l'aviation légère.

La FAA a déployé un réseau d'antennes capables de recevoir les deux fréquences et qui couvre l'ensemble du territoire des États-Unis. Les services d'informations de trafic (TIS-B) et d'informations météorologiques et aéronautiques (FIS-B) seront fournis gratuitement aux usagers équipés de l'ADS-B In.

Depuis cette nouvelle réglementation, la FAA a constaté une augmentation significative du nombre d'aéronefs légers équipés de systèmes UAT.

En Europe, l'AESA n'a pour le moment pas intégré la technologie UAT dans sa réglementation. Les aéronefs de plus de 5,7 t et ayant une vitesse de croisière supérieure à 250 kt ont l'obligation d'être équipés d'un transpondeur mode S Surveillance enrichie ayant la capacité ADS-B Out.

Pour améliorer la visibilité des aéronefs en aviation légère, l'AESA souhaite promouvoir l'utilisation de systèmes non certifiés, moins chers et plus simples à installer, et assurer leur interopérabilité. Ces sujets sont répertoriés dans le Plan Européen pour la Sécurité Aérienne 2022-2026 (EPAS 2022-2026) au travers de la tâche de promotion de la sécurité « SPT.0119 Promoting iConspicuity » et de l'action de recherche « RES.0031 Interoperability of different iConspicuity devices/systems ». Ils étaient par exemple également déjà répertoriés dans l'EPAS 2020-2024 au travers de la tâche RMT.0376 « Anti-collision and traffic awareness systems for aircraft with MTOMs less than 5 700 kg or carrying less than 19 passengers ».

De son côté, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a mis en place le groupe de travail « e-Conspicuity » dans le cadre des actions du Programme de Sécurité de l'État (PSE). Ce groupe de travail a conclu qu'il serait plus adapté pour la France de promouvoir l'utilisation des deux fréquences de l'ADS-B, le 1 090 MHz ES et l'UAT, mais en offrant la possibilité, contrairement à la réglementation FAA, d'utiliser des systèmes UAT non certifiés ou certifiés selon une norme moins contraignante.

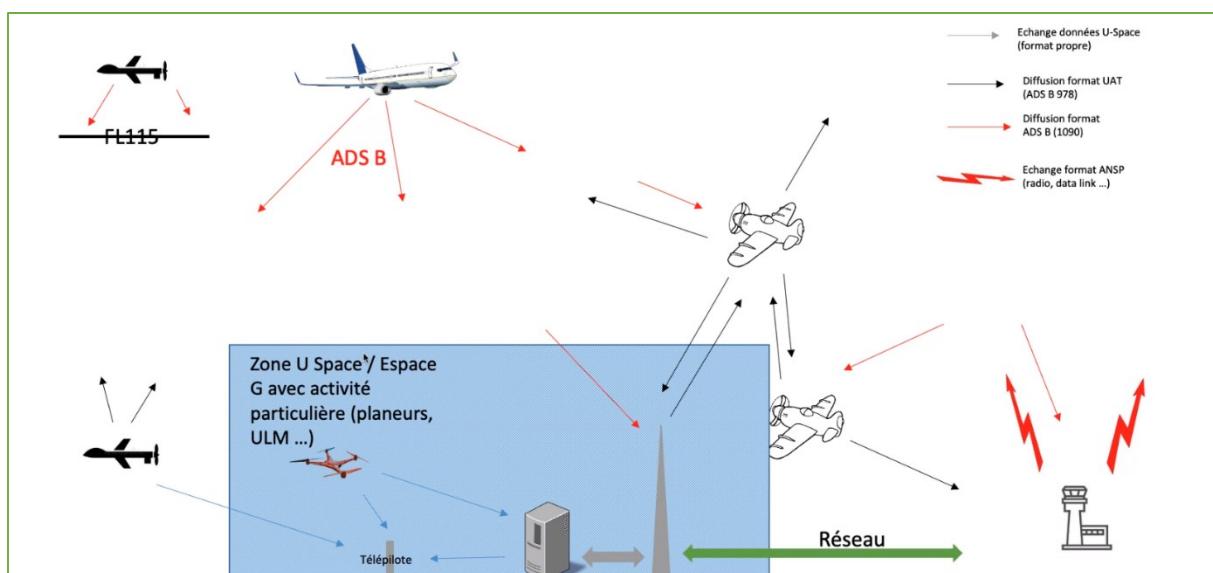


Figure 42 : concept opérationnel de l'e-Conspicuity (Source : DGAC)

Cette conclusion étant en opposition avec le choix retenu pour le moment par l'AESA, la DGAC a mis en attente ses actions sur l'e-Conspicuity jusqu'à ce qu'un consensus puisse se dégager.

La position française s'inspire de la solution retenue au Royaume-Uni où l'Autorité en charge de l'Aviation civile (CAA-UK) a défini sa propre norme pour la conception de systèmes de visibilité électronique (voir [CAP 1391 Electronic conspicuity devices](#)). Cette norme permet l'utilisation d'émetteurs – récepteurs de messages ADS-B sur la fréquence 1 090 MHz avec une source de positionnement GNSS dont l'intégrité peut être inférieure à ce qui est exigé dans l'Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale. Une puissance d'émission plus faible que la norme de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) est également autorisée ce qui permet de réduire le coût et la consommation électrique de ces systèmes. L'utilisation de ce type de système n'a pas été rendu obligatoire par la CAA-UK.

Le dispositif portable SkyEcho de la société µAvionics (voir *Figure 43*) a été développé et certifié selon cette norme. Il est équipé d'une batterie interne d'une autonomie de 12 h et permet l'échange de messages ADS-B sur la fréquence 1 090 MHz. Il est capable de recevoir les messages ADS-B sur les fréquences 1 090 MHz et 978 MHz, ainsi que les messages Flarm. Il est vendu environ 500 euros. Il ne peut cependant pas être utilisé en tant qu'émetteur en dehors du Royaume-Uni, l'Australie et la Nouvelle-Zélande, seuls pays à l'avoir certifié. La norme britannique n'est en effet pas reconnue par la FAA et l'AESA qui ne souhaitent pas favoriser l'utilisation de la fréquence 1 090 MHz par les systèmes de visibilité électronique en raison du risque élevé de saturation des antennes sol utilisées par les services de la circulation aérienne.



Figure 43 : boîtier SkyEcho et visualisation sur tablette (Source : Internet)

1.18.4 Réglementation relative aux prestations de vol payantes

1.18.4.1 Réglementation applicable aux aéronefs entrant dans le champ de compétence AESA

1.18.4.1.1 Exploitation commerciale

Le règlement européen n°965/2012 dit « AirOps³⁶ » définit dans son article 2 l'exploitation commerciale comme « toute exploitation d'un aéronef, contre rémunération ou à tout autre titre onéreux, qui est à la disposition du public ou, lorsqu'elle n'est pas mise à la disposition du public, qui est exercée en vertu d'un contrat conclu entre un exploitant et un client, et dans le cadre duquel ce dernier n'exerce aucun contrôle sur l'exploitant. »

Ce règlement indique dans son article 5 « Opérations aériennes », paragraphe 1, que « les exploitants n'exploitent un avion ou un hélicoptère à des fins de transport aérien commercial qu'en se conformant aux exigences des annexes III [Partie ORO] et IV [Partie CAT]. »

Les dérogations existantes sont explicitées dans les paragraphes suivants.

³⁶ Règlement de la Commission du 5 octobre 2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

1.18.4.1.2 Vols à frais partagés

Le règlement « Air-Ops » précise dans son article 6 « Dérogations », paragraphe 4 bis, que « par dérogation à l'article 5, paragraphes 1 et 6, les exploitations suivantes d'avions et hélicoptères motorisés autres que complexes peuvent être effectuées conformément à l'annexe VII [Partie NCO] :

- a) vols à frais partagés effectués par des particuliers, à condition que le coût direct soit réparti entre tous les occupants de l'appareil, y compris le pilote, et que le nombre de personnes supportant le coût direct ne dépasse pas six. »

Un guide d'orientation (GM)³⁷ précise que le coût direct correspond au coût directement engagé en lien avec un vol, par exemple le carburant, les taxes d'aérodrome, les frais de location d'un aéronef. Il n'y a pas de notion de profit.

La réglementation n'indique pas si le partage de frais entre le pilote et les passagers doit être équitable ou non.

1.18.4.1.3 Vols de découverte

Dans le même article 6 « Dérogations », le règlement « Air-Ops » indique que « par dérogation à l'article 5, paragraphes 1 et 6, les exploitations suivantes d'avions et hélicoptères motorisés autres que complexes peuvent être effectuées conformément à l'annexe VII [Partie NCO] : [...]

- c) des vols de découverte, de largage de parachutistes, de remorquage de planeurs ou vols acrobatiques effectués soit par un organisme de formation dont le principal établissement se trouve dans un État membre et visé à l'article 10 bis du règlement (UE) n°1178/2011, soit par un organisme créé afin de promouvoir l'aviation sportive et de loisir, à condition que cet organisme exploite l'aéronef en propriété ou dans le cadre d'un contrat de location coque nue, que le vol ne produise pas de bénéfices distribués à l'extérieur de l'organisme et que les vols concernant des personnes non membres de l'organisme ne représentent qu'une activité marginale de celui-ci. »

Le vol de découverte est défini dans l'article 2 du règlement « Air-Ops » comme « toute opération effectuée contre rémunération ou à tout autre titre onéreux, consistant en un voyage aérien de courte durée visant à attirer de nouveaux stagiaires ou de nouveaux membres et proposé par un organisme de formation visé à l'article 10 bis du règlement (UE) n°1178/2011³⁸ ou un organisme créé afin de promouvoir l'aviation sportive et de loisir ».

³⁷ Annexe à l'ED Decision 2014/019/R définissant certains termes utilisés dans l'article 6.4a du règlement (UE) n°965/2012, en particulier le GM2 Article 6.4a(a).

³⁸ Règlement de la Commission du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

Le GM³⁹ précise également les conditions de l'activité marginale : « Le terme "activité marginale" doit être compris comme représentant une partie très mineure de l'activité globale d'une organisation, principalement dans le but de la promouvoir ou d'attirer de nouveaux élèves ou membres. Une organisation ayant l'intention de proposer de tels vols en tant qu'activité commerciale régulière n'est pas considérée comme remplissant la condition d'activité marginale. De même, les vols organisés dans le seul but de générer des revenus pour l'organisation ne sont pas considérés comme une activité marginale. »

Concernant la réalisation des vols de découverte, la partie NCO prévoit (exigence NCO.GEN.103) qu'ils « doivent :

- a) commencer et s'achever sur le même aérodrome ou site d'exploitation ;
- b) être exploités en VFR de jour ;
- c) être supervisés par une personne désignée pour assurer leur sécurité ; et
- d) respecter toutes les autres conditions fixées par l'autorité compétente. »

La DGAC, en tant qu'autorité compétente en France, a précisé au travers d'un arrêté⁴⁰, des conditions supplémentaires pour la réalisation des vols de découverte : «

- Type de vol

Les vols de découverte sont des vols circulaires de moins de 30 minutes entre le décollage et l'atterrissement durant lesquels l'aéronef ne s'éloigne pas à plus de 40 kilomètres de son point de départ.

- Activité marginale

L'activité marginale [...] ne dépasse pas 8 % des heures de vol totales effectuées dans l'année civile par l'organisme en tant qu'organisme de formation ou organisme créé afin de promouvoir l'aviation sportive et de loisir. [...]

- Contrôle de l'activité marginale

Les organismes tiennent à la disposition des autorités administratives leur bilan annuel d'activité.

- Publicité

L'activité proposée ne fait l'objet d'aucune publicité à titre onéreux ni d'aucun démarchage. Elle ne doit notamment faire l'objet d'aucune offre commerciale au moyen de coffrets cadeaux.

- Restrictions

Les vols en formation sont interdits dans le cadre de la présente section.

- Document sur l'activité et l'évaluation des risques en matière de sécurité

Les organismes établissent et tiennent à jour un document comportant les éléments suivants :

- o la personne désignée pour effectuer la sécurité des vols, conformément au point NCO.GEN.103 du règlement (UE) n° 965/2012 susvisé ;
- o les aéronefs utilisés ;
- o les sites dans lesquels l'activité est effectuée ;
- o les procédures mises en œuvre ;

³⁹ Op. cit. § 1.18.4.1.2.

⁴⁰ Arrêté du 18 août 2016 relatif aux éléments laissés à l'appréciation de l'autorité nationale compétente par le règlement n° 965/2012 de la Commission du 5 octobre 2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

- l'information des passagers sur l'utilisation des dispositifs de secours et les procédures à suivre en cas d'urgence ;
- l'ensemble des conditions permettant d'autoriser les pilotes à effectuer ces opérations ;
- une politique de sécurité portant sur la gestion des risques.

Ce document est tenu à la disposition du service de l'aviation civile territorialement compétent.

- Conditions pour les pilotes

Les pilotes effectuant les vols prévus à la présente section sont majeurs et sont employés ou membres de l'organisme.

- Expérience minimale

Les titulaires d'une licence de pilote privé (PPL) avion ou hélicoptère et les titulaires d'une licence de pilote d'aéronef léger (LAPL) pour avion ou pour hélicoptère réalisent les vols de découverte prévus à la présente section à la condition de justifier d'au moins 200 heures de vol depuis l'obtention de la licence sur la catégorie d'aéronef sur lequel est effectuée l'opération concernée. [...]

- Expérience récente

Outre le respect du b) 1 du point FCL.060 de l'annexe I du règlement n° 1178/2011 susvisé⁴¹, les titulaires d'une licence de pilote privé (PPL) avion ou hélicoptère et les titulaires d'une licence de pilote d'aéronef léger (LAPL) pour avion ou hélicoptère ne peuvent réaliser les vols prévus à la présente section que s'ils ont effectué 25 heures de vol au cours des 12 mois qui précèdent sur la classe ou le type d'aéronef sur lequel est effectuée l'opération concernée.

- Capacités d'emport

Le nombre d'occupants, équipage compris, est au maximum de 3 pour les hélicoptères et de 5 pour les avions. »

1.18.4.2 Réglementation applicable aux aéronefs hors du champ de compétence AESA

Parmi les aéronefs hors du champ de compétence AESA figurent les ULM. Le Code de l'Aviation civile⁴² dispose que : « pour l'application des dispositions du dernier alinéa de l'article L. 330-1 du présent code, les transports aériens de passagers, de fret ou de courrier visés au 2 de l'article 1^{er} du règlement (CEE) n°2407/92 du 23 juillet 1992 ne nécessitent l'obtention d'une licence d'exploitation et d'un certificat de transporteur aérien que si la capacité d'emport, équipage compris, des aéronefs utilisés est supérieure selon les cas :

- [...]
- Pour les vols locaux à :
 - trois personnes lorsque le vol local est effectué au moyen d'un giravion ;
 - cinq personnes dans les autres cas. [...]

⁴¹ Un pilote ne pourra exploiter un aéronef pour le transport aérien commercial ou le transport de passagers en tant que commandant de bord ou copilote, que s'il a effectué, au cours des 90 jours qui précèdent, au moins 3 décollages, approches et atterrissages sur un aéronef de même type ou classe ou dans un FFS qui représente ce type ou cette classe. Les 3 décollages et atterrissages seront effectués en exploitations multipilotes ou monopilotes, en fonction des priviléges détenus par le pilote.

⁴² Article R330-1 ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

- Le vol local est, pour l'application du présent article, un vol :
 - o sans escale ;
 - o dont les points de départ et d'arrivée sont identiques ;
 - o de moins de trente minutes entre le décollage et l'atterrissement sauf pour les aéronefs ultra-légers motorisés ;
 - o durant lequel l'aéronef ne s'éloigne pas à plus de quarante kilomètres de son point de départ. »

En d'autres termes, les vols de transport aérien de passagers à titre onéreux sont autorisés en ULM s'ils sont sans escale, avec un point de départ et d'arrivée identiques et à l'intérieur d'un cercle de 40 km de rayon autour du point de départ.

1.18.5 Renseignements sur les prestations au bénéfice de tiers

Dans le [bilan thématique du BEA de l'année 2021 pour les avions légers](#), le BEA a noté que certains vols, tels que les vols de découverte et les vols au profit des candidats au brevet d'initiation aéronautique (BIA), se distinguent de l'activité des pilotes d'aéroclub généralement axée sur l'entraînement et l'agrément du pilote ou de ses proches. Ce sont des prestations à destination de passagers non-membres du club, pour lesquelles le club est rétribué (cas des vols de découverte) ou financé par des subventions ainsi que par certains établissements scolaires (cas des vols BIA). L'activité peut se rapprocher du transport commercial de passagers, avec possiblement une attitude particulière du pilote vis-à-vis des attentes des passagers, pendant le vol et en marge de celui-ci. Ainsi, l'activité se caractérise par l'exposition de tiers aux risques inhérents à l'aviation légère non commerciale et par une charge de travail accrue pour le pilote.

[L'accident du F-GFXE survenu le 28 juillet 2018 à Charleville-Mézières](#) avait déjà conduit le BEA à émettre une recommandation de sécurité à la DGAC pour encourager la mise en place d'actions d'information et de promotion de la sécurité à destination des structures d'aviation de loisir pour l'organisation des vols de découverte, afin d'aider ces structures à gérer au mieux ces risques.

[L'accident du F-GSEV survenu le 14 mars 2020 à Bordeaux Yvrac](#) permet d'élargir les réflexions sur cette activité, tant sur le plan de la responsabilisation individuelle des pilotes habilités (autoévaluation de leur forme physique, identification des menaces spécifiques à chaque vol) que de l'organisation de l'activité par le club (suivi renforcé des compétences des pilotes habilités, exigence accrue en matière d'expérience récente, maîtrise du volume d'activité de chaque pilote). À la suite de cet événement, la documentation de la Fédération Française Aéronautique (FFA) sur les vols de découverte et les vols BIA a été révisée et de nouveaux supports ont été envoyés aux clubs.

Les événements du [F-GIKZ](#) et du [F-GSBS](#) survenus le 12 septembre 2020, et celui du [F-GMRV](#) survenu le 13 septembre 2020, sont cités comme des événements similaires.

Pour tous ces événements cités, il a été dénombré neuf personnes décédées et deux blessées.

En mai 2022, [l'accident du F-HJLB](#), ayant eu pour conséquence les décès du pilote et de ses quatre passagers, est également survenu dans un contexte de vol de découverte.

2 ANALYSE

2.1 Introduction

Dans l'après-midi du 10 octobre 2020, le pilote du F-BXEU accompagné de deux passagères d'une part, et le pilote du 37AHH accompagné d'une passagère d'autre part, ont décollé aux alentours de 15 h 20 à environ cinq minutes d'intervalle, respectivement des aérodromes de Poitiers et de Châtellerault, pour des vols payants d'environ deux heures au-dessus des châteaux de la Loire. Le vol du F-BXEU avait été acheté quelques mois plus tôt auprès de l'aéroclub ASPTT, et le vol du 37AHH avait été acheté auprès de la société Silvair Services.

À 15 h 39, le pilote du F-BXEU, jusqu'alors en contact avec l'information de vol de Poitiers, a contacté le centre d'information de vol (CIV) de Paris (Paris info). L'agent en poste n'a pas répondu à ce message. Le pilote du F-BXEU n'a pas rappelé Paris information par la suite.

Les deux aéronefs ont effectué un itinéraire les amenant à survoler plusieurs châteaux de la Loire.

À 15 h 56, le F-BXEU et le 37AHH ont tous les deux survolé le château de Chaumont-sur-Loire. Le pilote du F-BXEU a effectué un survol rectiligne du château à environ 1 150 ft d'altitude alors que le pilote du 37AHH a réalisé un 360° au-dessus du château à 1 500 ft. Les deux aéronefs se sont retrouvés en convergence jusqu'à un rapprochement inférieur à 300 m horizontaux, puis se sont éloignés l'un de l'autre. Quelques secondes plus tard, le pilote du 37AHH a contacté Paris info, qui l'a pris en compte et l'a identifié au radar. Les deux aéronefs ont poursuivi leur itinéraire et se sont finalement dirigés vers le sud pour rentrer à leurs bases respectives.

À 16 h 43, le pilote du 37AHH, qui approchait du SIV de Poitiers, a quitté la fréquence de Paris information. Il a débuté le survol du château de Loches par le travers ouest de la ville, en effectuant un 360° par la gauche, et en a probablement entamé un second. À 16 h 44, le pilote du F-BXEU a débuté le survol du château de Loches par le travers est de la ville, en effectuant un 360° par la droite.

À 16 h 45, le F-BXEU et le 37AHH sont entrés en collision quasi frontale à environ 1 200 ft d'altitude, au sud de Loches. Les deux aéronefs ont tous les deux perdu une partie de leur aile gauche.

Le pilote du 37AHH a perdu le contrôle de l'ULM et le parachute de secours a été activé. L'ULM est entré en collision avec le sol avant de prendre feu. Le pilote du F-BXEU a perdu le contrôle de l'avion, qui est entré en collision avec le sol dans une roncière.

L'analyse de l'occurrence porte sur les points suivants :

- l'examen du contexte dans lequel ces deux vols à titre onéreux ont été réalisés ;
- l'étude des moyens disponibles auprès des pilotes pour les aider dans la prévention des collisions aériennes ;
- la nature du service d'information de vol rendu aux pilotes dans le cadre de la prévention des collisions ;
- la conception du parachute de secours du 37AHH et plus généralement des ULM de type Pioneer 300.

2.2 Contexte des vols

2.2.1 Contexte du vol du F-BXEU

Le vol du F-BXEU a été acheté sur le site Internet de l'ASPTT Poitiers pour un montant de 285 €. Cette prestation, d'une durée totale de deux heures, incluait un briefing de 10 minutes et un vol d'une durée de 1 h 50 au-dessus des châteaux de la Loire, ce qui revient à 155,45 € par heure de vol. Le F-BXEU était proposé à la location auprès des membres du club pour un montant de 155 € de l'heure.

Par conséquent, seules les passagères du F-BXEU ont supporté le coût du vol. Si la mention « prix coûtant » était indiquée sur le site de l'aéroclub, il demeure que le vol proposé ne satisfaisait pas les critères du vol en partage de frais, qui imposent que « le coût direct soit réparti entre tous les occupants de l'appareil, y compris le pilote ».

La structure estimait ainsi proposer des vols à frais partagés alors que le contexte d'exécution de ces vols s'éloignait à la fois de l'esprit (attraction de particuliers sans lien avec les membres de l'aéroclub, conseils sur la prise de photographies pendant le vol, délivrance d'un certificat de baptême de l'air) et de la lettre (pilote ne participant pas aux frais du vol) des textes règlementaires définissant ce cadre. La mise à disposition d'une plaquette « vol à frais partagés » auprès de l'équipe de pilotes spécifiquement désignés par le club pour assurer ces vols tend à démontrer une certaine forme d'organisation dans la fourniture de ces prestations au bénéfice de tiers qui s'éloigne de l'esprit du partage des frais dans le cadre de vols privés.

Le contexte d'organisation de ces vols se rapprochait ainsi plutôt de celui des vols de découverte. Les pilotes effectuant des vols de découverte doivent satisfaire à des conditions plus strictes que celles nécessaires pour emporter des passagers dans un cadre de vol à frais partagés. Dans le cadre du vol de l'accident, plusieurs critères n'étaient pas remplis pour pouvoir effectuer un vol de découverte :

- le pilote du F-BXEU ne disposait pas de l'expérience récente nécessaire ;
- la distance d'éloignement depuis le point de départ et la durée du vol dépassaient les valeurs prévues par la réglementation.

Même si l'ASPTT Poitiers ne prétendait pas proposer de vols de découverte, il apparaît que la structure a cherché à présenter ses prestations comme des vols à frais partagés afin de ne pas avoir à se conformer à des exigences plus restrictives concernant les pilotes et la nature des vols. Cette démarche a conduit des passagers à participer à des vols plus longs, et donc générateurs d'une plus grande charge de travail, effectués par des pilotes ne disposant pas de l'expérience requise, et les a exposés à des risques censés justement être réduits par les exigences des vols de découverte. L'autorité de surveillance s'appuie essentiellement sur les déclarations des aéroclubs pour surveiller si le volume d'activité en vol de découverte reste bien une activité marginale. Elle n'est donc généralement pas en mesure d'identifier ce type de dérives au sein des clubs.

Comme le BEA l'a souligné dans de précédentes enquêtes, l'activité du vol de découverte peut se rapprocher du transport commercial de passagers, avec possiblement une attitude particulière du pilote vis-à-vis des attentes des passagers, pendant le vol et en marge de celui-ci. Ceci explique notamment pourquoi la réglementation vise à limiter la durée de ces vols et à exiger des pilotes une expérience totale et récente suffisamment importantes.

Cela permet entre autres de s'assurer que la charge de travail de ces pilotes, a priori non professionnels, reste limitée afin de réduire davantage l'exposition des passagers découvrant le monde aéronautique à des risques propres à l'aviation légère non commerciale.

Parmi ces risques figure notamment la possibilité d'une collision avec un autre aéronef. Ce risque semblait bien identifié au sein de l'aéroclub puisque la plaquette « vol à frais partagés » proposait de s'appuyer sur les passagers pour assister le pilote dans la détection de trafics potentiellement conflictuels, en leur demandant de « signaler les avions en vol ».

Indépendamment du contexte incertain de vol à titre onéreux, la collision aérienne est survenue au moment où le pilote du F-BXEU devait mobiliser des ressources pour manœuvrer son avion au-dessus du château de Loches, en gardant ce château en vue afin de s'assurer que les passagères puissent l'observer. La focalisation de l'attention du pilote sur le château a pu limiter sa capacité à surveiller la présence d'autres aéronefs à proximité. Les passagères, inexpérimentées dans le domaine aéronautique et présentes à bord pour observer des points d'intérêt au sol, n'étaient très probablement pas en mesure de pouvoir détecter aisément d'autres aéronefs.

2.2.2 Contexte du vol du 37AHH

Le vol du 37AHH a été acheté auprès de la société Silvair Services pour un montant de 338 €. La prestation incluait un vol d'une durée de 2 h au-dessus des châteaux de la Loire. Étant donné que le tarif horaire de la prestation est supérieur au coût réel d'une heure de vol en ULM, il est exclu que ce vol ait pu être réalisé à frais partagés.

Ce vol était donc réalisé à titre onéreux. La réglementation française autorise ce type de vol en ULM à conditions, entre autres, que le vol soit effectué à l'intérieur d'un cercle de 40 km de rayon autour du point de départ. Le vol de l'accident ne satisfaisait pas le critère de distance par rapport à l'aérodrome de départ puisque le 37AHH s'est éloigné à plus de 40 km de l'aérodrome de Châtellerault.

Si le dépassement de la frontière des 40 km n'est pas directement contributif à l'accident, il illustre malgré tout le type de dérive que peut engendrer l'exploitation commerciale d'aéronefs dérogatoire (c'est-à-dire sans CTA), motivée par le désir de satisfaire la clientèle la plus large possible et propice à la proposition de prestations conçues pour attirer des clients à des fins essentiellement lucratives. Dans le cas du 37AHH comme dans celui du F-BXEU, il n'était ainsi pas possible d'atteindre le secteur des châteaux de la Loire sans sortir du rayon des 40 km autour de l'aérodrome de décollage.

En introduisant cette limite de rayon d'action, la réglementation réduit de fait le nombre potentiel d'aéronefs évoluant autour de points remarquables, tels que les châteaux de la Loire. Dans le cas où des pilotes effectuant des vols à titre onéreux dérogeraient à cette règle, on peut penser que ces points d'intérêts seraient susceptibles de générer une circulation aérienne plus importante à leurs abords pouvant avoir un effet statistique sur le nombre de collisions aériennes.

La similitude des contextes des vols du F-BXEU et du 37AHH permet de constater que les problématiques soulevées au § 2.2.1 dans le cadre des aéronefs certifiés (focalisation de l'attention du pilote sur les points d'intérêt au sol, volonté de satisfaire les passagers, au détriment de la surveillance extérieure) ont également pu s'appliquer au 37AHH, bien qu'en l'absence d'enregistrement des conversations à bord, rien ne permette d'affirmer que cela ait été un facteur lors du vol de l'accident.

2.3 Dispositifs de bord pour la prévention des collisions aériennes

Aucun des deux avions n'était équipé d'un système de détection et d'avertissement de proximité d'autres aéronefs, autrement appelé système de visibilité électronique. La réglementation ne l'impose pas. Certains propriétaires ou club ont cependant pris l'initiative d'équiper leurs avions afin d'améliorer la conscience de la situation de leurs pilotes et de faciliter l'acquisition visuelle des trafics environnants dans des espaces aériens où la règle « voir et éviter » devient de plus en plus difficile à appliquer. À titre d'exemple on peut citer la FFVP qui a imposé à ses affiliés depuis 2013 l'emport du système Flarm ce qui a permis de considérablement réduire l'accidentologie des collisions en planeur⁴³. La Fédération Française d'ULM (FFPLUM) ainsi que la Fédération Française des constructeurs et collectionneurs d'aéronefs (RSA) ont facilité, par l'intermédiaire d'achats groupés, l'acquisition par leurs adhérents du système Neurone développé par Flying Neurons. Malheureusement ce système, dans sa version de base⁴⁴, n'est pas interopérable avec le système Flarm. Un planeur équipé d'un Flarm et un ULM équipé d'un Neurone ne pourront donc a priori pas se voir « électroniquement ». La situation est identique pour tous les autres systèmes dont les fabricants, pour des raisons de coût de fabrication et d'exploitation, ont fait le choix de développer des solutions non certifiées et basées sur l'utilisation de fréquences libres différentes.

Quand bien même le F-BXEU et le 37AHH auraient été équipés d'un système de visibilité électronique, il aurait fallu que l'interopérabilité de ces systèmes soit garantie pour qu'ils puissent être efficaces. Ce défaut d'interopérabilité a été identifié comme l'un des facteurs contributifs de la [quasi-collision entre un Diamond DA42 et un planeur Rolladen Schneider LS8 survenue le 27 juillet 2016 à Pont-sur-Yonne](#). Le DA42 était équipé d'un TAS (*Traffic Awareness System*) fonctionnant avec les signaux du transpondeur mode S, tandis que le planeur avait à bord un calculateur GNSS qui intégrait un Flarm qui ne pouvait communiquer avec le TAS.

À titre d'exemple, l'utilisation du réseau d'antennes sol ATOM – GRID (voir § 1.18.3.2) permet au dispositif Rosetta de PilotAware d'améliorer son interopérabilité avec les autres systèmes en récupérant la position des aéronefs équipés de Flarm, d'émetteurs ADS-B ou de transpondeurs mode S, puis en les relayant vers les usagers de Rosetta.

Toutefois, hormis au Royaume-Uni, ce réseau est peu développé en Europe. La portée des antennes ATOM nécessite un maillage fin pour couvrir une grande partie du territoire. Par ailleurs, l'installation de ces antennes repose sur le volontariat des particuliers ou des aéroclubs, ce qui ne permet pas de garantir la qualité de la couverture, ni la pérennité du maillage constitué.

⁴³ Voir § 1.18.3.2.

⁴⁴ Il est possible d'assurer l'interopérabilité du Neurone avec le Flarm en lui ajoutant le module payant NeuroFlarm.

D'autre part, l'inconvénient d'un réseau d'antennes sol associé à un système particulier utilisant un format de messages et une fréquence d'émission propres est qu'il ne bénéficie qu'à ses usagers. Ainsi, les utilisateurs de Rosetta vont pouvoir être informés de la proximité d'un aéronef équipé d'un Flarm ou d'un transpondeur mode S, mais l'utilisateur du Flarm ne sera pas averti de la présence de l'aéronef équipé de Rosetta.

La mise en œuvre de ces réseaux sol, basée sur le volontariat, permet donc d'améliorer l'interopérabilité « entrante » d'un système, c'est-à-dire **voir les autres aéronefs**, mais l'utilisation de formats d'échange et de fréquences d'émission différents ne permet pas d'obtenir l'interopérabilité « sortante », c'est-à-dire **être vu par les autres aéronefs**.

Pour assurer l'interopérabilité complète des différents systèmes existants, une solution pourrait être de promouvoir l'utilisation de systèmes certifiés selon une norme existante ou à développer à l'instar de ce qui a été fait au Royaume-Uni avec le système SkyEcho. Cela permettrait de garantir la transmission de messages ayant un format identique sur une fréquence identique.

La technologie de l'ADS-B s'appuyant sur un système de type UAT (voir § 1.18.3.1) et dont la norme est détaillée dans le volume III de l'Annexe 10 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale est un exemple de ce type de systèmes certifiés. Elle est déjà très répandue aux États-Unis où la FAA a décidé de la promouvoir en déployant un large réseau d'antennes sol couvrant l'ensemble du territoire. Elle l'est également en Chine ou en Australie.

Cette technologie n'a en revanche pas encore su s'imposer en Europe, l'AESA préférant promouvoir l'utilisation de systèmes non certifiés, et le développement de moyens assurant leur interopérabilité. Sur ce dernier point, l'AESA avait répondu au BEA qu'elle allait travailler à la mise en œuvre d'actions favorisant l'interopérabilité des dispositifs et systèmes, à la suite d'une recommandation du BEA émise en 2015 dans le cadre de son enquête de sécurité relative à la [collision en vol entre un avion remorqueur et un planeur survenue en 2012](#).

Des progrès ont pu être constatés sur ce point avec l'amélioration partielle de l'interopérabilité des différentes solutions existantes. Cette amélioration est le résultat de la volonté des fabricants des systèmes les plus récents et donc encore peu répandus, d'offrir à leurs clients la visibilité des aéronefs équipés des dispositifs les plus utilisés, en l'occurrence le Flarm et l'ADS-B. Cela passe actuellement soit par le déploiement d'un réseau d'antennes sol (à l'instar de PilotAware) dont la couverture et la pérennité ne peuvent être garanties, soit par l'adjonction de modules à un système de base (à l'instar de FlyingNeurons) qui en augmente le coût. L'arrivée éventuelle de nouveaux dispositifs fonctionnant sur des fréquences encore différentes complexifiera davantage les moyens d'assurer l'interopérabilité « entrante ».

En revanche, en l'absence de l'utilisation d'un format d'échange commun et d'une fréquence identique, l'interopérabilité « sortante » est très peu développée. Ce constat, associé au fait que les systèmes les plus répandus, le Flarm et l'ADS-B, ne permettent pas d'être informé de la présence des aéronefs équipés des autres systèmes, tend à montrer que l'interopérabilité complète des dispositifs de visibilité électronique sera difficile à obtenir.

Enfin, il sera nécessaire de mener en parallèle une réflexion à la fois sur l'ergonomie de ces systèmes et sur la formation des pilotes à leur utilisation.

2.4 Service d'information de vol et prévention des collisions

2.4.1 Différences entre le CIV de Paris et le SIV Seine dans la fourniture du service d'information de vol

Le règlement européen SERA⁴⁵ prévoit que le service d'information de vol (SIV) soit fourni à tout aéronef évoluant en France et connu des services de la navigation aérienne. Parmi les services inclus dans l'information de vol figurent les informations relatives aux risques de collision comprenant uniquement les activités connues qui constituent des risques pour l'aéronef concerné.

Les itinéraires suivis par le F-BXEU et le 37AHH le long des châteaux de la Loire les ont conduits à évoluer dans les espaces du SIV Seine, gérés par l'organisme de contrôle de Melun-Seine.

Depuis plusieurs années, une situation de sous-effectifs de contrôleurs aériens qualifiés au sein de l'organisme, par rapport à l'effectif théorique, a conduit à fermer certains secteurs du SIV. Lorsque ces secteurs sont fermés, le service de l'information de vol est alors confié au CIV de Paris, géré par le centre de contrôle régional CRNA/N.

Les méthodes et moyens mis en œuvre par le CIV de Paris et le SIV Seine pour assurer le service d'information de vol sont différents. Ainsi, l'enquête a permis de mettre en évidence les différences suivantes :

- le service d'information de vol est assuré au CIV de Paris par un agent CIV, non détenteur d'une licence de contrôle, et parfois seul à son poste, alors qu'il est en théorie assuré au SIV Seine par un binôme de contrôleurs, titulaires d'une licence de contrôle ;
- la zone supervisée par l'agent CIV est bien plus grande que celle supervisée par un binôme de contrôleurs du SIV Seine ;
- par conséquent, le volume de trafic à superviser est plus important pour un agent CIV que pour les contrôleurs du SIV Seine, ce qui nécessite souvent de filtrer la visualisation sur les seuls trafics identifiés comme « connus » au sein du CIV.

Par ailleurs, l'un des rôles majeurs dévolus aux agents CIV de Paris est de fournir des informations aux pilotes évoluant en région parisienne afin d'éviter des intrusions par des VFR dans des espaces qui ne leur sont pas autorisés (notamment ceux de classe A, associés entre autres aux aéroports de Paris-Orly et de Paris-Charles de Gaulle). Cette surveillance de l'anti-intrusion semble être considérée comme une activité prioritaire pour les agents CIV ; elle est moins marquée au sein de l'organisme de Melun, ce qui permet de fait aux contrôleurs de cet organisme de disposer de plus de ressources pour fournir d'autres informations de vol aux pilotes, telle que la présence de trafic à proximité.

Ces éléments montrent que l'organisation du SIV Seine est de nature à permettre la fourniture d'informations de vol plus précises (notamment concernant les risques de collision) que dans le cas du CIV de Paris, pour les pilotes évoluant dans les secteurs des châteaux de la Loire. Les témoignages recueillis au cours de l'enquête ont notamment permis de mettre en évidence que la situation de quasi-collision entre le 37AHH et le F-BXEU au-dessus du château de Chaumont-sur-Loire aurait probablement donné lieu à une information de la part des contrôleurs du SIV Seine.

⁴⁵ Op. Cit § 1.17.3.1.

Il est à noter que l'information de vol fournie en SIV, a priori plus qualitative, est dépendante d'une mise en œuvre sur l'ensemble du territoire français de moyens humains importants (notamment en termes d'effectifs et de formation) dont la DSNA ne dispose pas nécessairement au sein de chaque approche. Ainsi, même si des différences en termes de moyens et de méthodes existent entre un CIV et un SIV, l'enquête a permis de montrer que le service d'information de vol fourni par un CIV remplit les conditions prévues par la réglementation européenne et constitue de fait une solution adaptée aux moyens parfois limités dont dispose la DSNA dans certaines approches.

La situation de sous-effectif au sein de l'organisme Melun-Seine a persisté depuis la survenue de l'accident. À compter de fin avril 2022, le CIV de Paris ne prend plus en compte en journée le service de l'information de vol pour les aéronefs évoluant dans les secteurs de l'organisme de Melun-Seine. Un répondeur automatique a été mis en place afin d'informer les pilotes VFR que l'information de vol n'est pas disponible dans certaines zones de classe E et G, afin de permettre aux contrôleurs en poste de pouvoir gérer le trafic IFR, si besoin avec la mise en place de régulations.

Cette situation a ainsi pour conséquence de priver les usagers du service d'information de vol sur une partie des secteurs de l'organisme de Melun-Seine, dans un contexte où ce service n'est déjà pas assuré uniformément sur le territoire français (certaines zones ne proposant pas ce service), en contradiction avec les exigences de la réglementation européenne.

2.4.2 Rapprochement au château de Chaumont-sur-Loire

Au moment de ce rapprochement entre les deux aéronefs, le pilote du F-BXEU avait déjà contacté le CIV de Paris en vue de bénéficier du service d'information de vol. L'enquête a montré que, à la faveur d'une situation d'occupation fréquence relativement faible, l'agent CIV n°1 à ce moment-là était en train de superviser des situations d'aéronefs situés sur d'autres secteurs de la large zone sous sa responsabilité. Cela pourrait expliquer pourquoi il ne souvient pas avoir entendu l'appel du pilote du F-BXEU et donc pourquoi il ne lui a pas répondu.

Le pilote du F-BXEU n'a pas rappelé le CIV de Paris à la suite de son premier appel. De son côté, le pilote du 37AHH a évolué une quinzaine de minutes dans les espaces du SIV Seine avant de contacter le CIV de Paris. Les deux pilotes se sont ainsi privés de la possibilité d'être pris en compte par l'agent CIV et de bénéficier du service d'information de vol.

L'enquête a mis en évidence que les agents CIV ont été en mesure, à certains moments, de fournir des renseignements sur le trafic à des aéronefs identifiés radar en rapprochement avec des aéronefs non en contact avec le CIV. Si le F-BXEU ou le 37AHH avaient été identifiés au radar, le rapprochement entre le F-BXEU et le 37AHH aurait été plus facilement visible par l'agent CIV.

Lors du survol par les deux aéronefs du château de Chaumont-sur-Loire, ni le F-BXEU ni le 37AHH n'étaient ainsi identifiés radar. Après ce survol, le pilote du 37AHH a contacté le CIV de Paris afin de pouvoir bénéficier du service d'information du vol. Lors du rapprochement, le pilote du F-BXEU avait probablement son attention focalisée sur la droite de l'aéronef où se trouvait le château, alors que le 37AHH se situait sur le côté gauche. Ainsi, le pilote du 37AHH était probablement le seul en mesure de pouvoir observer l'autre aéronef du fait de la configuration du croisement entre les deux aéronefs. L'enquête n'a pas pu établir si l'appel du pilote du 37AHH au CIV de Paris fait suite à un contact visuel avec le F-BXEU.

2.4.3 Collision aérienne à Loches

Lors de la collision en vol, le 37AHH et le F-BXEU n'étaient plus dans les secteurs d'information de vol sous la responsabilité du CIV de Paris, mais dans ceux du SIV de Poitiers. Bien que le pilote du 37AHH en ait manifesté l'intention, aucun des pilotes n'avait contacté les contrôleurs du SIV de Poitiers avant la collision. Ces derniers n'étaient donc pas en mesure de leur fournir des informations quant à leurs positions respectives.

L'enquête n'a pas permis de déterminer si les deux pilotes avaient conscience qu'ils effectuaient tous les deux un vol dans le secteur des châteaux de la Loire. La seule mention d'un vol « local *[dans le secteur des]* châteaux de la Loire », relativement imprécise, a été effectuée par le pilote du 37AHH lors de sa prise de contact avec le CIV de Paris. Il n'est pas possible de savoir si le pilote du F-BXEU a écouté cette conversation.

Dans un tel contexte, toute information qui aurait pu être donnée en cours de vol au sujet du F-BXEU ou du 37AHH, en particulier une information de trafic lors du rapprochement au-dessus de Chaumont-sur-Loire, aurait été de nature à renforcer la vigilance des pilotes sur la possibilité de la présence d'un trafic aux alentours des points d'intérêt survolés.

2.5 Parachute de secours de l'ULM

Peu après la collision en vol, le parachute de secours du 37AHH a été activé. Cependant, le parachute ne s'est pas déployé correctement et, d'après des témoins au sol, le parachute serait resté en torche pendant la chute de l'ULM.

Les examens réalisés sur les câbles du parachute de secours du 37AHH ont montré que, sur les quatre câbles reliant le parachute à la cellule de l'ULM, trois ont subi une défaillance liée au glissement du brin mort de la boucle le long des sertissages et un a subi une rupture en surcharge.

Deux campagnes de tests de traction ont été réalisées à partir de câbles neufs fournis par le constructeur de l'ULM. Ces essais n'ont pas conduit à la rupture des câbles. En revanche, il a été systématiquement noté le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage à une ou aux deux extrémités des câbles. Ces essais de traction ont donc permis de reproduire le phénomène constaté sur trois câbles de l'ULM accidenté.

Durant ces essais de traction, il est noté que le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage est effectif pour des efforts variables, de 920 à 2 588 daN, soit 27 à 75 % de la charge à rupture minimale indiquée par le constructeur de l'ULM.

Le BEA a également constaté par examen visuel que la dimension des éléments de sertissage des câbles du parachute de secours ne semble pas suffisamment importante pour s'assurer d'un montage correct selon la norme EN 13411-5+A1. Les éléments de sertissage utilisés par Alpi Aviation sont en effet recommandés pour un diamètre de câble inférieur à celui du câble utilisé.

D'après ces essais et l'expérience de la Direction générale de l'Armement - Techniques aéronautiques (DGA-TA), plusieurs critères pourraient améliorer la tenue au glissement des câbles :

- leur dégraissage avant leur montage ;
- l'utilisation d'éléments de sertissage parfaitement adaptés au câble utilisé, en respectant notamment les dimensions prévues par la norme EN 13411-5+A1 de décembre 2008.

D'après les constats réalisés et les informations transmises au BEA, la désolidarisation du parachute du fuselage de l'ULM 37AHH semblerait témoigner de :

- l'application d'efforts sur les câbles métalliques de liaison parachute/fuselage supérieurs à la charge maximale structurale du câble rompu ;
- l'endommagement des câbles métalliques de liaison parachute/fuselage, avec systématiquement, à une extrémité du câble, le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage.

La première observation serait justifiée essentiellement par la rupture d'un des quatre câbles. Pour les autres câbles, les essais réalisés sur des câbles neufs semblent toutefois montrer une hétérogénéité dans la résistance en traction de ces câbles, pour des valeurs d'effort bien inférieures à celles spécifiées et attendues par le constructeur de l'aéronef.

Ces éléments tendent à démontrer que le déploiement correct d'un parachute de secours installé sur un ULM de type Pioneer 300 n'est pas garanti.

3 CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- Le pilote du F-BXEU, par ailleurs président de l'aéroclub « ASPTT Poitiers », effectuait un vol payant au-dessus des châteaux de la Loire vendu comme un vol de « baptême » au profit de deux passagères.
- Le pilote du 37AHH, dirigeant de la société Silvair Services, effectuait un vol payant au-dessus des châteaux de la Loire vendu comme un vol de « baptême » au profit d'une passagère.
- Le contexte du vol du F-BXEU ne respectait pas les conditions d'un vol de découverte, ni d'un vol à frais partagés.
- Le contexte du vol du 37AHH ne respectait pas les conditions d'un vol à titre onéreux en ULM.
- Le service d'information de vol dans les secteurs SIV 6, 7 et 8 de l'organisme Melun-Seine (dans lequel se trouvent les châteaux de la Loire) était assuré par le CIV de Paris.
- Le pilote du F-BXEU a contacté l'agent du CIV de Paris.
- L'agent du CIV était occupé à superviser une autre zone et n'a pas répondu au pilote du F-BXEU.
- Le pilote du F-BXEU n'a pas rappelé l'agent du CIV Paris. Le contact radio n'est d'ailleurs pas obligatoire.
- Le F-BXEU et le 37AHH se sont rapprochés une première fois selon des trajectoires conflictuelles en survolant le château de Chaumont-sur-Loire.
- Aucun des deux aéronefs n'était ni en contact radio ni visualisé sur l'écran radar du CIV au moment de ce rapprochement.
- Après ce rapprochement, le pilote du 37AHH a contacté l'agent du CIV de Paris et a été visualisé au radar quelques minutes plus tard.
- Les agents du CIV ont donné des renseignements sur le trafic à quelques aéronefs évoluant dans les secteurs du CIV de Paris.
- Le pilote du 37AHH a informé qu'il souhaitait quitter la fréquence du CIV de Paris pour passer avec le SIV de Poitiers, ce qui a été accepté par l'agent du CIV.
- Aucun des deux pilotes n'a contacté les contrôleurs du SIV de Poitiers avant la collision.
- Les deux aéronefs ont évolué autour du château dans une configuration qui leur laissait peu de possibilité de se détecter visuellement.
- Le Soleil dans le ciel se trouvait face au F-BXEU et à l'arrière du 37AHH.
- Ni le F-BXEU ni le 37AHH ne disposaient de moyens électroniques embarqués permettant de détecter d'autres aéronefs.
- Les deux aéronefs ont perdu une partie de leur aile gauche lors de la collision.
- Les pilotes ont perdu le contrôle de leur aéronef.
- Le parachute de secours du 37AHH a été activé avant la collision avec le sol.
- Le parachute de secours du 37AHH s'est déployé de façon incorrecte.
- Trois des quatre câbles reliant le parachute de secours du 37AHH à la structure de l'ULM ont subi une défaillance qui a été reproduite au cours de deux campagnes de tests réalisés pour l'enquête à des charges inférieures aux spécifications du constructeur.

3.2 Facteurs contributifs

La collision aérienne entre le F-BXEU et le 37AHH résulte d'une absence de contact visuel entre les deux pilotes qui survolaient le même point d'intérêt au sol, à savoir le château de Loches. Les deux aéronefs évoluaient alors en espace aérien de classe G, dans lequel la séparation entre aéronefs repose essentiellement sur la seule règle « voir et éviter ». Le BEA a, lors de plusieurs enquêtes, montré les limites de ce concept. L'enquête n'a pas permis de déterminer si les pilotes avaient conscience de la présence de l'autre aéronef évoluant à proximité immédiate. Cette collision est survenue dans un contexte où les pilotes n'étaient en contact avec aucun service d'information de vol à même de pouvoir leur fournir une information sur la présence de l'autre aéronef. À la suite de cette collision, les deux aéronefs ont tous les deux perdu une partie de leur voilure gauche, ce qui ne permettait plus aux pilotes d'en garder le contrôle. Le parachute de secours du 37AHH a été activé, mais son déploiement incorrect n'a pas permis de limiter les conséquences de la perte de contrôle. Le F-BXEU ne disposait pas d'un moyen de récupération. Les deux aéronefs sont entrés en collision avec le sol.

Si les circonstances de la survenue de cette collision en vol sont indépendantes de la localisation de la base des deux aéronefs, l'enquête a permis de mettre en lumière le fait que, dans le contexte de ces deux vols, les pilotes n'auraient pas dû s'éloigner à plus de 40 km de leur base respective. Le non-respect de cette limitation qui s'applique aux aéronefs utilisés pour effectuer des vols à titre onéreux laisse l'opportunité d'une plus grande concentration d'aéronefs aux abords de points d'intérêt et tend ainsi à augmenter les probabilités de collision aérienne.

Ont pu contribuer à l'absence de contact visuel entre les deux pilotes :

- la possible focalisation de l'attention des deux pilotes sur le survol du château de Loches, situé, dans la configuration de la collision, à l'opposé de la trajectoire de l'autre aéronef ;
- un éventuel détournement de l'attention des pilotes lié à la volonté de satisfaire les passagères, par ailleurs clientes de prestation de baptêmes de l'air achetés directement auprès des organismes que les pilotes dirigeaient ;
- l'absence de moyens électroniques d'aide à la détection d'aéronefs à bord du F-BXEU et du 37AHH ;
- l'impossibilité de pouvoir bénéficier de l'information de vol, aucun des pilotes n'ayant contacté le SIV de Poitiers au moment de la collision ;
- la position du Soleil dans le ciel, ne permettant pas aisément au pilote du F-BXEU de pouvoir repérer visuellement le 37AHH.

Ont pu contribuer au déploiement incorrect du parachute de secours du 37AHH :

- un montage des câbles reliant le parachute de secours à la structure de l'ULM ne permettant pas de supporter les charges spécifiées par le constructeur Alpi Aviation ;
- une possible configuration inusuelle de l'ULM, tant sur son attitude que sur son intégrité, au moment de l'activation du parachute.

3.3 Enseignements de sécurité

3.3.1 Prise de contact avec l'information de vol par les pilotes

Le service d'information de vol, prévu par la réglementation SERA, est fourni par les services de la navigation aérienne sur une large partie du territoire français. Il permet aux pilotes de bénéficier de renseignements utiles pour effectuer leur vol. En France, ces renseignements sont fournis en particulier par des agents des services de la navigation aérienne (contrôleurs aériens, agents CIV) et peuvent avoir une grande plus-value pour la sécurité des vols. Dans le domaine de la prévention des collisions aériennes, ces agents disposent en effet de moyens techniques leur permettant, par l'intermédiaire de l'attribution de codes transpondeur, d'identifier sur leur écran de visualisation radar les aéronefs qui les ont contactés et qui souhaitent bénéficier ainsi de l'information de vol. Les informations disponibles sur les écrans de visualisation radar de ces agents incluent les plots radar de tous les aéronefs équipés d'un transpondeur actif dans leur zone de responsabilité. Il est toutefois possible pour les agents CIV de ne pas visualiser les plots radar des aéronefs pour lesquels les pilotes n'ont pas contacté l'organisme en charge de la délivrance de l'information de vol.

Le rapprochement du F-BXEU et du 37AHH au niveau du château de Chaumont-sur-Loire et la collision de ces deux aéronefs aux abords du château de Loches alors qu'ils n'étaient pas en contact avec le CIV Paris, rappellent l'intérêt pour les pilotes de contacter sans délai les services d'information de vol (SIV ou CIV selon le cas). Il demeure possible que, pour des raisons parfois liées à une charge de travail importante, l'organisme délivrant le service d'information de vol ne puisse répondre instantanément à un pilote cherchant à bénéficier du service. Il est dans ce cas conseillé au pilote de rappeler dès lors que l'occupation de la fréquence le permet.

Dans le cas de l'événement, si le pilote du F-BXEU avait rappelé le CIV Paris (Paris information) quelques instants après sa première tentative et si celui du 37AHH avait contacté le CIV Paris dès son entrée dans le SIV de Melun-Seine, les deux aéronefs auraient probablement pu bénéficier de renseignements sur leur position respective de la part de l'agent du CIV avant leur rapprochement au niveau du château de Chaumont-sur-Loire. Cela aurait notamment pu permettre aux deux pilotes, grâce à l'écoute de la fréquence, de connaître leurs intentions et leurs positions respectives, et ainsi d'adapter potentiellement leur route. De manière identique, un contact sans délai des deux pilotes auprès du SIV de Poitiers aurait été de nature à augmenter les chances de bénéficier d'informations relatives à leur rapprochement sur le château de Loches de la part du contrôleur aérien de Poitiers.

3.3.2 Organisation de l'information de vol en France

En France, le service d'information de vol peut être rendu :

- soit dans des Secteurs d'Information de Vol (SIV) confiés à de grandes approches ;
- soit dans des Centres d'Information de Vol (CIV) implantés dans les CRNA.

La DSNA a lancé il y a plusieurs années un projet de SIV jointifs afin de couvrir l'ensemble du territoire métropolitain. Ce projet n'étant pas encore abouti, les espaces gérés par les SIV ne sont pas tous contigus. Hors de ces espaces, le service d'information de vol est rendu par les CIV. C'est le cas dans les centres de contrôle en route nord et sud-est (CRNA/N et CRNA/SE) qui intègrent un CIV.

En France, les agents qui rendent le service d'information de vol sont de statut, qualifications et formations très variables :

- le service d'information de vol est fourni en SIV par des contrôleurs ingénieurs du contrôle de la navigation aérienne, et dépend, pour une mise en œuvre sur l'ensemble du territoire français, de moyens humains importants dont la DSNA ne dispose pas nécessairement au sein de chaque approche ;
- le service d'information de vol est fourni en CIV par des agents non titulaires d'une licence de contrôle. Ces derniers sont amenés à réaliser un certain nombre de tâches sur une zone géographique étendue, incluant un volume de trafic important, sans formation continue.

Depuis fin avril 2022, le CIV de Paris ne reprend plus les parties du SIV de Melun fermées en journée. Un répondeur automatique a été mis en place afin d'informer les pilotes VFR que l'information de vol n'est pas disponible dans certains espaces. Cette procédure a été instaurée afin de permettre aux contrôleurs de l'organisme de Melun-Seine de gérer le trafic IFR, privant ainsi les usagers du service d'information de vol dans des secteurs initialement gérés par le SIV Seine.

L'enquête sur [l'accident de l'ULM identifié 59DUJ survenu le 19 juin 2020](#), encore en cours à la date de publication de ce rapport, montre par ailleurs que le service d'information de vol peut ne pas être temporairement rendu dans d'autres SIV (fermés par NOTAM par exemple).

Les choix d'organisation du service de l'information de vol par la DSNA montrent une tendance à la diminution de la disponibilité de ce service.

L'état actuel du service d'information de vol en France semble nécessiter une réflexion sur les moyens à mettre en œuvre afin de fournir ce service, en employant des personnels formés aux principes de l'information de vol.

4 MESURES DE SÉCURITÉ PRISES DEPUIS L'OCCURRENCE

4.1 Mesures de sécurité prises par le constructeur

Depuis l'accident, Alpi Aviation promeut l'installation de système d'anticollision dans tous les avions qu'il vend, en offrant ce système à ses clients.

4.2 Mesures de sécurité prises par la DSNA

La DSNA a indiqué lors de la consultation sur le projet de rapport final qu'il existait un groupe de travail DSNA sur l'organisation du service d'information de vol.

5 RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

5.1 Parachute de secours des ULM Pioneer 300

Le parachute de secours du Pioneer 300 identifié 37AHH a été activé avant sa collision avec le sol. Des témoins au sol ont observé que le parachute était en torche pendant toute la durée de la chute de l'ULM, ce qui semble indiquer que la voile ne s'est pas gonflée de manière satisfaisante et que le parachute de secours n'a pas permis d'atténuer suffisamment les conséquences de la perte de contrôle et de la collision avec le sol.

L'examen de l'épave et du parachute de secours a permis de mettre en évidence que, sur les quatre câbles reliant le parachute de secours à la structure du 37AHH, trois câbles ont connu une défaillance selon laquelle les boucles en bout de câble n'étaient plus formées.

Le BEA a ainsi conduit une première campagne d'examen sur quatre câbles neufs fournis par le constructeur du Pioneer 300 afin de s'assurer que ces câbles sont de nature à supporter la charge de 3 440 daN avant rupture spécifiée par le constructeur. Il a été noté sur ces câbles neufs que les éléments de sertissage n'étaient pas montés selon les spécifications de la norme EN 13411-5+A1 (décembre 2008). Il a également été constaté que les serre-câbles utilisés sont recommandés par cette norme pour un diamètre de câble inférieur à celui du câble utilisé. Le constructeur de l'ULM a indiqué qu'il utilise pour les éléments de sertissage la dimension recommandée par son fournisseur de câble. Ces essais n'ont pas conduit à la rupture des câbles. En raison du glissement du brin mort dans les éléments de sertissage pour des efforts nettement inférieurs à la charge maximale, la résistance des câbles à la charge maximale n'a pas pu être testée. Il est en revanche systématiquement noté le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage à une ou aux deux extrémités des câbles. Il est noté que le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage est effectif pour des efforts variables, de 1 296 à 2 588 daN, soit 38 à 75 % de la charge à rupture minimale indiquée par Alpi Aviation.

Une deuxième campagne d'examen a été réalisée plusieurs mois après sur un autre lot de dix câbles neufs fournis par Alpi Aviation. Quelques jours avant la réalisation des tests, le constructeur a indiqué au BEA que les éléments de sertissage étaient différents de ceux montés sur les câbles neufs fournis pour la première série d'essais. À nouveau, il est apparu que ces éléments de sertissage étaient recommandés pour un diamètre de câble inférieur à celui du câble utilisé. Comme cela a été le cas pour la première campagne d'essais, il a été systématiquement noté le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage à une ou aux deux extrémités des câbles, à des valeurs bien inférieures à la charge à rupture du câble. Durant la seconde série d'essais de traction, le glissement du brin mort dans les éléments de sertissage est intervenu pour des efforts variables, de 920 à 1 940 daN, soit 27 à 56 % de la charge à rupture minimale indiquée par Alpi Aviation. Ces deux campagnes d'essais de traction ont donc permis de reproduire le phénomène constaté sur trois câbles de l'ULM accidenté. D'après les résultats obtenus, il semble également que l'effort maximal de traction mesuré au moment du glissement du brin mort augmente avec la vitesse du vérin.

L'enquête a notamment permis de mettre en évidence que quelques critères permettraient d'améliorer la tenue au glissement des câbles, incluant notamment le strict respect des dimensions des éléments de sertissage au regard du diamètre du câble utilisé telles que définies par la norme EN 13411-5+A1 (décembre 2008).

Au regard des conclusions de l'examen du parachute de l'ULM accidenté et des tests réalisés sur des câbles neufs fournis par le constructeur, le déploiement correct des parachutes de secours installés sur les ULM de type Pioneer 300 n'est à ce jour pas démontré. En l'absence de données supplémentaires, il n'est ainsi pas exclu que les défaillances observées sur les câbles du parachute se reproduisent lors d'activation de parachutes en conditions réelles.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que le parachute de secours du 37AHH a été activé avant la collision avec le sol, mais ne s'est pas correctement déployé ;*
- *considérant que l'examen du parachute du 37AHH a montré que trois des quatre câbles reliant le parachute à la structure de l'ULM ont connu une défaillance similaire ;*
- *considérant que les tests de traction menés sur des câbles neufs fournis par le constructeur ont permis de reproduire systématiquement cette défaillance à des charges nettement inférieures aux spécifications, ne permettant pas de garantir un déploiement correct du parachute ;*
- *considérant que la conception des boucles des câbles utilisés pour le montage du système de parachute sur l'ULM ne respecte pas les normes européennes et ne garantit pas leur résistance aux charges spécifiées ;*

*Alpi Aviation revoie le montage des câbles reliant le parachute de secours à la structure des Pioneer 300 déjà livrés et en production afin de s'assurer que ce dispositif réponde correctement aux spécifications annoncées.
[Recommandation FRAN-2023-005]*

5.2 Interopérabilité des systèmes de détection de trafic

Depuis plusieurs années, l'AESA a inscrit dans son plan européen pour la sécurité aérienne des actions visant à prévenir les collisions aériennes, notamment par la promotion de systèmes de visibilité électronique et le développement de solutions interopérables. Ces systèmes de visibilité électronique doivent permettre de transformer la règle « voir et éviter », dont le BEA a plusieurs fois rappelé les limites, en une règle « voir, être vu et éviter ». Les systèmes de visibilité électronique devraient ainsi permettre à chaque aéronef équipé de pouvoir, d'une part, être détectable par les autres aéronefs équipés et, d'autre part, détecter ces aéronefs. Cela passe par la double condition de proposer une interopérabilité « entrante » (le système permet de détecter les signaux des autres systèmes) et une interopérabilité « sortante » (le système émet un signal détectable par les autres systèmes).

Ainsi, à ses débuts, le système Flarm permettait de détecter les aéronefs situés à proximité et équipés d'un autre Flarm. Ce système a été depuis amélioré dans le but d'une interopérabilité entrante et peut ainsi recevoir les signaux ADS-B et mode S d'autres aéronefs.

Par ailleurs, de nouvelles sociétés se sont lancées dans le développement et la production de dispositifs légers embarqués afin de proposer aux pilotes d'aviation légère des solutions permettant de les assister dans la détection d'aéronefs en vol. Ces dispositifs non certifiés, tels que ceux proposés par PilotAware, Flying Neurons et SafeSky, recherchent ainsi une interopérabilité entrante la plus large possible, la plupart permettant de recevoir les signaux des équipements les plus répandus, tels que les transpondeurs mode S, les systèmes ADS-B et les calculateurs Flarm. En revanche, étant donné qu'ils émettent des messages au format propriétaire sur une fréquence libre qui leur est propre, ils n'offrent pas les conditions d'une interopérabilité sortante et ne sont donc pas détectables par les autres systèmes non équipés de récepteurs compatibles. Les réseaux d'antennes au sol peuvent pallier ces écueils, mais ils sont peu développés à ce jour et pour certains maintenus par des bénévoles.

Il est à noter qu'en 2011, l'étude « [Research Project EASA.2011/07 Scoping Improvements to 'See and Avoid' for General Aviation \(SISA\)](#) » avait identifié la nécessité de développer un standard technique pour un système d'avertissement anticollision pour l'aviation générale. En conséquence, à la suite de [la collision aérienne du 5 mai 2012 entre le F-GHSH et le BGA4926](#), le BEA avait recommandé à l'AESA de favoriser l'apparition, l'utilisation et la généralisation de systèmes interopérables d'aide à la détection de trafic, en indiquant qu'il était possible notamment de passer par la standardisation de formats de sortie et d'échange entre les différents systèmes. En 2020, l'AESA a répondu au BEA qu'elle allait travailler à la mise en œuvre d'actions favorisant l'interopérabilité des dispositifs et systèmes.

Dans cet intervalle, des solutions certifiées se sont développées dans d'autres pays, comme le système UAT largement utilisé aux États-Unis et soutenu par l'Autorité américaine de l'Aviation civile (FAA) dans le cadre d'un plan de modernisation de ses systèmes de contrôle aérien. Ce système, qui utilise une unique fréquence commune, permet de garantir une interopérabilité entrante et sortante, mais nécessite la mise en place d'infrastructures plus onéreuses, qui peuvent constituer un frein à leur adoption dans l'aviation légère, rassemblant essentiellement une communauté non professionnelle.

On peut citer également le système SkyEcho, certifié au Royaume-Uni, en Australie et en Nouvelle-Zélande, selon la norme CAP1391 développée par l'Autorité britannique de l'Aviation civile (CAA-UK) afin de promouvoir l'utilisation de systèmes de visibilité électronique au sein de la communauté de l'aviation légère.

L'enquête a montré que les principes de sécurité actuels sur lesquels se base la prévention des collisions, à savoir la règle « voir et éviter » et, dans une moindre mesure, l'assistance de l'information de vol, ne permettent pas d'empêcher la survenue de collisions en vol. Le développement et la généralisation des systèmes de visibilité électronique pourraient répondre aux objectifs de l'anticollision, à condition de s'assurer que ces systèmes soient complètement interopérables, ce qui n'est pas encore le cas à la date de publication du rapport.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que les systèmes de visibilité électronique constituent une solution prometteuse permettant de compléter les principes de sécurité actuels sur lesquels se base la prévention des collisions aériennes ;*
- *considérant que l'AESA manifeste un intérêt dans le développement de ces systèmes de visibilité électronique en insistant sur leur interopérabilité ;*
- *considérant que la grande majorité des systèmes de visibilité électronique développés ces dernières années garantissent une interopérabilité entrante, mais pas sortante ;*
- *considérant que les solutions développées jusqu'à présent, utilisant pour la plupart des formats et des fréquences qui leur sont propres, montrent qu'il est techniquement difficile d'obtenir l'interopérabilité sortante sans le développement d'une norme sur les formats d'échange et l'attribution d'une fréquence aéronautique dédiée ;*

l'AESA promeut une interopérabilité sortante des systèmes de visibilité électronique, en s'appuyant par exemple sur le développement d'une norme sur les formats d'échange et l'attribution d'une fréquence aéronautique dédiée dans un objectif de promotion de la sécurité. [Recommandation FRAN 2023-006]

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.

ANNEXES

Annexe 1 : Prestations commerciales de Silvair Services au moment de l'accident	- 88 -
Annexe 2 : Prestations commerciales de l'ASPTT Poitiers au moment de l'accident.....	- 90 -
Annexe 3 : Prestations commerciales de l'ASPTT Poitiers après l'accident	- 92 -
Annexe 4 : Situations ayant donné lieu à des renseignements sur le trafic de la part des agents du CIV le jour de l'accident	- 93 -
Annexe 5 : Observations formulées par l'autorité d'enquête de sécurité d'Italie (ANSV) sur le projet de rapport final du BEA	- 98 -

Annexe 1 : Prestations commerciales de Silvair Services au moment de l'accident

The screenshot shows the Silvair Services website with a header featuring the company logo and navigation links for ECOLE, BAPTEMES, PIONEER, GROPO, TECNAM, OCCASION, and CONTACT. A large aerial photograph of a town is displayed, with a caption below it. To the right, a call-to-action button reads "Aller plus haut...". Below this, a text block encourages baptism flights, mentioning the joy of flight for children and adults. Another text block discusses the pilot's passion and adaptability. A central graphic features a heart shape composed of various positive words like JOIE, CONFIANCE, PARTAGE, etc., surrounding a central figure. A message at the bottom left encourages users to find their inner strength and dream big. On the right, a green box promotes immediate flight bookings. Below these sections, a contact information box provides the company's details: Aérodrome Châtellerault-LFCA - 86100 Châtellerault, Tel: 05 49 90 20 78 - 06 31 27 88 33, Email: silvair@hotmail.fr.

Figure 44 : capture d'écran du site Internet de Silvair Services (20/10/2020)

This screenshot displays a section titled "Les coffrets cadeaux" (Gift Boxes). It lists several service offerings:

- Les Coffrets-Cadeaux SILVAIR permettent de faire plaisir à vos proches ou vos amis tout en respectant votre budget et leur emploi du temps.
- Vous choisissez un coffret, c'est-à-dire un type de vol (appareil Pioneer) et une durée. La personne à qui vous l'offrez aura la possibilité de l'utiliser au moment lui convenant le mieux, sur rendez-vous, en fonction de ses disponibilités et de la météo.
- Le jour du vol, il sera possible au bénéficiaire du coffret-cadeau de prolonger la durée ou de choisir une autre formule, en réglant le complément éventuel.
- Silvair est une société à taille humaine : il n'y a ni horaires, ni contraintes. Seules comptent la météo, la disponibilité des pilotes et des machines... et bien sûr, la sécurité.

Three specific gift box options are shown with small images:

- Baptême de l'air**: ULM Pioneer 15 MINUTES
- Châteaux de la Vienne**: ULM Pioneer 15 MINUTES
- Joyeux anniversaire !**: ULM Pioneer 30 MINUTES

Below the boxes are two buttons: "Paysages vus d'en haut" and "Vols d'initiation au pilotage". To the right, a blue box describes the "Coffrets-cadeaux économiques, pour des vols en appareil de type Pioneer". It specifies a modular duration of 15, 30, 45 or 60 minutes, the possibility to choose the date and circuit with the pilot, and details about the flight for one person, weight limit, and safety rules.

Figure 45 : capture d'écran du site Internet de Silvair Services (20/10/2020)

• Comment faire pour réserver un vol ?



C'est très simple : vous [passez chez Silvair](#) ou vous nous téléphenez (05-4990-2078) et nous convenons d'un rendez-vous ! Si la météo est bonne et si nos pilotes sont disponibles, il est même possible de partir dans les minutes qui suivent... mais il est rare que ces conditions soient réunies et il est donc plus sage de s'y prendre à l'avance.

• Qui peut voler ? Y a-t-il des contre indications ?



Il n'y a pas de limite d'âge et la plage va bien au-delà de 7 à 77 ans ! Pour apprécier le vol, il suffit d'être valide pour pouvoir s'installer dans la machine et d'en avoir envie ! Il y a une limite de poids : au-delà de 90 kg, il est difficile de voler en hélico léger ou ULM. Consultez-nous. Les baptêmes de l'air ne sont pas non plus possibles aux femmes enceintes ou aux personnes qui ne peuvent pas porter de ceinture de sécurité.

• J'ai le vertige... je peux voler quand même ?



Le vertige n'existe pas en avion car vous n'êtes plus en contact avec le sol. Le mal de l'air est une autre chose et résulte souvent de l'apprehension ou de la crainte de sensations inconnues. Nos pilotes sauront vous mettre en confiance et s'il arrivait que le vol vous soit désagréable, on se repose en quelques minutes. Et puis, rassurez-vous, tout est prévu... mais c'est vraiment rarissime. Un petit avion ou un hélico sont bien plus rassurants qu'un gros avion, car on voit tout ce qui se passe.

• On ira où ? Je pourrai voir ma maison ?



Nos pilotes ne sont pas des automates et le cockpit est très intime ! Avant le vol, on discute, on explique et si vous avez un but précis, on regarde la carte ensemble pour choisir le trajet et la durée du vol. Une fois décollé, on peut changer d'avis : il n'y a pas de route, pas de carrefour, pas d'embouteillages : le vol, c'est la liberté. Bien sûr, tous nos vols se font dans le respect de la réglementation : nous n'irons pas sur les zones interdites, on respectera les hauteurs de survol réglementaires, etc.

• Et si ça me plaît, vous me laissez les commandes ?



C'est possible... mais dans ce cas, ce n'est pas un baptême de l'air, mais un [vol d'initiation](#). Il y aura, avant le vol, un petit briefing technique et l'instructeur vous laissera les commandes dès le roulage ! C'est vous qui amènerez l'appareil au seuil de piste, qui ferez le décollage, le circuit prévu et l'atterrissement ! Bien sûr en toute sécurité et sous l'œil vigilant du "prof". Pour plus de détails, voir les pages "Ecole".

• Et si je veux offrir un baptême en cadeau ?



Là encore c'est très simple :
 - soit vous passez nous voir et vous achetez un bon de vol : la personne pourra l'utiliser à la date qui lui conviendra le mieux...
 - soit vous choisissez l'un des coffrets-cadeaux mis au point par Silvair et qui peuvent être achetés sur place, par téléphone ou par correspondance.

• Tarifs

• Baptême de l'air en Pioneer : à partir de 49 €



• Vol d'initiation au pilotage en Pioneer, avec instructeur : à partir de 119 €
 (un vrai cours de pilotage, c'est vous qui pilotez)

ACCUEIL
GALERIE
A PROPOS
CONTACT

CONTACT INFO:
 SILVAIR - Le Pautron - 86100 Châtellerault • France
 Email: silvair@silvair.fr
 Phone: +33 (0) 5-4990-2078

© GMC 2015 - Guy-Michel Cogné - Silvair-Services



Figure 46 : capture d'écran du site Internet de Silvair Services (20/10/2020)

Annexe 2 : Prestations commerciales de l'ASPTT Poitiers au moment de l'accident

TARIFS

*En accord avec l'instruction fiscale de la loi du 10/12/2006

ADHESIONS 2021

- Cotisation annuelle aéroclub ASPTT Poitiers : 165 € (95€ pour les moins de 25 ans)
- Licence FFA annuelle : 78 € (supplément pour abonnement facultatif à Info Pilote : 44€) - Inclut l'Assurance pilote obligatoire (assurance FFA)
- Membre bienfaiteur : 280 €
- Membre d'honneur : 75 €
- Membre stagiaire (< 3mois) : 75 €

Faites un cadeau original, Offrez un vol baptème

Achetez votre Bon cadeau

Vols PROMENADE sur la Région ("baptême de l'air" en vols partagés et Vols DECOUVERTE de la région

- Vol baptême standard (30 mn) autour de Poitiers, pour 1 à 3 personnes, briefing de 15 min inclus. prévoir 45 min minimum, prix : 76 €
- Vol de découverte du pilotage avec un pilote, durée 40 minutes, briefing de 15 min inclus, prévoir 1 h min minimum, prix : 100 €
- Balade aérienne, à la demande : sur la base de 155 € de l'heure en fonction de la durée du vol (participation du pilote au coût du vol)
- Vols pour les groupes : Comités d'entreprises, entreprises, Centres de loisirs ... prestation personnalisée, devis sur demande au 07.82.49.56.10

Testez votre envie de voler : vols d'INITIATION au PILOTAGE (pré-inscription à la formation)

- Vol d'initiation au pilotage, aux commandes de l'avion, avec un instructeur, avec briefings avant et après le vol, et vol de 40 minutes (durée totale de la séance : 2h à 2h30) pour un montant de 125 € (le package)
- En cas d'inscription à la formation de Pilote privé à la suite du vol, le temps passé dans les vols d'initiation sera pris en compte dans le temps de formation

ECOLE de pilotage européenne (Approved Training Organisation) ATO

Consultez ici les infos sur la formation

- Ecole agréée ATO depuis le 14/12/2013 - cours théoriques et pratiques
- Brevet de base (dès 16 ans) - Permet de voler seul dans un rayon de 30 km autour de l'aérodrome.
- Brevet de pilote privé (dès 17 ans) - PPL et LAPL - Permet de voler seul ou avec des passagers en France et à l'étranger (sous réserve de l'anglais)
- Qualification Vol de nuit, train classique
- Vol en patrouille
- Brevet d'Initiation Aéronautique (BIA) pour les jeunes collégiens

Tarif Heure de Vol (à compter du 1er octobre 2014) - ajout 0€ suppl pour instruction

• Avion DR400/120 - F-GGSN	130,00 €
• Avion DR400/120 - F-GGQP	130,00 €
• Avion DR400/140b - F-BXEU	147,00 €

Tarifs applicables à compter du 15 septembre 2020



Figure 47 : capture d'écran du site Internet de l'ASPTT Poitiers (12/10/2020)

Déjà commandé ? Récupérez vos billets en cliquant ici

Panier	Coordonnées	Paiement	Confirmation
Tarif	Prix	Quantité	
Vol d'initiation au pilotage 40 min, Prenez les commandes ! ⓘ	125,00 €	0	
<i>Pourquoi ne pas décider de tester votre envie ? A l'issue d'un briefing de 1h avec un instructeur, découvrez aux commandes de l'avion ce qu'est une leçon de pilotage. Osez vos envies !</i>			
Vol d'initiation au pilotage de 40 min, pour 1 personne aux commandes, avec un instructeur. Peut-être votre première leçon de pilotage ... Durée totale 2h dont 40 min de vol et 1h de briefing avant le vol.			
Vol baptême découverte des châteaux de la Loire ⓘ	285,00 €	0	
Vol baptême de découverte des Châteaux de la Loire : Amboise, Blois, Cheverny, Chambord, Chenonceau et Brézé. Pour 1 à 3 personnes. Enfants admis au dessus de 6 ans. Durée totale 2h dont 1h50 de vol et 10 min de briefing. Prix coutant.			
Vol baptême découverte 1h ⓘ	155,00 €	0	
Vol baptême de 1h à la demande, pour 1 à 3 personnes, avec possibilité de découverte du pilotage. Enfants admis au dessus de 6 ans. Durée totale 1h15 dont 1h de vol et 15 min de briefing.			
Vol baptême découverte 40 min ⓘ	100,00 €	0	
Vol baptême de 40 min autour de Poitiers, pour 1 à 3 personnes, avec possibilité de découverte du pilotage. Enfants admis au dessus de 6 ans. Durée totale 1h dont 40 min de vol et 15 min de briefing.			
Vol baptême standard 30 min ⓘ	76,00 €	0	
Vol baptême standard autour de Poitiers, pour 1 à 3 personnes, 45 min dont 30 min de vol et 15 min de briefing. Prix coutant.			
			TOTAL (TTC) 0,00 €
		SUITE	
<input type="button" value="Français"/> ⓘ			
  			
 Paiement sécurisé			
Powered by Weezevent			

Figure 48 : capture d'écran du site Internet de la plate-forme Weezevent (16/10/2020)

Annexe 3 : Prestations commerciales de l'ASPTT Poitiers après l'accident

The screenshot shows the homepage of the Aeroclub ASPTT Poitiers-Biard website. At the top, there is a navigation bar with links to Accueil, Le Club, Les Activités, Les Avions, and Tarifs. Below the navigation bar, the logo for "Aéroclub ASPTT Poitiers- Biard" is displayed, along with a quote from Antoine de Saint-Exupéry: "Je vole car cela libère mon esprit de la tyrannie des choses insignifiantes". A sidebar on the left lists various membership fees. The main content area is titled "VOLS DECOUVERTE ET INITIATION PILOTAGE" and describes two types of flights: a standard discovery flight (30 min) and an initiation flight with an instructor (1 vol de 30 mn + 1 vol de 30 mn). Logos for FFA, DGAC, and CNDS are shown at the bottom, along with copyright information and legal links.

Cotisation annuelle aéroclub ASPTT Poitiers : 165 € (95€ pour les moins de 25 ans)
Licence FFA annuelle : 78 € - Inclut l'Assurance pilote obligatoire (assurance FFA)
(supplément pour abonnement facultatif à Info Pilote : 44€)
Membre bienfaiteur : 280 €
Membre d'honneur : 75 €
Adhésion Restreinte : 75 €

VOLS DECOUVERTE ET INITIATION PILOTAGE

1) Vol Découverte standard (30 mn) autour de Poitiers, pour 1 à 2 personnes, avec un Pilote qualifié et habilité.
(Briefing de 15 min + convivialité, prévoir 1 h 30 environ)
Tarif : 76 €

2) Vols d'initiation avec un instructeur.
(1 vol de 30 mn pour la découverte du pilotage + 1 vol de 30 mn pour la découverte des instruments)
Forfait pour les 2 vols : 140 €
Durée : prévoir 1 h 30 pour chaque vol

Copyright 2020 - Aéroclub ASPTT Poitiers
Tout droits réservés
EMAIL DU CLUB : acl.aspttpoitiers@wanadoo.fr
[MENTIONS LEGALES](#)

Figure 49 : capture d'écran du site Internet de l'ASPTT Poitiers (02/06/2021)

Annexe 4 : Situations ayant donné lieu à des renseignements sur le trafic de la part des agents du CIV le jour de l'accident

L'agent CIV n°1 a fourni une information de trafic à l'un des aéronefs en contact avec le CIV Paris.

Station émettrice	Station réceptrice	Heure	Communications
F-GFPJ	CIV Paris	15 h 30 min 45	Paris information, de F-PJ, ce sera pour passer avec Beauvais sur 119,9.
CIV Paris	F-GFPJ	15 h 30 min 55	PJ, euh, euh, vous pouvez rester encore avec moi trente secondes là ? Vous avez, euh, comment dire, euh, visuel sur les deux trafics qui tournent autour de vous ?
F-GFPJ	CIV Paris	15 h 31 min 06	Affirme, on a visuel, on est passé pas loin d'un il y a... dans les deux minutes.
CIV Paris	F-GFPJ	15 h 31 min 15	Reçu, PJ, vous pouvez passer avec Beauvais, ouais, si vous voulez.
F-GFPJ	CIV Paris	15 h 31 min 20	Merci, juste pour information, les deux trafics, ils continuent leur chemin vers l'ouest ?
CIV Paris	F-GFPJ	15 h 31 min 25	Oui, oui, oui.
F-GFPJ	CIV Paris	15 h 31 min 27	C'est copié, merci, on passe avec Beauvais sur 119,9. Merci pour l'information.

La situation sur l'écran radar est représentée en *Figure 50* et *Figure 51* (le plot radar affichant le transpondeur 7004 correspond au F-GFPJ).

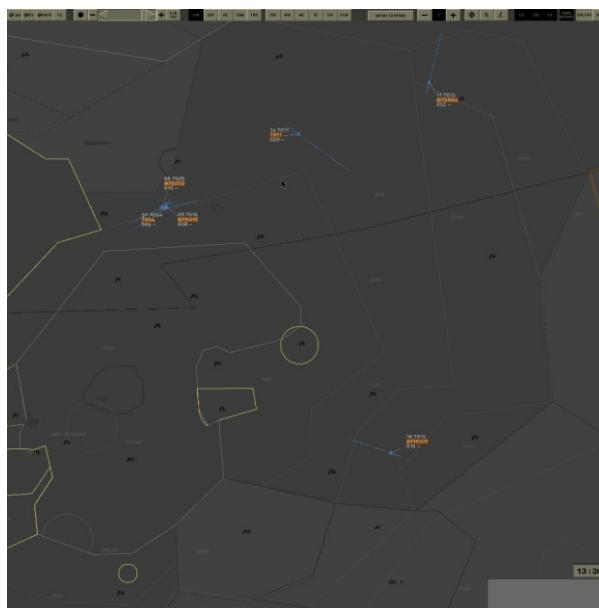


Figure 50 : situation ayant donné lieu à un renseignement de trafic par l'agent CIV n°1
(Source : DSNA)

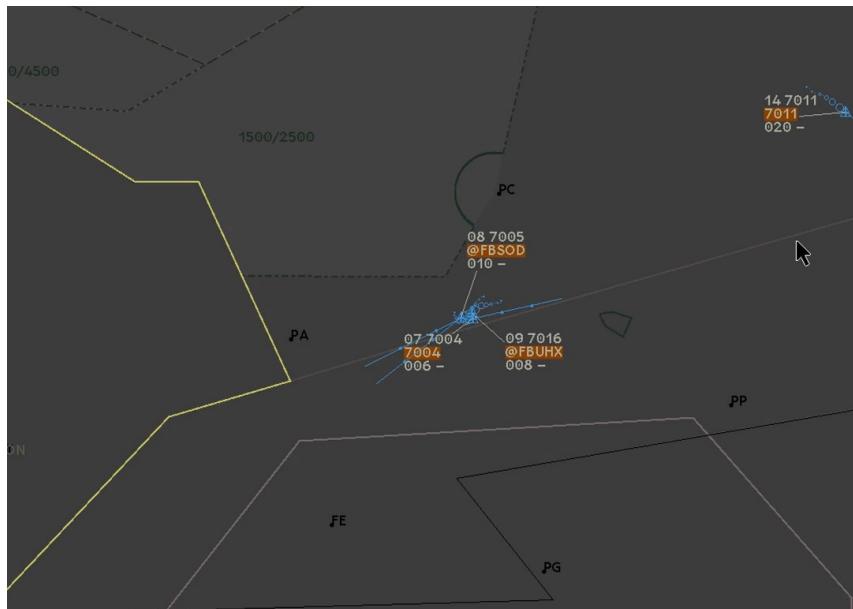


Figure 51 : détail de la Figure 50 (Source : DSNA)

L'agent CIV n°2 a également donné plusieurs renseignements sur le trafic à des aéronefs en contact avec le CIV Paris. La première (voir *Figure 52* et *Figure 53*) concernait un trafic en contact avec le CIV Paris (F-GGXY transpondant 7005) vis-à-vis d'un trafic non en contact (transpondant 7000).

Station émettrice	Station réceptrice	Heure	Communications
CIV Paris	F-GGXY	16 h 22 min 13	XY.
F-GGXY	CIV Paris	16 h 22 min 15	XY, oui ?
CIV Paris	F-GGXY	16 h 22 min 17	J'ai détection sur un trafic là à vos 11 heures, ça va croiser juste devant, même altitude.
F-GGXY	CIV Paris	16 h 22 min 23	XY, je vous entends pas.
CIV Paris	F-GGXY	16 h 22 min 25	XY, détection sur un trafic à 11 heures, opposé, même altitude.
F-GGXY	CIV Paris	16 h 22 min 31	XY, oui je vois. C'est bon, évité.

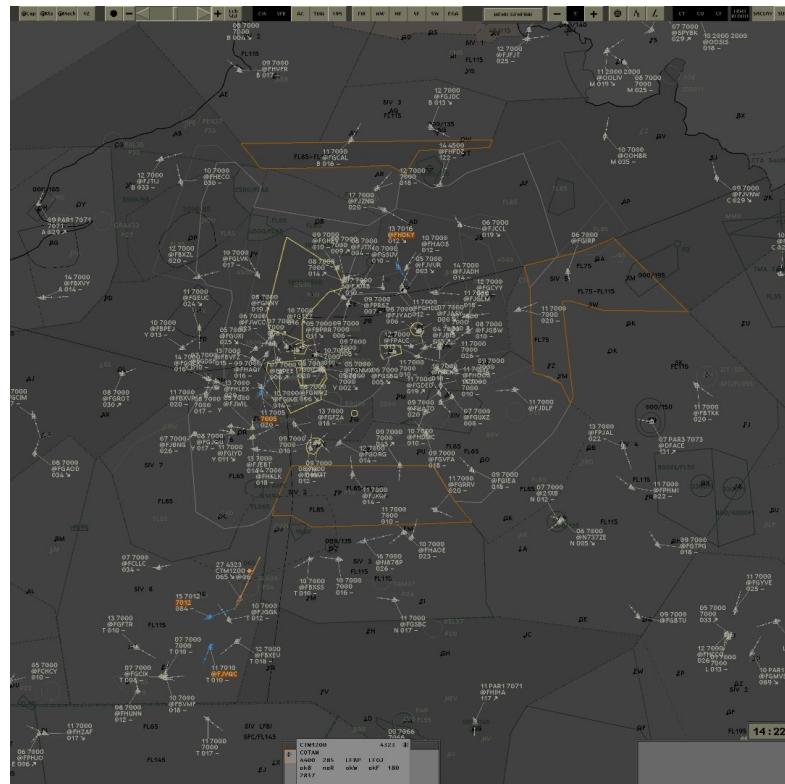


Figure 52 : première situation ayant donné lieu à un renseignement de trafic par l'agent CIV n°2



Figure 53 : détail de la Figure 52

Le deuxième renseignement de trafic fourni concernait deux aéronefs en contact avec le CIV Paris (F-HEBJ transpondant 7017 et F-GCHJ transpondant 7003, voir *Figure 54* et *Figure 55*).

Station émettrice	Station réceptrice	Heure	Communications
CIV Paris	F-HEJB	16 h 38 min 45	JB.
F-HEJB	CIV Paris	16 h 38 min 47	JB.
CIV Paris	F-HEJB	16 h 38 min 48	JB, pour votre info, à vos 11 heures, le F-HJ, un Cessna 152, de gauche vers droite, même altitude, pour moins d'un nautique.
F-HEJB	CIV Paris	16 h 38 min 58	Reçu JB, on ouvre l'œil, merci.
CIV Paris	F-GCHJ	16 h 39 min 05	HJ.
F-GCHJ	CIV Paris	16 h 39 min 07	HJ, j'écoute.
CIV Paris	F-GCHJ	16 h 39 min 08	HJ, pour votre information, à vos 1 heures, droite gauche, le F-JB, même altitude, moins d'un nautique, et c'est un P2002.
F-GCHJ	CIV Paris	16 h 39 min 18	On n'a pas visuel, mais on ouvre l'œil, HJ, merci.
F-HEJB	CIV Paris	16 h 39 min 21	J'ai visuel JB

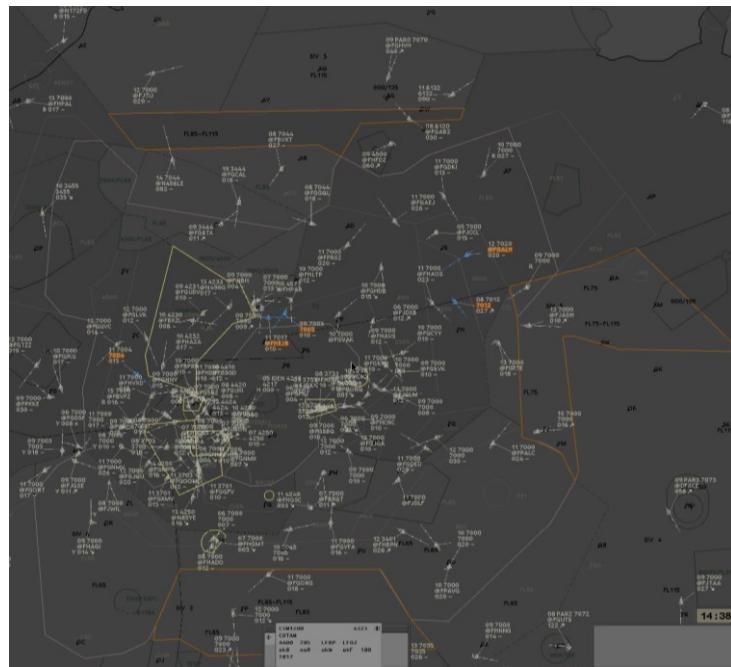


Figure 54 : seconde situation ayant donné lieu à un renseignement de trafic par l'agent CIV n°2
(Source : DSNA)



Figure 55 : détail de la Figure 54

Annexe 5 : Observations formulées par l'autorité d'enquête de sécurité d'Italie (ANSV) sur le projet de rapport final du BEA

Après la phase de consultation du projet de rapport final, l'ANSV a demandé, conformément aux dispositions de l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale (Annexe 13 de l'OACI), à ce que ses observations soient annexées.

Les observations de l'Italie et la suite donnée par le BEA à ces observations apparaissent dans le tableau ci-dessous.

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
SYNOPSIS	8	The pilot of 37AHH lost control of the microlight and activated the airframe parachute.	From our understanding it cannot be certainly declared that the pilot manually deployed the rescues system.	The pilot of 37AHH lost control of the microlight and the pilot, or the shock, caused the airframe parachute activation.	There crash loads and the after crash vibrations (due to propeller damage) could be assumed to be so heavy to activate the parachute as well	Comment accepted. The sentence was modified as follows: "The pilot of 37AHH lost control of the microlight and the airframe parachute was activated."
SYNOPSIS	8	The investigation also revealed that the airframe parachute system on the Pioneer 300 suffered failures under loads below the specifications given by the manufacturer and did not guarantee proper deployment of the device.	It has been found from both Alpi and Bea, that the cable assembly shows quite different performances ranging from higher to lower loads than the shock load at 472.5kg.	The investigation revealed that in some case the airframe parachute anchor cables had failure strength smaller than that prescribed for the deployment shock at 472.5kg and the applicable Vne (2320 daN). at the end of the chapter than, after "collisions": Alpi Aviation declares that, just after the mid-air collision promoted the installation of anti-collision devices in all planes sold, offering these devices at no profit to any new customer.	The fact that one of the anchor chords has been broken means that the cable failure strength has been reached, at least for this chord. This fact than, guarantee that a shock load above the chord failure strength has been achieved, somehow, during the deployment. Additionally it has not been possible to certainly determine the aircraft MTOW at the time of crash and this variable influence the shock.	Comment partially accepted In order to specify that the tests were not performed on 37AHH cables but on new cables provided by Alpi Aviation, the sentence was modified as follows: "The investigation also revealed that the metal cables holding the safety parachute, supplied by Alpi Aviation during the investigation suffered failures under loads below the specifications given by the manufacturer. This seems to show that the correct deployment of an airframe parachute installed on a Pioneer 300 is not guaranteed." With regard to the loads applied to the 37AHH cables during the accident flight, it was not possible to determine the rupture mode of the broken cable (we cannot be sure it was a tensile rupture, it could have been a sheared rupture). So it is not possible to ascertain that a shock load higher than the tensile breaking load (3,440 daN) was reached during the accident flight. Regarding the tests performed by the BEA with cables provided by Alpi Aviation, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grips under loads below the tensile breaking load (3,440 daN). The highest load measured during the tests on non-modified cables was 2,588 daN. The value of 2,902 daN was obtained with a cable modified with DGA-TA U-bolt grips and cable degreased. The report was corrected accordingly. We have also added in chapter 4 - Safety measures taken since the occurrence, the following sentence about the collision avoidance device offer: "Since the accident, Alpi Aviation promotes the installation of collision avoidance systems in all the aeroplanes that it sells by offering this system to its customers."
ORGANISATION DE L'ENQUETE	9	Italy also appointed technical advisers from Alpi Aviation, the microlight manufacturer.	We don't understand this sentence because Italy, as State, has not entitled formally any technical advisers in Alpi Aviation.		Not Applicable	Comment accepted. The sentence was modified as follows: "Technical advisers from Alpi Aviation, the microlight manufacturer, assisted the ANSV and the BEA during the investigation."

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
1.6.2	15	37AHH was equipped with a Magnum Lightspeed Softpack 501 airframe parachute manufactured by Junkers Profly, serial number 2440, installed as a standard feature on this microlight.	Adding ref. value for the parachute deployment shock load. It must be pointed out that if the parachute canopy maintenance was expired at the date of the accident, this could had impact on the deployment.	The 37AHH was equipped with an emergency parachute sold and certified in germany by the Junkers Profly GmbH and manufactured by the Magnum Doo , model Magnum 501, serial number 2440, date of manufacture on 25.03.2014, installed as a standard in France in this ULM. The certified shock load for the reference mass (472.5kg) and the applicable Vne (285km/h) is 2320 daN. It is worthy of note that the parachute canopy requires maintenance every 6 years, carried out by the manufacturer in order to renew the warranty. According to the information communicated to the BEA, the parachute had not been checked since it was fitted on the microlight. The maintenance carried out by the parachute manufacturer does not concern the connecting cables between the parachute and the airframe, which are under the responsibility of the microlight manufacturer."	The rescue system performance and the deployment performance could not be guaranteed if the system was out of maintenance	<p>Comment partially accepted.</p> <p>This paragraph was modified as follows: "37AHH was equipped with an airframe parachute sold and certified in Germany by Junkers Profly and manufactured by Stratus 07 s.r.o. The Magnum 501 model, serial number 2440, was installed as a standard feature on this microlight. The date of manufacture of the parachute is 25 March 2014. The parachute canopy requires maintenance every 6 years, carried out by the manufacturer in order to renew the warranty. According to the information communicated to the BEA, the parachute had not been checked since it was fitted on the microlight. The maintenance carried out by the parachute manufacturer does not concern the connecting cables between the parachute and the airframe, which are under the responsibility of the microlight manufacturer."</p> <p>We acknowledge that the condition of the parachute canopy can affect its correct deployment. That is why the BEA performed a thorough examination of the parachute recovered on the accident site. No damage or singularity, which could explain an incorrect deployment, was identified on the parachute. This is stated in chapter 1.12 of the report.</p>
1.6.2	15	At the time of the accident, the weight and balance of the microlight were within the envelope defined by the manufacturer.	The real aircraft MTOW before the accident could not be determinated but most probably the aircraft mass before crash was higer than the max limit of 472.5kg. Assuming that the aircraft empty mass was 306kg (reference fiches), estimating 80kg of pilot weight and 55kg of passenger and conservatively 60L of fuel, the MTOW could be assumed to be closed to 485kg or more if the pilot, passenger abd fuel weight was more than assumed or the aircraft configuration has been changed and therefore the empty weight modified.	While the 37AHH empty weight could be assumed to be 306kg (registered in the applicable registration Flches), the aircraft total mass before the crash was not determinated.		<p>Comment not accepted.</p> <p>This sentence is valid at the time of the accident. Indeed, the mid-air collision occurred about 1 h 25 min after take-off. If we assume that the fuel tank was full (72 L) at take-off (this is a conservative assumption as this quantity is twice the one needed for a flight of 2 h) and we take into account a fuel consumption of 18 L/h (consumption during cruise according to the engine manufacturer), it gives a maximum fuel quantity at the time of the accident of 46 L (about 35 kg). With a maximum empty weight of 306 kg, 80 kg for the pilot and 55 kg for the passenger, it gives a total weight of 476 kg, close to the MTOW of 472.5 kg. This result was obtained with a very conservative assumption regarding the full tank at take-off.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
1.12	22	The condition of the extraction rocket, the activation control and the parachute showed that the latter had been activated in flight by an occupant of the aircraft.	In case the pilot had the time of deciding to deploy the para before the accident, he was reasonably having the time of change the aircraft flight path and prevent the crash.	The condition of the extraction rocket, the activation control and the parachute showed that the latter had been activated in flight or by an occupant of the aircraft or by an external mechanical action and after the collision..	Not Applicable	<p>Comment partially accepted.</p> <p>The sentence was modified as follows: "The condition of the extraction rocket, the activation control and the parachute showed that the latter had been activated in flight."</p> <p>We agree that the parachute was activated after the mid-air collision but this information stems from witness statements (chapter 1.18.1 of the report), not from observations of the wreckage.</p>
1.16.1.2	24	The standard EN 13411-5+A1 (December 2008), "Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 5 : U-bolt wire rope grips" gives the parts list and the method of assembling the grip elements.	Some other EN standards exists as well as commercial standards derived from Clapms suppliers	The standard EN 13411-5+A1 (December 2008), "Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 5 : U-bolt wire rope grips" gives the parts list and the method of assembling the grip elements. Anyway additional standards also exists that define the clamp selection and their usage. Alpi Aviation used technical data available in suppliers catalogues.	See comment at line 10 below	<p>Comment partially accepted.</p> <p>This paragraph was modified as follows: "The microlight manufacturer and the technical documentation regarding the airframe parachute which the former supplied to the BEA did not mention any standard regarding the assembling of the grip elements. Consequently, the BEA used the standard EN 13411-5+A1 (December 2008), "Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 5 : U-bolt wire rope grips" as a reference. This standard gives the parts list and the method of assembling the grip elements."</p>
1.16.1.3	25	On the wreckage of 37AHH, the left cable attached to the engine mount had ruptured in line with its connection to the parachute. A U-bolt grip was found in the rupture zone. The cable's substantially degraded condition meant that it was not possible to determine the rupture mode of this cable.	If a cable has broken, its failure strength has been reached	On the wreckage of 37AHH, the left cable attached to the engine mount had ruptured in line with its connection to the parachute. A U-bolt grip was found in the rupture zone. The cable's substantially degraded condition meant that it was not possible to determine the rupture mode of this cable. This anyway means that the cable failure strength has been reached somehow during or after the deployment, at least for this anchor point and the related cable.	Not Applicable	<p>Comment not accepted.</p> <p>It was not possible to determine the rupture mode of the broken cable (we cannot be sure it was a tensile rupture, it could have been a sheared rupture). So it is not possible to ascertain that a shock load higher than the tensile breaking load (3,440 daN) was reached during the accident flight.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
1.16.1.4.1	27	Each cable was equipped with the U-bolt grips in position. On these cables, the fitting of each U-bolt grip bore on the dead end, i.e. in the opposite position to that specified and recommended in standard EN 13411-5. The U-bolt grips used are recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used.	1.16.1.4.1+D10	<p>Each cable was equipped with the U-bolt grips in position. On these cables, the fitting of each U-bolt grip bore on the dead end, i.e. in the opposite position to that specified and recommended in standard EN 13411-5. The U-bolt grips used are recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used.</p> <p>By the way the clamps used by the ULM manufacturer has been suggested/supplied by the cable supplier, based on the 6.4mm selected cable.</p>	<p>after internal investigations and cable assembly testing, Alpi realised that the clamps quality (geometrical and grip area shape) was frequently different supply by supply, even if with same P/N. We discovered that Formenti (cable supplier) is not the clamp OEM. We've been told from Formenti that Carcano is their supplier.</p> <p>Anyway some missalignment of data between Carcano (https://www.carcano.it/it/carfer/acessori-funi-e-catene-acciaio-e-acciaio-inox-acciaio/a156) and Formenti catalog was found. Apparently recent supplied clamps have measures in agreement with the Carano catalog but not with the Formenti one. It appears that Formenti did his own interpretation of tightening because this info is not provided by Carano in association with their clamps.</p> <p>Carcano is not specifying the clamps spacing nor tightening associated to the article A156 that Formenti was procuring from them.</p> <p>The tightening and number of clamps referenced in the Alpi documentation was derived from a supplier with experience in dealing with cable and clamps, Risp Srl, for the nominal 6mm cable. Also Risp Srl confirms that the nominal 6mm clamps was their choice for the 6.4mm cable.</p>	<p>Comment accepted.</p> <p>The following sentence has been added at the end of this paragraph: "The microlight manufacturer indicated that it used the U-bolt grip dimension recommended by its cable supplier."</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
1.16.1.4.2	29	The BEA noted that the U-bolt grips were obviously recommended for a cable diameter smaller than that of the cable used.	None of cable/clamps procured from our suppliers provide information for the specific cable diameter (6.4mm). Both have a 6mm and the 8mm clamp measures.	BEA observed that the clamp available by the Alpi cable supplier does not report the specific cable size (6.4mm) and therefore the supplier suggested the closest diameter (6mm) clamp measure that was finally used by Alpi.		<p>Comment accepted.</p> <p>We added the following clarification to the report: "The BEA noted that, according to the standard EN 13411-5+A1, the U-bolt grips were recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used."</p> <p>Also, the sentence added in chapter 1.16.1.4.1 to take into account the previous comment ("The microlight manufacturer indicated that it used the U-bolt grip dimension recommended by its cable supplier") explains how Alpi Aviation came to use smaller U-bolt grips than the one recommended by the standard EN 13411-5+A1.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
1.16.1.4.2	30	The table after the sentence "The results of these tests were: "	It appears that the cable strength is quite influenced by the load speed application	to be added just after the table.....: Analysing the data in the table it appears quite evident that the cable assembly strength capability deeply depends from the load application speed, apparently in a non linear manner. Higher load application speed shows higher cable strength than slower load application speeds. In case of parachute deployment the load application speed is extremely high (it is an impulse load). Alpi Aviation claims that this variable has not been sufficiently considered during the test campaign. Alpi Aviation also claims that this phenomena is connected to the presence or not of cable ends fraying phenomena, quite evident in the ULM accident cables but negligible in the cable ends tested.	There is evidence in the test carried on by BEA that the cable assembly performance is influenced by the load application speed. The maximum load application speed used is 3405mm/s, 3.405m/s, even if it looks an high speed, is always not comparable with the deployment shock load.	<p>Comment partially accepted.</p> <p>For the second test campaign, the actuator speed was increased at the request of Alpi Aviation in order to be more representative of the speed encountered during parachute deployment. Alpi Aviation did not provide any information with regard to the speed reached by cables during parachute deployment. Nevertheless, the test plan was shared and agreed by Alpi Aviation before the test campaign. As of today, the BEA does not have any factual information to contradict the content of the report. Through the recommendation addressed at the end of the report, Alpi Aviation is invited to provide any evidence which could help to prove that the current system could ensure correct parachute deployment.</p> <p>In order to provide this information in the report, we added the following sentence in chapter 1.16.1.4.2: "Compared to the first test campaign, the speed was increased in order to more closely represent the speed encountered on deployment of the parachute" with the following footnote: "The microlight manufacturer did not provide any information about the speed reached by the cables during the deployment of the parachute but it approved the speed range selected for the tests."</p> <p>We also added a sentence after the table about the influence of speed on the maximum tensile load measured: "Based on these results, it seems that the maximum tensile load measured when the dead end starts sliding increases with the speed of the actuator."</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
2.5	73	At the time of the mid-air collision, the 37AHH's airframe parachute was activated by a person on board. However, the parachute did not deploy correctly and, according to witnesses on the ground, the parachute was reported to have remained candled during the microlight's fall.	We think that the evidence availables (see also paragraph 1.18.1.1) does not permit to support this sentence. It cannot be determinated when and at which altitude and speed the parachute has been deployed.	At some point, after the mid air collision, the parachute has been deployed, probably by one of the person onboard. However the parachute failed to deploy properly as reported from ground witnesses, remaining candled during the aircraft dive after the crash. The deployment attitude, acceleration, or relative speed, may have affected the fact that the chute did not deployed properly. Additionally and from the deployment aspect point of view, it is useful to understand if the parachute, manufactured on 25.03.2014, at the date of the accidend had its scheduled maintenance active or expired. Alpi Aviation, based on the witnesses declaration and based on the cable damages, suggest that the candled parachute or some part of it, catch some obstacle at the ground just before the ground crash and this pulled and braked the constraint cable to the condition found. Additionally Alpi Aviation suggest that, if the canopy maintenance was expired at the date of the crash, this could had been one of the causes of the failed depoyemnt.	The witnessess declaration, within the fact that the parachuite has been found very closed to the aircraft debris, lead us to believe that the parachute catched something closed to the ground, just before the aircraft crash. This obstacle was than the load that pulled the cables and broked one of them.	<p>Comment partially accepted.</p> <p>In order to specify that the parachute was activated just after the mid-air collision and that we cannot be sure what caused the activation, the sentence was modified as follows: "Shortly after the mid-air collision, the 37AHH airframe parachute was activated."</p> <p>With regard to the scenario where the parachute caught on something close to the ground and that broke the cable, nothing was found on the accident site that could support this scenario.</p> <p>Regarding the maintenance aspect of the parachute, the information was added in chapter 1.6.2.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
2.5	73	These tensile tests therefore made it possible to reproduce the phenomenon observed on three cables of 37AHH.	We would like to point out that, in all the test carried on internally, when the cable assembly was slipping at high loads, comparable with that expected (above 2 Tons), the slipping was very energetic and abrupt and involved the cable end to be deeply fried, similarly to that found in the debris. On the opposite side, when the slipping was achieved with a small load, the cable ends were slightly fried.	These tests partially reproduced the cable ends failure shapes observed on 3 over 4 cables installed and damaged in the ULM 37AHH and was not able to reproduce the phenomena that broken the remaining cable nor the end cable fraying phenomena, quite evident in the ULM accident cables.		<p>Comment not accepted.</p> <p>The tensile tests performed by the BEA with the DGA TA did reproduce the phenomenon observed on three cables of 37AHH, and in particular the fraying phenomena was observed on several cables tested. One of them is shown in the report in Figure 21 of chapter 1.16.1.4.1.</p> <p>Regarding the tests carried out internally by Alpi Aviation, nothing was provided to the BEA despite numerous exchanges between Alpi Aviation and the BEA during the investigation. We did not receive any result or document about these tests. As a consequence, we cannot say anything about them in the report.</p>
2.5	73	During these tensile tests, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grip under variable loads, from 920 to 2,902 daN, i.e. 27 to 85% of the minimum breaking load indicated by the microlight manufacturer.	We think that the reference value for the calculation involved by this paragraph must be the deployment shock load and not the expected cable strength.	During the tensile tests carried on it has been found that the cable dead end slipped into the U-bolt grip at loads from 920 to 2902daN. The minimum shock load for the prescribed mass of 472.5kg and the aircraft VNE was supposed to be of 2320 daN. The tests then, demonstrated that the cable assemblies had strengths variable from 40% to 126% of minimum shock load expected by the parachute deployment.	The reference value for the calculation involved by this paragraph must be the deployment shock load and not the expected cable strength.	<p>Comment not accepted.</p> <p>Regarding the tests performed by the BEA with cables provided by Alpi Aviation, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grips under loads below the tensile breaking load (3,440 daN). The highest load measured during the tests on non-modified cables was 2,588 daN. The value of 2,902 daN was obtained with a cable modified with DGA-TA U-bolt grips and the cable degreased. The report was corrected accordingly.</p> <p>We disagree with the fact that the reference value for the comparison of the test results should be the estimated parachute deployment shock load (2,320 daN). We think it is more relevant to make the comparison with the maximum tensile breaking load (3,440 daN) specified by Alpi Aviation because it is not expected of the dead end of a cable to start sliding under any load (there is no specification for this failure mode of the cable). The cable should break before the dead end slides. Otherwise, as soon as the dead end starts sliding, it is no longer possible to control the link between the parachute and the airplane, and to know how the parachute will behave. And when the end loop is open, the consequence is the same as the one following a cable rupture.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
2.5	74	The BEA also observed by visual examination that the size of the U-bolt grips of the airframe parachute cables did not appear to be large enough to ensure correct assembly. The U-bolt grips used by Alpi Aviation are recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used.	Same of line 11	The BEA also observed by visual examination that the size of the U-bolt grips of the airframe parachute cables did not appear to be large enough to ensure correct assembly. The U-bolt grips used by Alpi Aviation are recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used. By the way the clamp available by the Alpi cable supplier does not report the specific cable size (6.4mm) and therefore the supplier suggested the closest diameter (6mm) clamp measure that was finally used by Alpi.	Same of line 11	<p>Comment accepted.</p> <p>We added the following clarification to the report: "The BEA also observed by visual examination that the size of the U-bolt grips of the airframe parachute cables did not appear to be large enough to ensure correct assembly in accordance with the standard NF EN 13411-5+A1 (December 2008)."</p> <p>Also, the sentence added in chapter 1.16.1.4.1 to take into account the previous comment ("The microlight manufacturer indicated that it used the U-bolt grip dimension recommended by its cable supplier") explains how Alpi Aviation came to use smaller U-bolt grips than the one recommended by the standard EN 13411-5+A1.</p>
2.5	74	The application of loads on the parachute/fuselage metal cables in excess of the maximum load specified by the parachute manufacturer, which may be the consequence of damage to the microlight during the in-flight collision;	We think that it cannot be excluded that the external loads that pulled the cabled parachute have been introduced by external obstacles during the dive to the ground crash.	The application of loads on the parachute/fuselage metal cables in excess of the maximum load specified by the parachute manufacturer, which may be the consequence of damage to the microlight during the in-flight collision or just before the ground crash;		<p>Comment partially accepted.</p> <p>It was not possible to determine the rupture mode of the broken cable (we cannot be sure it was a tensile rupture, it could have been a sheared rupture). So it is not possible to ascertain that an shock load higher than the tensile breaking load (3,440 daN) was reached during the accident flight.</p> <p>Also, the investigation was not able to conclude about the time when the rupture of the cable occurred. It could have been in flight after the mid-air collision or during the collision with the ground.</p> <p>For these reasons, we modified the report as follows: "the application of loads on the parachute-to-fuselage metal cables in excess of the maximum structural loads of the broken cable;"</p> <p>We also removed, in the second bullet in the report, the wording "subsequent" regarding the failure of the three other cables as it appears difficult to draw a sequence of failure events.</p> <p>With regard to the scenario where the parachute caught on something close to the ground and that broke the cable, nothing was found on the accident site that could support this scenario.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
2.5	74	These elements tend to show that the correct deployment of an airframe parachute installed on a Pioneer 300 is not guaranteed.	We think that the document is not demonstrating this fact but supports this conclusion but referred to the mid-air collision dynamic	That elements brings BEA to have some doubt about the fact that the parachute deployment in the P300 aircraft, can be 100% guaranteed.		<p>Comment not accepted.</p> <p>We do not say that a correct deployment of an airframe parachute installed on a Pioneer 300 is not possible. We conclude that it is not guaranteed based on the results of the tensile tests carried out, and in particular on the fact that the dead end of the cables systematically slid during these tests under loads below that specified by Alpi Aviation. This is an unexpected and unwanted behaviour for this type of assembly.</p>
3.1	75	Three of the four cables connecting the 37AHH airframe parachute to the structure of the microlight failed. This failure was replicated during two test campaigns conducted for the investigation at loads below the manufacturer's specifications.	Same of line 15	Three of the four cables connecting the 37AHH airframe parachute to the structure of the microlight failed. This failure was replicated during two test campaigns conducted for the investigation at loads ranging from 40% to 126% of the prescribed parachute shock load. Additionally the test have been done at a maximum load application speed of 3,405m/s that cannot be comparable with the deployment shock. The load application speed shown to be an important variable in comparison of the cable assembly strength. From BEA tests, higer load application speeds means higer cable assembly strength.	Same of line 15	<p>Comment not accepted.</p> <p>Regarding the tests performed by the BEA with cables provided by Alpi Aviation, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grips under loads below the tensile breaking load (3,440 daN). The highest load measured during the tests on non-modified cables was 2,588 daN. The value of 2,902 daN was obtained with a cable modified with DGA-TA U-bolt grips and cable degreased. The report was corrected accordingly.</p> <p>We disagree with the fact that the reference value for the comparison of the tests results should be the estimated parachute deployment shock load (2,320 daN). We think it is more relevant to make the comparison with the maximum tensile breaking load (3,440 daN) specified by Alpi Aviation because it is not expected of the dead end of a cable to start sliding under any load (there is no specification for this failure mode of the cable). The cable should break before the dead end slides. Otherwise, as soon as the dead end starts sliding, it is no longer possible to control the link between the parachute and the airplane, and to know how the parachute will behave. And when the end loop is open, the consequence is the same as the one following a cable rupture.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
5.1.1	80	The BEA therefore conducted an initial examination of four new cables supplied by the manufacturer of the Pioneer 300 in order to ensure that these cables were capable of withstanding the load of 3,440 daN before breakage, specified by the manufacturer.	Same of line 15	The BEA therefore conducted an initial examination of four new cables supplied by the manufacturer of the Pioneer 300 in order to ensure that these cables were able to support the parachute deployment shock of 2320 daN.	Same of line 15	<p>Comment not accepted.</p> <p>We confirm that the purpose of the first test campaign was to ensure that these cables were capable of withstanding the load of 3,440 daN before breakage, specified by the manufacturer.</p>
5.1.1	80	It was also noted that the U-bolt grips used were recommended for a smaller cable diameter than that of the cable used.	Same of line 12	BEA observed that the clamp available by the Alpi cable supplier does not report the specific cable size (6.4mm) and therefore the supplier suggested the closest diameter (6mm) clamp measure that was finally used by Alpi.		<p>Comment accepted.</p> <p>We added the following clarification to the report: "It was also noted that the U-bolt grips used were recommended by this standard for a smaller cable diameter than that of the cable used. This choice did not comply with the recommendations of the aforementioned standard. The microlight manufacturer indicated that it used the U-bolt grip size recommended by its cable supplier."</p>
5.1.1	80	These tests did not result in any cable breaking.	We would like to point out that the cable assembly was tested by Alpi Aviation when the design has been selected and with the U-bolt available at this time.	Despite Alpi declared that during its internal tensile tests it has been reached the cable failure load and/or a higher slip load than the required (2320 daN), the test carried out by BEA lead not to the cable brake load.		<p>Comment not accepted.</p> <p>Regarding the tests carried out internally by Alpi Aviation, nothing was provided to the BEA despite numerous exchanges between Alpi Aviation and the BEA during the investigation. We did not receive any result or document about these tests. As a consequence, we cannot say anything about them in the report.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
5.1.1	80	Due to the dead end slipping in the U-bolt grips for loads well under the maximum load, the strength of the cable at maximum load could not be tested.	Same of line 15	Due to the cable dead end slipping into the U-bolts grips at loads ranging from 40% to 126% of the prescribed parachute shock load, it was not possible to test the cable failure strength.	Same of line 15	<p>Comment not accepted.</p> <p>Regarding the tests performed by the BEA with cables provided by Alpi Aviation, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grips under loads below the tensile breaking load (3,440 daN). The highest load measured during the tests on non-modified cables was 2,588 daN. The value of 2,902 daN was obtained with a cable modified with DGA-TA U-bolt grips and cable degreased. The report was corrected accordingly.</p> <p>We disagree with the fact that the reference value for the comparison of the tests results should be the estimated parachute deployment shock load (2,320 daN). We think it is more relevant to make the comparison with the maximum tensile breaking load (3,440 daN) specified by Alpi Aviation because it is not expected of the dead end of a cable to start sliding under any load (there is no specification for this failure mode of the cable). The cable should break before the dead end slides. Otherwise, as soon as the dead end starts sliding, it is no longer possible to control the link between the parachute and the airplane, and to know how the parachute will behave. And when the end loop is open, the consequence is the same as the one following a cable rupture.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
5.1.1	80	It was noted that the dead end slipped in the U-bolt grip under variable loads, from 1,296 to 2,902 daN, i.e. 38 to 85% of the minimum breaking load indicated by Alpi Aviation.	Same of line 15	It was noted that the dead end slipped in the U-bolt grip under variable loads from 1.296N to 2.902N, that is to say from 56% to 126% of prescribed deployment shock load.	Same of line 15	<p>Comment not accepted.</p> <p>Regarding the tests performed by the BEA with cables provided by Alpi Aviation, it was noted that the dead end slipped in the U-bolt grips under loads lower than the tensile breaking load (3,440 daN). The highest load measured during the tests on non-modified cables was 2,588 daN. The value of 2,902 daN was obtained with a cable modified with DGA-TA U-bolt grips and cable degreased. The report was corrected accordingly.</p> <p>We disagree with the fact that the reference value for the comparison of the tests results should be the estimated parachute deployment shock load (2,320 daN). We think it is more relevant to make the comparison with the maximum tensile breaking load (3,440 daN) specified by Alpi Aviation because it is not expected of the dead end of a cable to start sliding under any load (there is no specification for this failure mode of the cable). The cable should break before the dead end slides. Otherwise, as soon as the dead end starts sliding, it is no longer possible to control the link between the parachute and the airplane, and to know how the parachute will behave. And when the end loop is open, the consequence is the same as the one following a cable rupture.</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
5.1.1	80	These two tensile test campaigns therefore made it possible to reproduce the phenomenon observed on three cables of the microlight involved in the accident	Same of line 12 and 15	These two tensile test campaign permitted to reproduce the cable assembly failure observed in the damaged ULM, with the exemption of the cable end fraying phenomena that Alpi observed in its internal tests where the slipping took place at loads higher than that shown during the BEA tests. Additionally, it appears from the BEA tests, that the load application speeds strongly affects the cable assembly strength.	Same of line 12 and 15	<p>Comment partially accepted.</p> <p>The tensile tests performed by the BEA with the DGA TA did reproduce the phenomenon observed on three cables of 37AHH, and in particular the fraying phenomena was observed on several cables tested. One of them is shown in the report in Figure 21 chapter 1.16.1.4.1.</p> <p>Regarding the tests carried out internally by Alpi Aviation, nothing was provided to the BEA despite numerous exchanges between Alpi Aviation and the BEA during the investigation. We did not receive any result nor document about these tests. As a consequence, we cannot say anything about them in the report.</p> <p>We also added a sentence in this paragraph about the influence of speed on the maximum tensile load measured: "These two tensile test campaigns therefore made it possible to reproduce the phenomenon observed on three cables of the microlight involved in the accident. Based on the results obtained, it also seems that the maximum tensile load measured when the dead end starts sliding increases with the speed of the actuator."</p>

Section	Page	Extrait	Commentaires	Proposition de modifications	Justification	Suites données par le BEA
5.1.1	81	Whereas the tensile tests carried out on new cables supplied by the manufacturer systematically reproduced this failure at loads well below the specifications, making it impossible to guarantee correct deployment of the parachute;	Same of line 12 and 15	Whereas the tensile tests carried out on new cables supplied by the manufacturer made it possible to partially reproduce the failure behavior discovered in the ULM cables at loads from 56% to 126% of prescribed deployment shock load, making it not possible to guarantee to withstand the deployment shock load. By the way Alpi Aviation declares that he has tracking of two successful parachute deployments with planes equipped with steel cables and U-bolts: one in Italy, April 2011 (1 fatal, 1 injury) in a Pioneer 300 and one in France, 2015 (no injury) in a Pioneer 200;	Same of line 12 and 15	<p>Comment not accepted.</p> <p>We do not say that a correct deployment of an airframe parachute installed on a Pioneer 300 is not possible. We conclude that it is not guaranteed based on the results of the tensile tests carried out, and in particular on the fact that the dead end of the cables systematically slid during these tests under loads below that specified by Alpi Aviation. This is an unexpected and unwanted behaviour for this type of assembly.</p> <p>We disagree with the fact that the reference value for the comparison of the tests results should be the estimated parachute deployment shock load (2,320 daN). We think it is more relevant to make the comparison with the maximum tensile breaking load (3,440 daN) specified by Alpi Aviation because it is not expected of the dead end of a cable to start sliding under any load (there is no specification for this failure mode of the cable). The cable should break before the dead end slides. Otherwise, as soon as the dead end starts sliding, it is no longer possible to control the link between the parachute and the airplane, and to know how the parachute will behave. And when the end loop is open, the consequence is the same as the one following a cable rupture.</p> <p>The fact that, according to Alpi Aviation, two events led to successful parachute deployments does not prove that the correct deployment of the parachute can be guaranteed, for all the reasons specified above.</p>