

Rapport

Accident survenu le 1^{er} août 2013
sur l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse (36)
aux avions Mudry Cap 21 immatriculé F-GLOT
et Mudry Cap 10 immatriculé F-GUMI
exploités par l'aéroclub Marcel Dassault Voltige



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

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

Les enquêtes de sécurité

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

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

Annule et remplace le rapport publié le 28 janvier 2016

Le présent rapport précise la trajectoire d'intégration du Cap 10, en retour de sa zone de voltige vers la piste d'Argenton-sur-Creuse, à partir d'observations du pilote du Cap 10 et d'une analyse complémentaire de la vidéo enregistrée à bord du Cap 21.

Table des matières

LES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ	2
SYNOPSIS	5
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	5
1.1 Déroulement du vol	5
1.2 Tués et blessés	6
1.3 Dommages à l'aéronef	6
1.4 Autres dommages	6
1.5 Renseignements sur le personnel	7
1.5.1 Pilote du Cap 21 F-GLOT	7
1.5.2 Pilote instructeur du Cap 10 F-GUMI	7
1.5.3 Pilote en instruction à bord du Cap 10 F-GUMI	8
1.6 Renseignements sur les aéronefs	8
1.6.1 Le Cap 21 F-GLOT	8
1.6.2 Le Cap 10 F-GUMI	9
1.7 Renseignements météorologiques	9
1.8 Aides à la navigation	10
1.9 Télécommunications	10
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	10
1.10.1 Généralités	10
1.10.2 Utilisation de l'aérodrome durant l'été	11
1.10.3 Zones de voltige à proximité de l'aérodrome	11
1.11 Enregistreurs de bord	12
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	12
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	13
1.14 Incendie	13
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	13
1.16 Essais et recherches	14
1.16.1 Analyse de la vidéo de l'accident	14
1.16.2 Informations supplémentaires extraites des vidéos des vols précédents du pilote du Cap 21	20
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	21
1.17.1 L'aéroclub Marcel Dassault Voltige	21
1.17.2 Organisation du stage annuel de voltige	21
1.17.3 Aspects réglementaires en vigueur au moment de l'accident	22

1.18 Renseignements supplémentaires	23
1.18.1 Témoignages	23
1.18.2 Evénement antérieur	26
1.18.3 Collisions en vol	26
1.18.4 Aspects réglementaires	27
1.18.5 Exemple de mise en application du système de gestion de la sécurité	28
1.18.6 Action entreprise par l'aéroclub Marcel Dassault Voltige après l'accident	30
2 - ANALYSE	30
2.1 Scénario de l'accident	30
2.1.1 Evolutions du pilote du Cap 21 à faible hauteur en dehors de la zone de voltige définie	30
2.1.2 Circonstances de la collision	31
2.2 Défaillance de la règle « voir et éviter »	32
2.3 Aspects organisationnels	33
3 - CONCLUSION	35
3.1 Faits établis par l'enquête	35
3.2 Causes de l'accident	35
4 - RECOMMANDATION DE SECURITE	36
ANNEXES	37

Synopsis

Collision en vol en circuit d'aérodrome

Aéronef	1. Avion Cap 21 immatriculé F-GLOT 2. Avion Cap 10 immatriculé F-GUMI
Date et heure	1 ^{er} août 2013 vers 10 h 00 ⁽¹⁾
Exploitant	Club
Lieu	Aérodrome d'Argenton-sur-Creuse (36)
Nature des vols	Aviation générale 1. Séance de voltige 2. Séance de voltige en instruction
Personnes à bord	1. Pilote 2. Instructeur et élève pilote
Conséquences et dommages	1. Pilote décédé, avion détruit 2. Avion endommagé

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

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Note : le déroulement du vol établi ci-dessous est fondé sur les témoignages des pilotes du Cap 10 immatriculé F-GUMI et l'analyse de la vidéo enregistrée dans la caméra embarquée à bord du Cap 21 immatriculé F-GLOT.

L'instructeur et son élève décollent à bord du Cap 10 immatriculé F-GUMI vers 9 h 40 pour une séance d'instruction à la voltige élémentaire dans la zone de voltige située à deux kilomètres à l'est-nord-est de l'aérodrome (axe de voltige de la Bouesse).

Le pilote du Cap 21 immatriculé F-GLOT décolle vers 09 h 58 pour une séance de voltige à la verticale de l'aérodrome.

L'instructeur et son élève expliquent qu'à l'issue de leur séance de voltige, ils s'annoncent sur la fréquence d'auto-information (123,5 MHz) en intégration pour le début de vent arrière main gauche de la piste 22 non revêtue.

L'analyse de la vidéo montre le Cap 10 en courte finale pour la piste 22, à grande vitesse, et le Cap 21 sur une trajectoire parallèle derrière et un peu plus haut. Le pilote du Cap 10 débute un virage à gauche en montée peu avant le seuil 22. A environ 130 mètres (420 ft AAL)⁽²⁾, le Cap 10 et le Cap 21 entrent en collision.

Les pilotes du Cap 10 expliquent qu'ils ressentent un choc et s'aperçoivent de la perte du demi-plan gauche de la profondeur. L'instructeur effectue un circuit adapté et atterrit sur la piste.

⁽²⁾Above Aerodrome Level : hauteur entre l'avion et l'aérodrome.

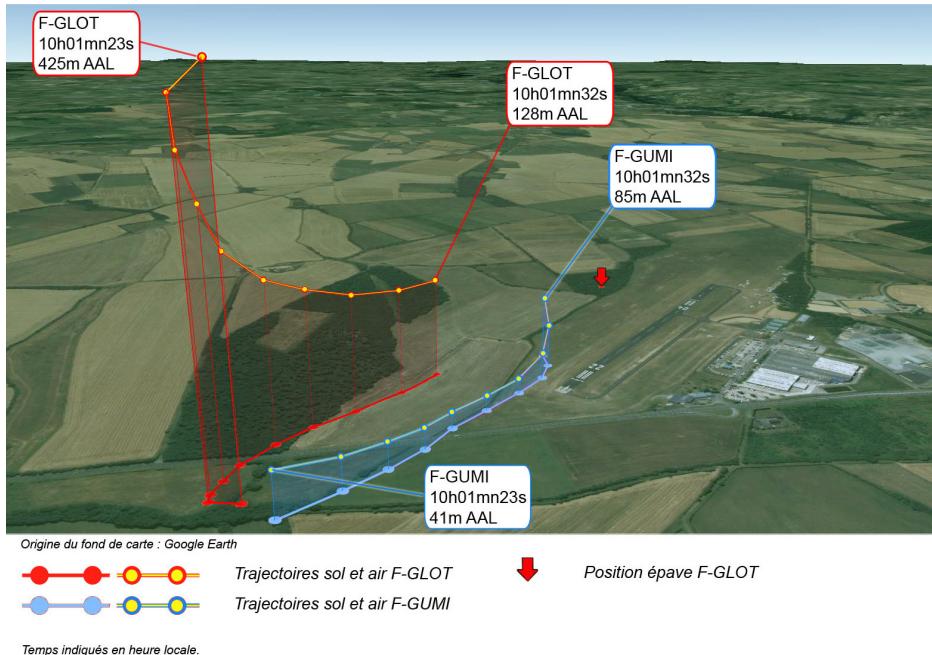


Figure 1 - trajectoires sol et air du CAP 21 - F-GLOT et du CAP 10 - F-GUMI

1.2 Tués et blessés

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

F-GUMI	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/Aucune
Membres d'équipage	-	-	2
Passagers	-	-	-
Autres personnes	-	-	-

1.3 Dommages à l'aéronef

Le Cap 21 est détruit. Le plan fixe gauche, la gouverne de profondeur gauche et la dérive du Cap 10 sont endommagés.

1.4 Autres dommages

Sans objet.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote du Cap 21 F-GLOT

Homme, 42 ans.

Il était ingénieur navigant d'essais en vol à la Direction Générale de l'Armement/Essais en Vol (DGA/EV).

Titres aéronautiques :

- licence de pilote professionnel avion CPL (A) délivrée le 16 juin 2008 par conversion d'une licence A81 (PP délivrée le 8 juillet 1997) en licence FCL ;
- licence de pilote privé avion FCL(A) délivrée le 16 juin 2007 par conversion d'une licence A81 (TT délivrée le 15 novembre 1994) en licence FCL ;
- licence de pilote privé hélicoptère PPL (H) délivrée le 15 décembre 2000 ;
- qualification IR avion multimoteur valide jusqu'au 31 janvier 2014 ;
- qualification MEP terrestre valide jusqu'au 31 janvier 2014 ;
- qualification SEP terrestre valide jusqu'au 28 février 2014 ;
- qualification vol de nuit (avion) délivrée le 22 mai 2008 ;
- pratique de la voltige élémentaire délivrée le 21 juillet 2001 ;
- pratique de la voltige avancée délivrée le 28 juillet 2005 ;
- qualification montagne « roues » délivrée le 22 mai 2008 ;
- qualification montagne « ski » délivrée le 22 mai 2008.

Certificat d'aptitude médicale de classe 1 valide jusqu'au 31 janvier 2014.

Expérience :

- totale : 1 940 heures de vol dont 770 en qualité de commandant de bord ;
- sur type : 11 heures de vol ;
- dans les trois derniers mois : 24 heures de vol dont 18 en qualité de commandant de bord ;
- dans les sept derniers jours : environ trois heures de vol.

Depuis 1997, le pilote participait chaque été au stage de voltige organisé par l'aéroclub Marcel Dassault Voltige sur l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse. La quasi-totalité de ses heures de vol de voltige a été réalisée lors de ces stages. Il totalisait 130 heures de voltige sur Cap 10, 26 heures sur Cap 20 et 11 heures sur Cap 21.

Son carnet de vol mentionne deux séances d'entraînement au « *peel-off* »⁽³⁾ effectuées en août 2010 sur l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse.

Lors du stage de 2013, le carnet de route du pilote mentionne un début des vols le 21 juillet. Entre cette date et le 1^{er} août, le jour de l'accident, le pilote avait réalisé 18 vols sur les Cap 10, 20 et 21. Il totalisait environ cinq heures de vol sur cette période.

1.5.2 Pilote instructeur du Cap 10 F-GUMI

Homme, 67 ans, chef pilote de l'aéroclub Marcel Dassault Voltige.

⁽³⁾ La manœuvre du « *peel-off* » consiste à survoler le seuil de piste à très faible hauteur, grande vitesse, et effectuer un virage en montant très cabré et à fort taux de virage, vers la branche « *vent arrière* », puis, dès que possible, rejoindre le point d'atterrissement, en descente et en virage constant, jusqu'à l'arrondi. Il n'existe pas de seuils de vitesse, d'angle de roulis et d'assiette définissant un « *peel-off* ».

Titres aéronautiques :

- licence de pilote privé avion PPL (A) délivrée le 6 janvier 2004 par conversion d'une licence A81 (TT délivrée le 28 septembre 1976) en licence FCL ;
- licence A81 pilote de planeur VV délivrée le 2 février 1984 ;
- qualification instructeur FI-A délivrée le 10 décembre 2007 valide jusqu'au 31 décembre 2014 par conversion d'une qualification instructeur A81 délivrée le 9 juillet 1997 ;
- qualification SEP terrestre valide jusqu'au 31 décembre 2014 ;
- qualification vol de nuit (avion) délivrée le 9 mars 1978 ;
- qualification remorquage planeur délivrée le 28 décembre 2012 ;
- pratique de la voltige élémentaire délivrée le 14 août 1987 ;
- pratique de la voltige avancée délivrée le 6 mai 1990.

Certificat d'aptitude médicale de classe 2 valide jusqu'au 31 décembre 2014.

Expérience :

- totale : 11 836 heures de vol ;
- sur type : 2 200 heures de vol ;
- dans les trois derniers mois: 191 heures de vol toutes en qualité de commandant de bord.

Au moment de l'accident, le pilote totalisait 2 326 heures de vol voltige.

1.5.3 Pilote en instruction à bord du Cap 10 F-GUMI

Homme, 19 ans.

Titres aéronautiques :

- licence de pilote privé avion PPL (A) délivrée le 2 août 2011 ;
- licence A81 pilote de planeur VV délivrée le 5 août 2010 ;
- qualification SEP terrestre valide jusqu'au 31 août 2015.

Certificat d'aptitude médicale de classe 2 valide jusqu'au 30 juin 2014.

Expérience :

- totale : 183 heures de vol dont 127 heures de vol en qualité de commandant de bord ;
- sur type : 11 heures de vol ;
- dans les trois derniers mois : 66 heures de vol dont 53 en qualité de commandant de bord ;
- dans les sept derniers jours : sept heures de vol.

Il participait au stage de voltige organisé à Argenton-sur-Creuse pour la première fois.

1.6 Renseignements sur les aéronefs

1.6.1 Le Cap 21 F-GLOT

Le Cap 21 est un avion monoplace de voltige à aile basse et train d'atterrissement classique. Il est équipé d'un moteur Lycoming AE10-360-A1B délivrant 200 ch.

Le manuel de vol fournit les informations suivantes sur les vitesses d'évolutions en catégorie A (toutes les figures acrobatiques sont autorisées dans les limites d'emploi énoncées dans le manuel de vol).

Vitesses (km/h)	Cat A
Vne vitesse à ne jamais dépasser	372
Vno vitesse maximale de croisière	300
Va vitesse de manoeuvre	270
Vso vitesse de décrochage	85

Le Cap 21, numéro de série 6, détenait un certificat de navigabilité en état de validité. La documentation de maintenance indique que l'avion était entretenu conformément aux préconisations du constructeur.

1.6.2 Le Cap 10 F-GUMI

Le Cap 10 est un avion biplace école à aile basse et train d'atterrissement classique. Il est équipé d'un moteur Lycoming IO 360 B2F délivrant 182 ch.

Le manuel de vol fournit les informations suivantes sur les vitesses d'évolutions en catégorie A (Toutes les figures acrobatiques sont autorisées dans les limites d'emploi énoncées dans le manuel de vol).

Vitesses (km/h)	Cat A
Vne vitesse à ne jamais dépasser	340
Vno vitesse maximale de croisière	300
Va vitesse de manoeuvre	235
Vfe vitesse limite volets sortis	160
Vso vitesse de décrochage, volets sortis	85

Le manuel de vol recommande une vitesse d'approche de 150 km/h sans volet et de 120 km/h avec les volets positionnés à 40° (2 crans).

Le Cap 10, numéro de série 126, détenait un certificat de navigabilité en état de validité. La documentation de maintenance indique que l'avion était entretenu conformément aux préconisations du constructeur.

1.7 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques étaient les suivantes (METAR de 10 h 00 de Châteauroux Déol situé à 17 NM de l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse) : vent variable compris entre le 100° et 220° pour 3 kt, CAVOK, température 27 °C, température du point de rosée 16 °C, QNH 1013 hPa.

Un témoin au sol précise qu'il estime le vent du 150° pour 10 kt au moment de la collision.

Au moment de l'accident la position du soleil était la suivante :

- azimut de 99°25 par rapport au Nord ;
- élévation de 33°35 par rapport à l'horizon.

Au moment de la collision, le soleil se situait derrière et sur la gauche du Cap 21 pour un observateur à bord du Cap 10. Lors du virage à gauche en montée du Cap 10, il est possible que le soleil ait pu éblouir l'équipage et le gêner dans sa détection du Cap 21.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

L'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse est un aérodrome en auto-information. Les communications effectuées sur la fréquence 123,5 MHz ne sont pas enregistrées.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

L'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse est un aérodrome non contrôlé ouvert à la CAP. Le contact radio n'est pas obligatoire hors consigne particulière. L'aérodrome dispose de deux pistes :

- une piste 04/22 revêtue de 630 x 18 m ;
- une piste 04/22 non revêtue de 830 x 65 m.



Figure 2 : extrait de la carte VAC de l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse

Le circuit d'aérodrome publié de la piste 22 non revêtue s'effectue main gauche à une altitude de 1 700 ft AMSL (1000 ft AAL ou 300 mètres).

1.10.2 Utilisation de l'aérodrome durant l'été

En été, des stages de vol à voile et de voltige sont organisés sur l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse. Jusqu'en 2009, la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile Ouest (DSAC Ouest) édait des consignes locales temporaires (*Annexe I : consigne locale temporaire n° 02/09/EG*) sur l'utilisation de l'aérodrome lors des deux mois d'été afin d'organiser la cohabitation des stages de voltige et de vol à voile.

Depuis 2010, la DSAC Ouest considère qu'elle n'a plus à se substituer au gestionnaire de l'aérodrome concernant l'organisation des activités sur l'aérodrome. Le gestionnaire de l'aérodrome est le président de l'aéroclub ULM36. Ce dernier explique qu'il reprend les mêmes consignes et les affiche sur la porte du local de l'aéroclub ULM.

Elles comprennent notamment :

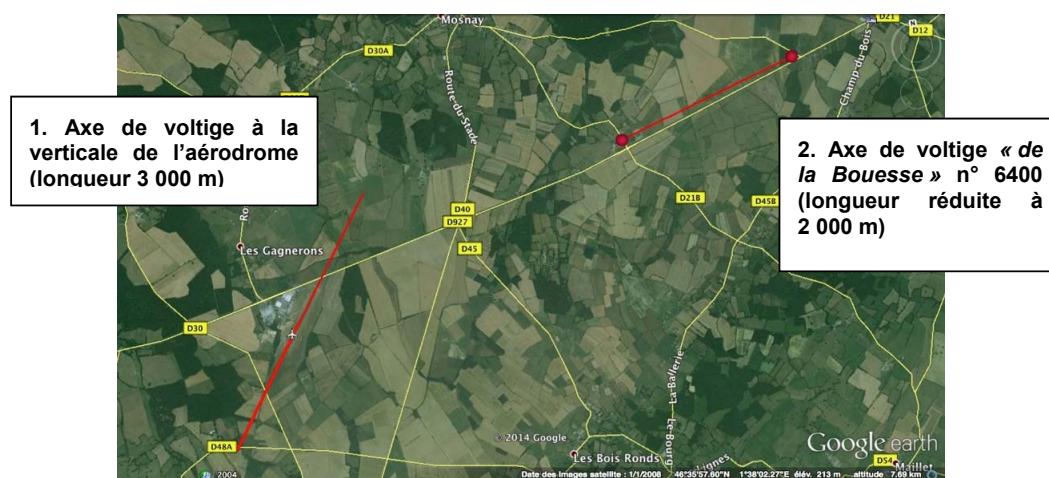
- l'obligation de l'usage de la radio sur la fréquence 123,5 MHz ;
 - la création d'un second axe de voltige.

Ces informations font également l'objet de la publication de NOTAM.

Il est également mentionné que les responsables des associations de voltige et de vol à voile s'assurent de la bonne application de ces consignes par leurs membres.

1.10.3 Zones de voltige à proximité de l'aérodrome

Lors du stage de voltige en été, un second axe de voltige à la verticale de l'aérodrome est créé temporairement et la longueur de l'axe permanent est réduite de 4 000 à 2 000 mètres.



Figures 3 : zones de voltige utilisées lors du stage

1. Axe de voltige temporaire à la verticale de l'aérodrome :

- Axe réservé aux pilotes d'aéronefs équipés de radio autorisés par la DSAC Ouest. Les pilotes qui participent au stage organisé par l'aéroclub Marcel Dassault Voltige sont considérés comme des pilotes autorisés.
 - Dates et horaires : du 13 juillet au 17 août 2013 de 06 h 00 UTC au coucher du soleil.

- Longueur 3 000 mètres, axé sur la piste 04/22 revêtue et centré sur l'ARP de l'aérodrome.
- La largeur n'est pas définie, mais aucune évolution ne doit être pratiquée au-delà du hameau des Cédelles à l'est-sud-est de l'aérodrome (environ 750 mètres de l'axe de la piste 04/22 revêtue).
- Plancher : 1 650 ft AAL (2200 AMSL) soit une hauteur d'environ 450 mètres, plafond FL55.

2. Axe de voltige permanent (N° 6 400) situé sur la route D927. Cet axe orienté SW/NE mesure 4 000 mètres entre les points 46°36'18»N 001°37'30»E et 46°36'48»N 001°40'24»E. Son plancher est à 2 500 ft AMSL et son plafond à 4 000 ft AMSL.

1.11 Enregistreurs de bord

Les aéronefs n'étaient pas équipés d'enregistreurs de bord, la réglementation ne l'impose pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Examens du Cap 21 et du Cap 10

L'examen de l'épave du Cap 21 n'a pas révélé d'anomalie technique susceptible de conduire à une perte de contrôle avant la collision. Tous les endommagements observés sont consécutifs à la collision et à l'impact avec le sol. L'examen de la verrière du Cap 21 indique que le pilote n'a pas essayé d'évacuer l'avion.

Les traces de la collision observées sur le Cap 10 sont uniquement localisées sur l'arrière du flanc gauche. Le plan horizontal est sectionné à une vingtaine de centimètres du carénage du pied de dérive.



Figure 4 : endommagements du plan arrière du Cap 10 F-GUMI

Les angles des ruptures définissent les positions relatives entre le plan de la voilure du Cap 21 et le plan horizontal du Cap 10. En supposant que le Cap 21 soit en palier avec les ailes à plat, le Cap 10 serait alors en légère montée (10 à 15°), en virage à grande inclinaison (entre 45 et 90°) selon une trajectoire pratiquement perpendiculaire au Cap 21.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

L'autopsie pratiquée sur le corps du pilote du CAP 21 n'a pas mis en évidence d'élément susceptible d'expliquer l'accident.

Des prélèvements ont été réalisés sur le pilote instructeur du Cap 10. Aucune substance susceptible d'altérer ses capacités n'a été mise en évidence lors de leur analyse.

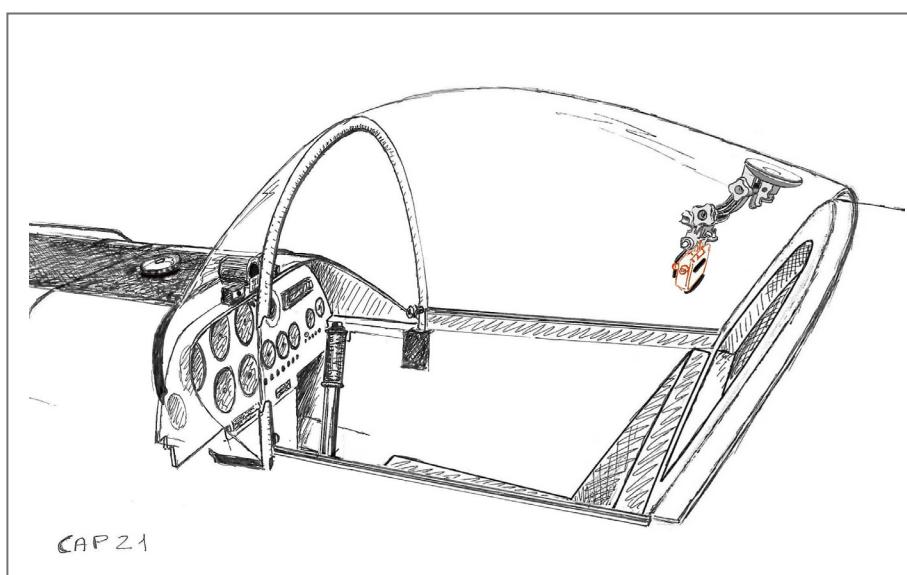
1.14 Incendie

Aucun.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

La faible hauteur, d'environ 130 mètres AAL, des avions au moment de la collision n'a pas permis au pilote du Cap 21 d'évacuer son aéronef. L'énergie lors de la collision avec le sol ne permettait pas à l'occupant de l'avion de survivre à l'impact.

Le pilote du Cap 21 possédait une caméra dont les enregistrements ont pu être exploités par le BEA. La caméra était fixée tête en bas, à l'arrière de la verrière, à l'aide d'une ventouse.



(Source : BEA)

Figure 5 : positionnement de la caméra dans le Cap 21 F-GLOT

L'une des vidéos des vols précédents montre que le pilote, alors au roulage vers le parking, a essayé d'ouvrir la verrière et de la faire coulisser vers l'arrière plusieurs fois sans succès car son coulissement était bloqué par le bras de la caméra.

Des essais ont montré que le positionnement de la caméra telle que l'avait placée le pilote avec un bras ventouse derrière sa tête pouvait compromettre le bon coulissement de la verrière vers l'arrière. Une évacuation d'urgence pouvait donc être compromise.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Analyse de la vidéo de l'accident

L'enregistrement vidéo du vol de l'accident s'interrompt peu avant la collision avec le Cap 10, les dernières secondes de la vidéo n'ont pas été sauvegardées sur la carte mémoire amovible de la caméra⁽⁴⁾.

L'analyse spectrale de l'enregistrement vidéo de ce dernier indique que le moteur a fonctionné normalement lors de toutes les phases de vol.

Les réglages de la caméra étaient les suivants :

- image inversée ;
- prise de vue vidéo à une cadence de 30 images/s ;
- définition HD 1920 par 1080 pixels ;
- angle de champ réglé sur Wide (Grand angle).

L'enregistrement débute lorsque le Cap 21 est positionné au point d'arrêt de la piste 22 revêtue. Le pilote effectue des vérifications avant décollage. Il porte un ensemble casque micro et semble parler sur la fréquence radio avant de s'aligner sur la piste 22 revêtue.

L'enregistrement vidéo et l'endommagement de la radio n'ont pas permis de déterminer la fréquence sélectionnée par le pilote. Néanmoins, le volume sonore était tout au long du vol sur une position intermédiaire.

⁽⁴⁾La caméra installée à bord de l'aéronef enregistre les données vidéo sur une carte micro-SD amovible. Cet enregistrement s'effectue par le transfert depuis une mémoire temporaire interne à la caméra vers la carte SD amovible. Lors d'un arrêt brutal de la caméra, les dernières secondes précédant cet arrêt ne peuvent pas être transférées et sont perdues.

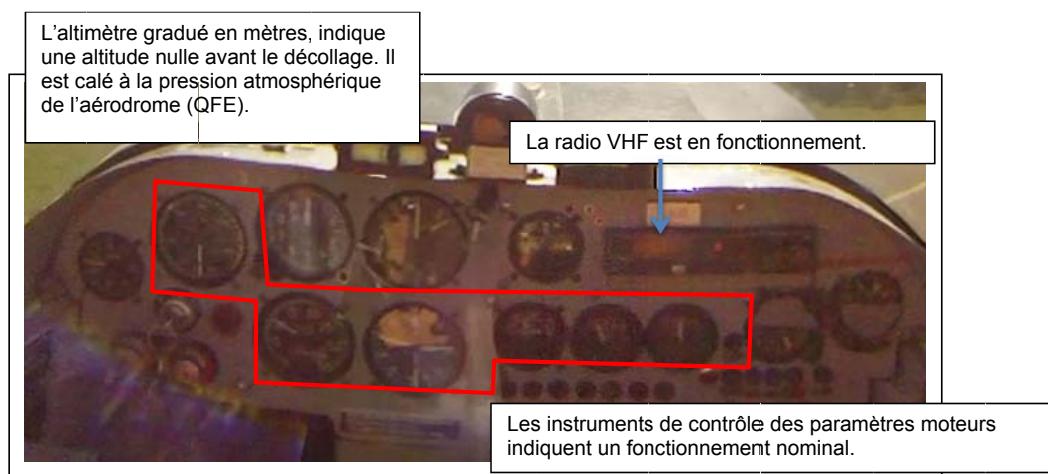


Figure 6 : photomontage réalisé à partir de plusieurs images du Cap 21 au point d'arrêt

1.16.1.1 Perception du pilote du Cap 21

L'analyse de la vidéo a permis de déterminer que les yeux du pilote se trouvaient de 25 à 30 cm en avant de la caméra.

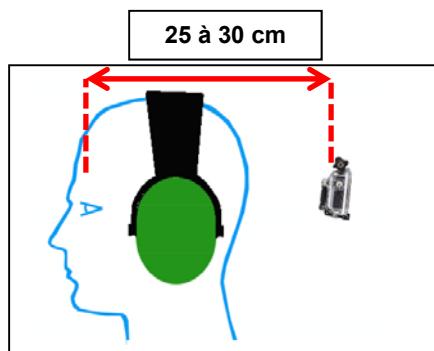


Figure 7 : position de la caméra

Les images ci-après (1.16.1.2) représentent la superposition du contour de l'arceau de la verrière (en pointillé rouge) sur les images de la vidéo de l'accident. Cette superposition permet de reconstituer la vision du pilote du Cap 21 et les angles morts créés par le montant de la verrière (*Annexe II : méthodologie de reconstitution de la vision du pilote*).



Figure 8 : exemple de reconstitution de la vision du pilote à partir de l'enregistrement vidéo

1.16.1.2 Déroulement des vols du Cap 21 et Cap 10 reconstitués à partir de la vidéo

Principes de la méthode d'analyse permettant de déterminer la position sol de l'avion afin de réaliser des mesures et relevés angulaires (Annexe III)

L'analyse de la vidéo a été effectuée à l'aide d'une grille de déformation optique créée par calibration d'une caméra Gopro 3 Silver identique à celle qui était embarquée dans le Cap 21 et dont les réglages ont pu être déterminés par analyse des caractéristiques des images récupérées (angle de champs).

Dans le cas particulier de la déformation d'images engendrées par les lentilles de la Gopro, et pour un horizon proche du centre de l'image, on peut considérer que le tracé de courbes d'alignement sur l'image perpendiculaires à l'image de l'horizon constituent une bonne approximation des alignements réels.

Cette méthode permet d'obtenir un alignement de points caractéristiques que l'on peut reporter sur une carte ou une vue aérienne. La droite contenant ces points contiendra la position sol de la caméra au moment de l'enregistrement de l'image.

Résultats de l'analyse de la vidéo

Le pilote du Cap 21 décolle de la piste 22 revêtue à 09 h 58 mn.

Après le décollage, le pilote s'éloigne à droite de l'axe de la piste 22 revêtue, effectue une « oreille » à 1 600 mètres du seuil 04, prend un cap inverse en descente, puis coupe les axes en effectuant un demi tonneau à une hauteur de 150 mètres environ. Il effectue ensuite quatre minutes d'évolutions de voltige entre les seuils 04 et 22 dans une bande de 200 mètres à partir de l'axe de la piste 04/22 non revêtue, parallèlement à celle-ci.

Il réalise successivement :

- une remontée dos entre le seuil 04 et le seuil 22 ;
- un retournement sur le dos (l'altimètre indique 400 mètres) ;
- une boucle vers le bas au niveau du seuil 04 ;
- un rétablissement tombé.

L'analyse des images de la vidéo montrent que les valeurs de l'altimètre atteignent une hauteur maximum d'environ 400 mètres au sommet des évolutions⁽⁵⁾. La dernière évolution du pilote consiste en une remontée de la piste entre les seuils 04 et 22 au cours de laquelle il effectue un tonneau à quatre facettes. Après avoir passé le seuil 22 en éloignement, il réalise un virage à droite afin de revenir vers la piste.

Les trajectoires du Cap 21 et du Cap 10 dans les dernières secondes avant la collision ont été reconstituées à partir de l'analyse de la vidéo.

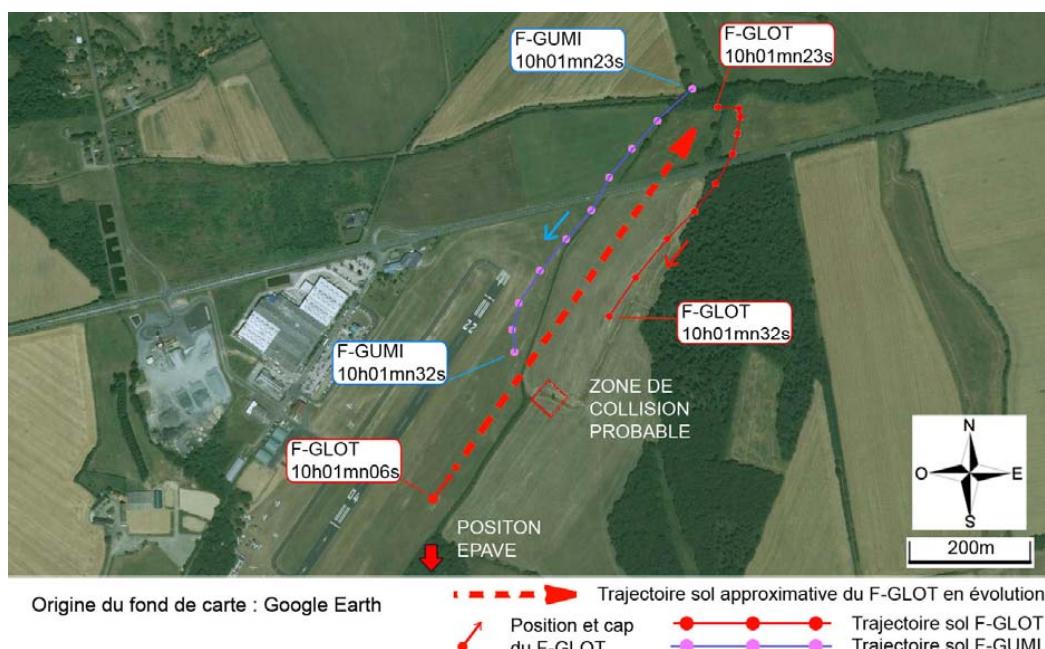


Figure 9 : trajectoires du Cap 21 et du Cap 10 entre 10 h 01 mn 06 s et la collision

⁽⁵⁾Pour rappel, la hauteur du plancher de la zone de voltige située à la verticale de l'aérodrome est de 450 mètres et celle du circuit d'aérodrome pour la piste 22 non revêtue à 300 mètres.

Entre 10 h 01 mn 06 s et 10 h 01 min 13 s le pilote du Cap 21 suit une trajectoire parallèle à la piste 04/22 selon un cap d'environ 040° (trait rouge en pointillé sur le schéma ci-dessus). La vidéo révèle la présence d'un objet en rapprochement rapide parallèle à la route D927 (parallèle à l'axe de voltige de la zone n° 6400) où évoluait le Cap 10. L'observation de ces images montre que cet objet est vraisemblablement le Cap 10.

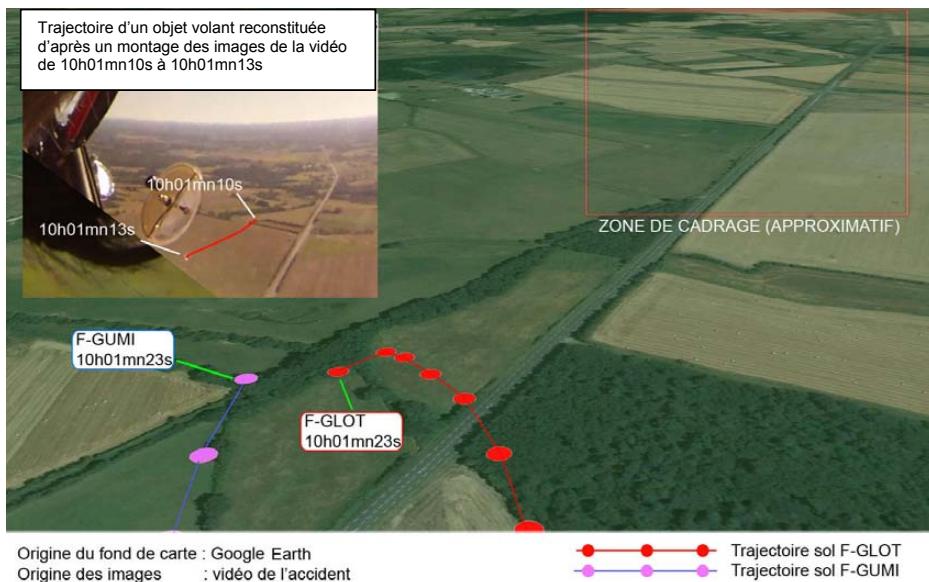


Figure 10 : trajectoires du Cap 21 et du Cap 10

Entre 10 h 01 mn 23 s et 10 h 01 mn 27 s, le pilote du Cap 21 réalise un virage serré vers la droite. Lors de cette période, le Cap 10 apparaît sur la vidéo. Il évolue rapidement en dessous du Cap 21 et sa couleur blanche lui permet de se détacher très nettement par rapport au sol. Lors de cette période de quatre secondes, le montant (pointillés rouges sur les images ci-dessous) ne semble pas interférer avec le champ de vision du pilote du Cap 21.

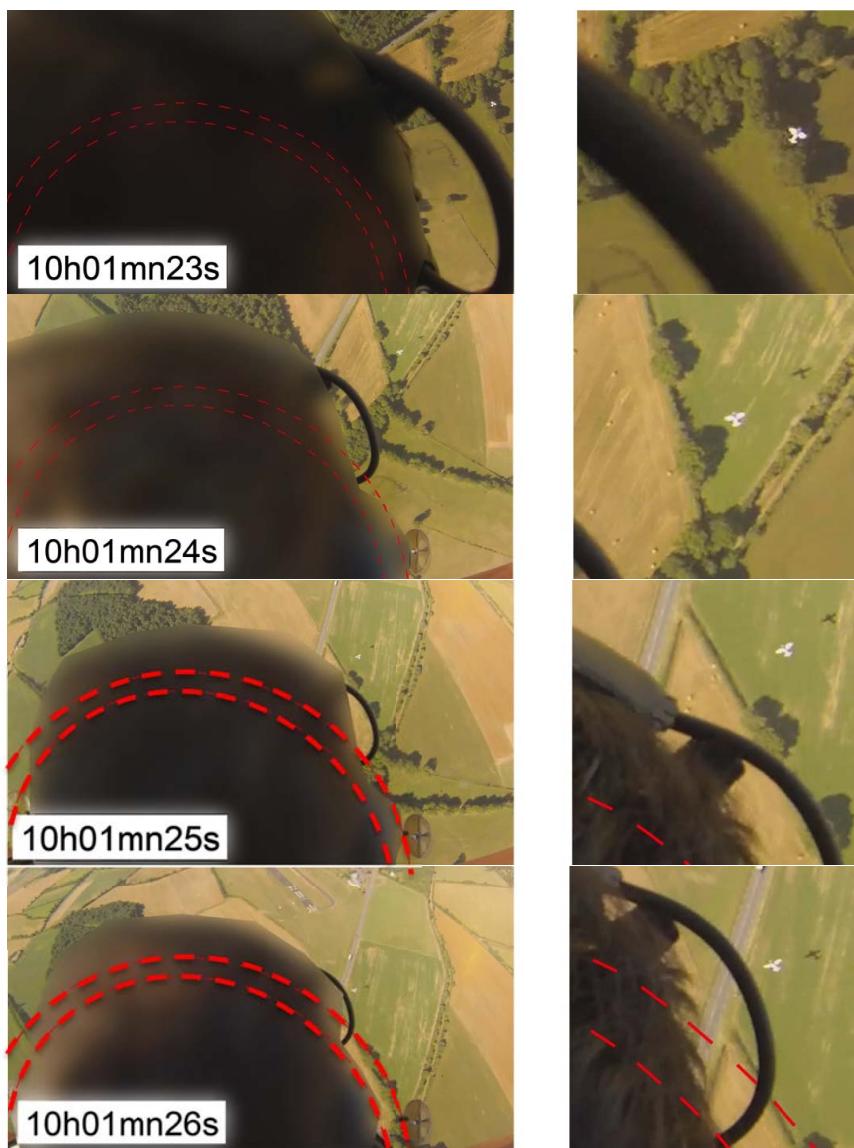


Figure 11 : extraits de la vidéo entre 10 h 01 mn 23 s et 10 h 01 mn 31 s

Entre 10 h 01 mn 27 s et 10 h 01 mn 31 s, le Cap 10 a pu être masqué à la vue du pilote du Cap 21 par le montant de la verrière dans les quatre dernières secondes du vol c'est-à-dire bien avant la montée en virage par la gauche du Cap 10.

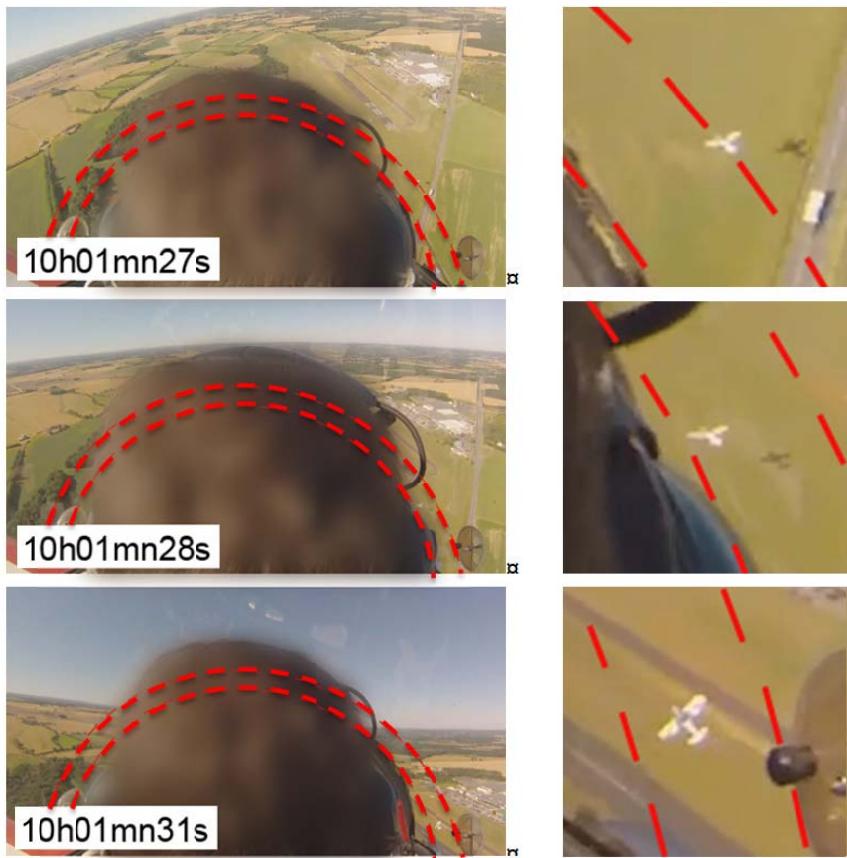


Figure 12 : extraits de la vidéo entre 10 h 01 mn 27 s et 10 h 01 mn 31 s

1.16.1.3 Informations supplémentaires extraites de l'analyse de la vidéo

A partir des informations de positionnement, les vitesses d'évolution sur trajectoire des deux aéronefs ont été calculées :

- vitesse moyenne sur trajectoire (vol en palier) du Cap 21 calculée sur trois secondes entre 10 h 01 min 29 s et 10 h 01 min 32 s : 77 m/s soit 277 km/h ;
- vitesse moyenne sur trajectoire (en descente) du Cap 10 calculée sur neuf secondes entre 10 h 01 min 23 s et 10 h 01 min 32 s : 67 m/s soit 240 km/h.

L'aérologie, la température et la pression atmosphérique locale introduisent un décalage entre la vitesse air indiquée et la vitesse sur trajectoire ainsi que sur l'altitude indiquée et l'altitude réelle. Par exemple, la vitesse sol moyenne de l'ombre du Cap 10 sur les six dernières seconde avant le virage à gauche est de 230 km/h alors que, d'après le pilote, son anémomètre indiquait une vitesse de 215 km/h.

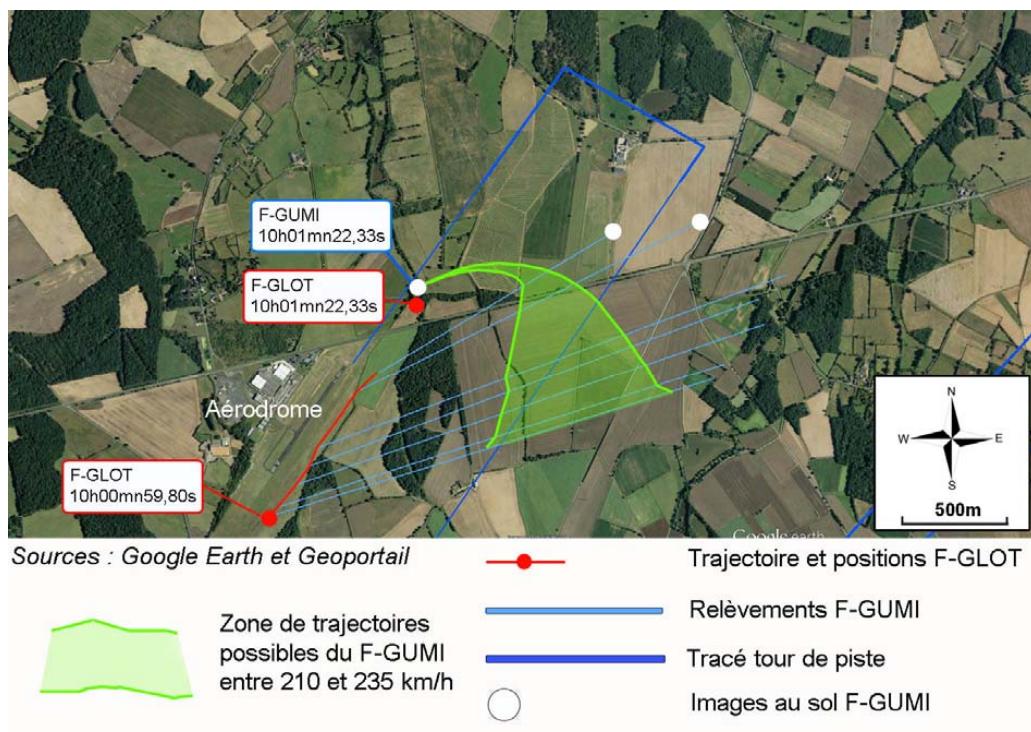
La précision des calculs de vitesses sur trajectoire à partir de la vidéo est d'environ 5 %. L'analyse des dernières images de la vidéo montre que le Cap 21 se stabilise à une hauteur AAL calculée d'environ 130 mètres.

Les dernières secondes de la vidéo montrent que le Cap 21 suit une trajectoire conflictuelle avec celle du Cap 10. Le Cap 10 conserve un positionnement angulaire constant sur l'image, sa silhouette ne fait que grossir pour un observateur placé dans le cockpit du Cap 21.

La dernière image de la vidéo, enregistrée environ deux à trois secondes avant la collision, montre que le Cap 10 se trouve à moins de 200 mètres du Cap 21, 50 mètres en dessous, en montée, avec un angle de roulis d'environ 60 à 70°.

L'analyse de la vidéo a également permis de reconstituer une partie de la trajectoire probable d'intégration du Cap 10. Cette trajectoire a ensuite été comparée à celle décrite dans le témoignage du pilote instructeur du Cap 10 (*voir chapitre 1.18.1.1 Témoignage du pilote instructeur du Cap 10 F-GUMI*).

La figure ci-dessous représente la superposition de la trajectoire que le pilote a décrite dans son témoignage avec celle reconstituée à partir de l'analyse de la vidéo. **Le détail de l'analyse de la vidéo est disponible en Annexe IV.**



Le choix des vitesses de 210 et 235 km/h sont les limites basses et hautes retenues pour la détermination de la zone de trajectoires possibles du F-GUMI car 210 km/h est la vitesse à laquelle le pilote indiquait évoluer et 235 km/h est la vitesse maximale de manœuvre (Va) du Cap 10.

Il est à noter que les caractéristiques d'un circuit d'aérodrome (éloignement par rapport à la piste et longueur de chaque étape) ne sont pas clairement définies dans la réglementation.

1.16.2 Informations supplémentaires extraites des vidéos des vols précédents du pilote du Cap 21

Lors d'une séance précédente, effectuée le 31 juillet 2013 dans la zone de voltige située à la verticale de l'aérodrome, le pilote évoluait également en-dessous du plancher de cette zone. Il apparaît également qu'il avait réalisé au cours de vols précédents des évolutions à basse hauteur.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1. 17.1 L'aéroclub Marcel Dassault Voltige

L'aéroclub Marcel Dassault Voltige est une association loi 1901 qui compte une centaine de membres et huit instructeurs bénévoles. Basé sur l'aérodrome de Nangis Les Loges (77), l'aéroclub exerce ses activités principalement sur les trois aérodromes suivants :

- Nangis Les Loges ;
- Salon-Eyguières ;
- Dreux.

L'aéroclub dispense, entre autres, des formations de voltige élémentaire et avancée et le vol en patrouille. Cet aéroclub ne dispense pas de formation PPL. Les membres de l'aéroclub ne participent pas à des compétitions de voltige.

La flotte de l'aéroclub comprend quatre Cap 10, deux Cap 20 et un Cap 21.

1.17.2 Organisation du stage annuel de voltige

Depuis de nombreuses années, l'aéroclub organise un stage de formation/perfectionnement à la voltige de cinq semaines sur l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse de mi-juillet à mi-août. Une trentaine de membres dont huit instructeurs participaient au stage de l'été 2013 et six avions étaient utilisés.

A la date de l'accident, il n'existe pas de règlement intérieur écrit. L'encadrement du club considérait que l'organisation du stage était connue de tous les usagers depuis des années.

Sur l'aérodrome, l'aéroclub dispose d'un local et d'un hangar pour stocker les avions. Le local est équipé d'un tableau sur lequel sont indiqués les créneaux horaires de réservation des avions. L'occupation des deux zones de voltige n'est pas mentionnée.

Les différents témoignages des participants au stage indiquent qu'il n'existe pas de briefing particulier en début de journée. Ils ajoutent qu'en raison des éventuels retards qui peuvent s'accumuler tout au long de la journée, il n'est pas toujours très facile d'avoir une connaissance exacte de l'occupation des deux zones de voltige.

Le local est également équipé d'une radio qui permet la veille de la fréquence 123,5 MHz. Le jour de l'accident, le poste de radio était en fonctionnement sur cette fréquence et posé sur une table située sur le parking devant le local. Aucune personne de l'aéroclub n'avait été désignée pour assurer la veille de la fréquence. Aucune des personnes présentes autour du poste de radio ne se souvient avoir entendu le pilote du Cap 21. Des témoins se souviennent avoir entendu le pilote du Cap 10 s'annoncer en intégration pour la piste 22 mais ne se souviennent pas de l'avoir entendu annoncer une remise de gaz.

Les usagers de l'aérodrome ajoutent que la fréquence 123,5 MHz est une fréquence utilisée sur de nombreux aérodromes de la région. Cette fréquence est souvent saturée et ne permet pas toujours à un pilote d'entendre distinctement les informations émises. Dans le passé, il était courant que l'un des instructeurs veille la fréquence au sol et assure une surveillance du trafic. Cette pratique a depuis été abandonnée et la radio est principalement utilisée par les instructeurs pour communiquer avec leurs élèves lors des vols d'instruction en lâcher solo.

Des témoins ajoutent qu'il est relativement courant de voir des pilotes évoluer en-dessous de la zone de voltige. Cette pratique concerne plus particulièrement les pilotes expérimentés d'avions monoplaces. Aucun témoin ne se souvient d'avoir vu les membres de l'encadrement de l'aéroclub prendre des mesures afin d'éviter cette pratique.

La pratique du « *peel off* » est également une pratique courante au sein du club et de nombreux pilotes indiquent avoir été témoins de la réalisation de telles évolutions au cours des stages. De nombreuses vidéos trouvées sur internet confirment également la récurrence de cette pratique. Une vidéo⁽⁶⁾ réalisée le 29 juillet 2013 et mise en ligne le 7 août 2013 montre la réalisation de « *peel off* » par deux avions de l'aéroclub Marcel Dassault Voltige lors d'un vol en patrouille.

⁽⁶⁾https://www.youtube.com/watch?v=_73NqOou8vk
Cette vidéo est toujours référencée sur Youtube mais plus disponible.

Cette vidéo a permis de comparer les valeurs de vitesses, d'assiettes et de roulis entre des avions effectuant des « *peel-off* » et l'évolution du Cap 10. Ces comparaisons montrent de très fortes similitudes entre les deux évolutions.

1.17.3 Aspects réglementaires en vigueur au moment de l'accident

1.17.3.1 Zone de voltige

L'arrêté du 10 février 1958, modifié par les arrêtés des 4 février 1987 et 19 mars 1992, portant sur la réglementation de la voltige aérienne pour les aéronefs civils, indique que la pratique de la voltige ne peut s'exercer que dans des secteurs déterminés en respectant les conditions d'utilisation et les limites inférieures et supérieures fixées par les autorités de l'Aviation Civile.

Le NOTAM publié le 13 juillet 2013 à 06 h 00 UTC et valide jusqu'au 17 août 2013 21 h 00 UTC précisait les conditions d'utilisation de la zone de voltige temporaire :

LFFA-C1505/13

- A) LFEG ARGENTON SUR CREUSE
- B) 2013 Jul 13 06:00 C) 2013 Aug 17 21:00
- D) 0600-SS
- E) CREATION AXE DE VOLTIGE VERTICAL AERODROME ARGENTON-SUR-CREUSE CENTRE SUR ARP
 - AXE : ORIENTE PISTE 04/22
 - LONGUEUR : 3000M
 - ACTIVITE RESERVEE AUX AERONEFS AUTORISES PAR LA DSAC OUEST - DELEGATION CENTRE
 - MANAGEUR : AEROCLUB MARCEL DASSAULT VOLTIGE
 - INFO : ARGENTON A/A 123.500 MHZ
 - POITIERS APP 134.100 MHZ
 - DISPOSITIONS PARTICULIERES :
AXE DE VOLTIGE NR 6400 RESERVE AUX AERONEFS EQUIPES DE RADIO ET AUTORISES PAR DSAC OUEST- DELEGATION CENTRE
LONGUEUR REDUITE A 2000M ENTRE LES POINTS 463629N 0013855E ET 463648N 0014024E QUAND UTILISATION SIMULTANEE AVEC AXE DE VOLTIGE TEMPORAIRE
 - F) 2200FT AMSL
 - G) FL055

1.17.3.2 Réglementation relative à la prévention des collisions en vigueur au moment de l'accident

■ Règle Voir et Eviter

L'Annexe 1 de l'arrêté du 3 mars 2006 modifié relatif aux règles de l'air et aux services de la circulation aérienne (Règles de l'Air) indique, qu'en espace aérien non contrôlé, la prévention des collisions est basée sur la règle « voir et éviter ».

« *Il importe d'exercer une vigilance à bord de l'aéronef en vue de déceler les risques de collision, quels que soient le type de vol et la classe de l'espace aérien dans lequel l'aéronef évolue, et au cours des évolutions sur l'aire de mouvement d'un aérodrome* ».

« *Un aéronef n'évolue pas à une distance d'un autre aéronef telle qu'il puisse en résulter un risque de collision* ».

■ Circulation d'aérodrome

L'arrêté du 17 juillet 1992⁽⁷⁾ relatif aux procédures générales de circulation aérienne pour l'utilisation des aérodromes par les aéronefs mentionne les points suivants :

- « *Après avoir pris connaissance des paramètres en radiotéléphonie (...) et avoir observé la position des autres aéronefs évoluant dans la circulation d'aérodrome, le pilote commandant de bord doit venir s'intégrer en début de vent arrière à la hauteur du circuit d'aérodrome en assurant une séparation visuelle avec les aéronefs déjà engagés dans la circulation d'aérodrome et en leur laissant la priorité de passage* ».
- « *Dans la mesure où des dispositions différentes ne figurent pas dans les consignes particulières, le pilote commandant de bord doit, lorsqu'il évolue dans un circuit d'aérodrome :*
 - en cas de remise de gaz, manœuvrer de façon à ne pas gêner les autres aéronefs évoluant dans la circulation d'aérodrome.* »

⁽⁷⁾https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/dossier/texteregule/RDA_TA_GEN_061.pdf

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Témoignages

1.18.1.1 Témoignage du pilote instructeur du Cap 10 F-GUMI

Le pilote instructeur est membre du club depuis une vingtaine d'année. Il est le chef pilote de l'aéroclub. Il est basé à Dreux.

Il explique que le vol de l'accident était son premier vol de la journée. Il précise qu'il occupait la place droite. Le vol réalisé était un vol d'instruction de voltige élémentaire dans la zone de voltige de la Bouesse. Il ajoute qu'il s'agissait de son premier vol avec cet élève et que l'objectif du vol consistait à évaluer le potentiel de l'élève lors de la réalisation d'évolutions de voltige élémentaires.

Le pilote instructeur indique qu'il a suivi la trajectoire d'intégration suivante :

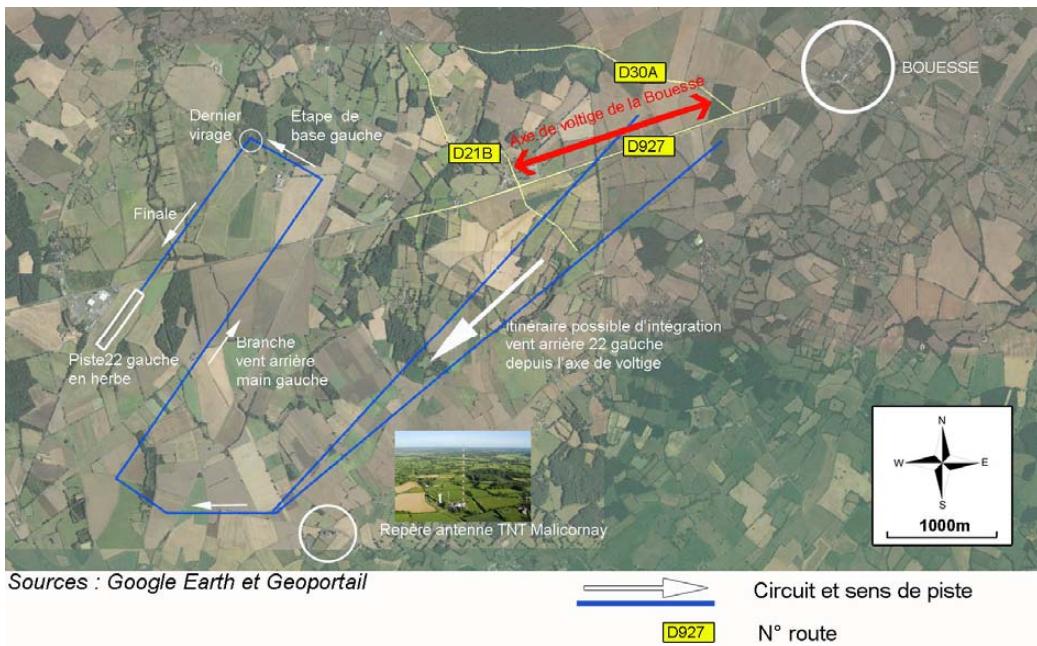


Figure 14 : trajectoire d'intégration du Cap 10 décrite par le pilote instructeur

Il précise que les vitesses utilisées sont de l'ordre de 220 km/h pour rentrer en s'appuyant sur le repère visuel que constitue l'antenne de Malicornay. Il indique avoir ralenti vers 150 km/h dans le virage vers le début de vent arrière 22 herbe. Il précise avoir stabilisé sa vitesse à 140 km/h en vent arrière avec volets sortis au premier cran. Il a ensuite accéléré vers 210/215 km/h en finale (ou en base) sur un plan de 5 % pour l'approche interrompue annoncée à 20 secondes du début de la manœuvre.

Le pilote instructeur ajoute que lors du retour vers l'aérodrome, il a annoncé son arrivée à la fréquence (123,5 MHz) environ 30 secondes avant son intégration en début de vent arrière main gauche pour la piste 22 non revêtue. Il a repris les commandes en cherchant à détecter le Cap 10 (F-GIZL) qui était devant lui dans le circuit d'aérodrome. Alors qu'il se trouvait en vent arrière main gauche, il aperçu le Cap 10 virer en base. En finale, il a constaté que le Cap 10 n'avait toujours pas dégagé la piste et a annoncé à la fréquence sa décision d'interrompre l'approche. Il estime cette annonce environ 20 secondes avant la mise en virage à gauche en montée afin de rejoindre la branche vent arrière main gauche.

Il précise que la manœuvre a commencé à environ 200 ft peu avant le seuil de piste. Pendant le virage, il a senti un choc qui n'a pas déséquilibré l'avion. Il pense qu'il avait un cran de volet au moment de la collision. Son élève l'a informé de la perte de la profondeur du côté gauche. L'instructeur ajoute qu'il ressentait un effort à cabrer au manche et que la compensation était bloquée. Il a décidé de ne pas modifier la configuration de son avion et a atterri sur la 22 non revêtue.

L'instructeur ajoute qu'il n'avait pas connaissance de la présence d'un autre avion dans la zone de voltige située à la verticale de l'aérodrome. Il précise que lors de son intégration dans le circuit d'aérodrome, il n'a pas entendu d'annonce à la radio émise par le pilote du Cap 21 F-GLOT.

L'instructeur précise que sa nouvelle fonction de chef pilote de l'aéroclub n'est pas toujours facile à assurer. Etant basé à Dreux, il n'a pas une vision globale des activités et des comportements des autres membres de l'aéroclub basé à Nangis Les Loges et Salon-Eyguières. Il ajoute qu'il éprouve également parfois des difficultés à asseoir son autorité auprès des autres membres « expérimentés ».

1.18.1.2 Témoignage du pilote en instruction à bord du Cap 10 F-GUMI

Le pilote en instruction explique qu'il effectuait ce stage pour la première fois et qu'il n'avait jamais réalisé de vol de voltige auparavant.

Le jour de l'accident, il était prévu de réaliser un vol de voltige élémentaire dans la zone de voltige de la Bouesse avec son instructeur. Ils ont décollé vers 09 h 40 pour un vol d'environ 20 minutes d'évolutions. Il explique que l'intégration s'est réalisée en vent arrière main gauche pour la piste 22 non revêtue.

Le pilote en instruction était aux commandes et son instructeur s'est annoncé en intégration piste 22 sur la fréquence 123,5 MHz. En vent arrière, ils ont aperçu un autre Cap 10 (F-GIZL) en attente au bout de la piste pour traverser la piste revêtue. Le pilote indique que son instructeur l'a informé qu'ils allaient réaliser une remise de gaz. L'instructeur a repris les commandes. A une hauteur estimée à 150 ft (50 mètres), il a remis les gaz pour se replacer dans le circuit d'aérodrome. Le pilote ne se souvient plus si son instructeur a annoncé son intention de remettre les gaz à la radio. Le pilote ajoute que pendant la remise de gaz en virage à gauche, il a entendu un gros bruit en provenance de l'arrière de l'avion. Il a demandé à son instructeur si ce bruit ne provenait pas d'une collision avec un oiseau. Il précise que l'avion était à environ 140 km/h avec un cran de volet. Il a regardé vers l'arrière et a constaté l'absence de la demi-profondeur gauche. Il en a informé son instructeur qui a décidé de conserver cette configuration et a atterri en piste 22 revêtue.

Le pilote précise que lors de ses évolutions de voltige dans la zone de Bouesse, il avait aperçu le Cap 21 évoluer à la verticale de l'aérodrome. Il avait conscience de la présence de ce dernier mais il n'a pas cherché à le localiser lors de son intégration dans le circuit d'aérodrome car il pensait qu'il était plus haut et n'interférerait pas avec le circuit d'aérodrome.

Le pilote ajoute qu'il était arrivé à Argenton-sur-Creuse le 25 juillet 2013 et qu'il avait observé des pilotes de monoplaces effectuer des « *peel-off* ».

1.18.1.3 Témoignages de l'équipage du Cap 10 F-GIZL sur la piste 22 non revêtue au moment de la collision

L'élève et son instructeur expliquent qu'ils étaient en bout de la piste 22 non revêtue au moment de l'accident. Ils précisent que leur avion était perpendiculaire à l'axe de piste et qu'ils étaient sur le point de traverser la piste 22 revêtue. Ils indiquent qu'ils ont entendu l'instructeur du Cap 10 s'annoncer sur la fréquence en finale pour la piste 22. Ils ne se souviennent pas d'avoir entendu l'annonce d'une remise de gaz. Conscients de la présence du Cap 10 en finale derrière eux, ils ajoutent qu'ils ont regardé dans sa direction alors qu'ils allaient quitter la piste. L'instructeur a vu le Cap 21 arriver derrière le Cap 10 et, lorsqu'il a vu le Cap 10 remettre les gaz, il a tenté de les avertir sur la fréquence mais n'a pas eu le temps de parler avant la collision.

L'élève et son instructeur venaient de réaliser une séance de voltige dans la zone de Bouesse juste avant l'équipage du Cap 10. Ils ont intégré le circuit d'aérodrome en base piste 22 non revêtue. Ils ajoutent que cette pratique d'intégration directe ou semi-directe est courante en raison de la proximité entre l'axe de voltige de la zone de Bouesse et la base ou la finale de la piste 22.

1.18.1.4 Témoignages d'un membre de l'aéroclub

Un témoin, contrôleur aérien et instructeur voltige à l'aéroclub, devait voler sur le Cap 21 dans le créneau horaire suivant. Il attendait sur le parking et observait les évolutions du Cap 21. Il précise qu'il n'entendait pas la radio située sur une table à côté du local du club. Il explique qu'il a aperçu le Cap 10 en finale piste 22 non revêtue à une hauteur qu'il estime à 200 ft. Il voyait également le Cap 21 légèrement derrière et au-dessus du Cap 10. Il estime la vitesse du Cap 21 entre 200 et 250 km/h. Il ajoute que le Cap 21 évoluait à faible hauteur dans le circuit d'aérodrome en suivant une trajectoire opposée à la vent arrière main gauche de la piste 22 non revêtue. Il a été surpris par la manœuvre entreprise par l'équipage du Cap 10 lors de la remise de gaz car il estimait que les trajectoires des deux avions étaient convergentes. Il espérait que les pilotes avaient gardé le visuel les uns sur les autres. Il a vu la collision.

1.18.2 Evénement antérieur

En octobre 2012, le BEA a publié un rapport⁽⁸⁾ d'accident survenu à un Cap 10 de l'aéroclub Marcel Dassault Voltige le 30 juin 2012 sur l'aérodrome de Nangis Les Loges. Le pilote avait perdu le contrôle de son avion lors de la réalisation d'un « peel-off ». Dans son rapport, le BEA mentionne notamment que : « *le pilote explique qu'il a l'habitude d'effectuer cette manœuvre que lui a enseignée un membre du club ayant une grande expérience aéronautique professionnelle. Il ajoute qu'un certain nombre d'instructeurs et quelques membres non instructeurs pratiquent régulièrement cette manœuvre au sein du club mais que celle-ci est interdite pour les autres membres. Il indique que lui-même l'effectue couramment en clôture d'un vol de baptême* ». Lors de cette enquête, le BEA avait déterminé que l'accident résultait de la décision du pilote d'effectuer une manœuvre acrobatique (« *peel off* ») ne permettant pas d'assurer la sécurité en cas de perte de contrôle. Le BEA avait également ajouté que la banalisation d'une telle manœuvre par sa pratique régulière par un certain nombre de membres du club avait contribué à l'accident.

⁽⁸⁾<http://www.bea.aero/docspa/2012/f-kz120630/pdf/f-kz120630.pdf>

A la suite de cet accident, et avant l'accident du 1^{er} août 2013, l'encadrement de l'aéroclub avait informé le BEA qu'il avait donné oralement une consigne afin d'interdire la pratique de cette évolution.

1.18.3 Collisions en vol

Le BEA a publié une étude⁽⁹⁾ sur les collisions en vol survenues entre le 1^{er} janvier 1989 et le 30 juin 1999, qui recense 17 collisions en vol sur cette période, en excluant les collisions entre planeurs et les collisions lors d'un vol en patrouille ou en présentation. Cette étude met en exergue les phénomènes induisant des difficultés de détection à vue d'un autre aéronef : l'existence d'angles morts, tâche aveugle de l'oeil, seuil de détection de l'aéronef du fait de sa taille apparente, contraste entre l'aéronef et le fond visuel, vision périphérique peu propice à la perception d'objets sans mouvement apparent et avec peu de contraste, gestion de la charge de travail.

⁽⁹⁾<http://www.bea.aero/etudes/abordages/abordages.pdf>

En août 2013, la base de données du BEA comportait 42 collisions en vol depuis 1999. Parmi elles, quatre collisions s'étaient produites dans un circuit d'aérodrome.

1.18.4 Aspects réglementaires

1.18.4.1 Surveillance de l'aéroclub Marcel Dassault Voltige par la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile Nord

L'aéroclub Marcel Dassault Voltige dont la base principale est à Nangis Les Loges est localisé dans la zone d'autorité de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile Nord (DSAC Nord).

La réglementation en vigueur (FCL et arrêté du 24 juillet 1991 relatif aux conditions d'utilisation des aéronefs civils en aviation générale) n'impose pas de surveillance des écoles de pilotage dispensant uniquement des formations de voltige. La DSAC Nord n'a pas effectué d'action de surveillance de l'aéroclub Marcel Dassault Voltige.

1.18.4.2 Organisme de Formation Approuvé (ATO) et système de gestion de la sécurité

Le règlement (UE) n°1178/2011⁽¹⁰⁾ - Part ORA prévoyait que les organismes de formation⁽¹¹⁾ délivrant des licences PPL et les qualifications ou certificats associés devaient, avant le 8 avril 2015, définir et mettre en œuvre un système de gestion de la sécurité dans le cadre de l'obtention de leur approbation d'Organisme de Formation Approuvé (ATO Approved Training Organisation – ORA.GEN.200). Ce règlement établit les exigences réglementaires requises pour les organismes de formation lors de la mise en œuvre de leur système de gestion qui doit correspondre à la taille de l'organisation, sa nature et la complexité de ses activités, en tenant compte des dangers et des risques associés, inhérents à ces activités.

Le 8 décembre 2014, l'AESA a publié une proposition de modification (NPA⁽¹²⁾ 2014-28 « AMC/GM for non-complex approved training organisations (ATOs) »).

Cette NPA a pour objectif de simplifier les exigences du règlement (UE) n°1178/2011 - Part ORA pour les ATOS non-complexes en leur fournissant des informations détaillées plus ciblée à travers des modifications ou créations de moyens acceptables de conformité (AMC) et des documents d'orientation (GM) sur la gestion des risques de sécurité et en terme de surveillance de conformité. On trouve notamment :

- AMC2 ORA.GEN.200(a)(1) « Management system Non-complex organisations-Organisation and accountabilities »** qui détaille les exigences relatives à l'organisation et les rôles des membres de l'organisation. Ainsi il est demandé à l'organisation de désigner une personne en charge de la sécurité et de la coordination des tâches liées à la sécurité telles que l'identification des risques, la mise en œuvre de mesures pour prévenir ces risques.
- AMC2 ORA.GEN.200(a)(2) « Management system Non-complex organisations-Safety Policy »** qui demande la mise en œuvre d'une politique de sécurité qui définisse de bonnes pratiques et fournit les ressources nécessaires à leur application.
- AMC2 ORA.GEN.200(a)(3) « Management system Non-complex organisations-Hazard Identification and risk assessment »** qui définit les principes généraux à mettre en œuvre pour assurer l'identification et l'évaluation des risques propres à chaque activité et à chaque organisation.

⁽¹⁰⁾Règlement (UE) n°1178/2011 de la Commission du 3 novembre 2011 modifié déterminant les exigences techniques et le procédures administratives applicables au personnel navigant de l'Aviation civile.

⁽¹¹⁾Les organismes de formation fournissant uniquement des formations PPL et les qualifications ou certificats associés sont considérés en tant qu'organisations non-complexes.

⁽¹²⁾https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/NPA%202014-28_0.pdf

Les documents d'orientation associés fournissent des guides à l'attention des organisations sur :

- les méthodes de collecte d'information ;
- l'analyse et la classification des risques ;
- les actions de prévention et d'atténuation des risques.

Toutes les parties concernées (Autorités de l'Aviation Civile des Etats membres, fédérations) étaient invitées à fournir leurs éventuels commentaires avant le 9 février 2015. Tous les commentaires ont ensuite été consignés dans un document de réponse aux commentaires (CRD).

Ce règlement a été modifié en mars 2015 pour permettre aux aéroclubs de poursuivre la formation sans se conformer au règlement (UE) n°1178/2011 – Part ORA jusqu'en avril 2018.

1.18.5 Exemple de mise en application du système de gestion de la sécurité

L'aéroclub Midi-Pyrénées Voltige, dans le cadre de sa politique de sécurité, a mis en place une organisation dont l'objectif est d'améliorer la sécurité en sensibilisant les membres aux questions de sécurité et en facilitant la diffusion d'informations. Cette organisation et les actions entreprises par cette dernière sont des exemples concrets de la mise en application de la future réglementation relative à la mise en place d'un système de gestion de la sécurité dans le cadre de l'approbation en tant qu'ATO.

L'encadrement de l'aéroclub a ainsi mis en place les mesures suivantes :

- création d'un site internet qui centralise et organise les informations de sécurité ;
- rédaction d'un manuel de sécurité et de flashes et bulletins ;
- utilisation de comptes-rendus dédiés à la sécurité pour permettre un suivi et le retour d'expérience ;
- clarification des règles de fonctionnement de l'aéroclub et mise à jour du règlement intérieur ;
- sensibilisation des autres pilotes à la présence de zones de voltige (NOTAM, cartes) ;
- présentation d'événements (internes ou externes) relatifs à la sécurité en voltige.

La revue de ces présentations montre notamment que le risque de collision en vol dans un volume de voltige situé à la verticale d'un aérodrome a été plusieurs fois identifié entre 2004 et 2014. La liste ci-après, reprend les extraits significatifs.

« **Présence simultanée de deux avions en évolution dans le même volume de voltige**

Cause : manque de concertation au sol à l'occasion de vols d'entraînement sur un axe extérieur.

Recommandation : communiquer au sol pour que chacun sache où les avions évoluent et contacter systématiquement la fréquence associée au volume de voltige et vérifier visuellement avec attention qu'aucun avion n'est présent avant de débuter les évolutions.

Nombreux passages d'aéronefs dans le volume d'évolution (en espace aérien contrôlé ou non)

Recommandation : pendant toute évolution, il doit y avoir en permanence quelqu'un qui veille la fréquence terrain et surveille visuellement le trafic. (*Rappel : La voltige n'est pas prioritaire et doit s'interrompre en cas de trafic*).

Pénétration d'un avion dans le volume de voltige pendant des évolutions

Circonstances : de retour de local, un avion de voyage s'annonce en approche de la verticale pour une reconnaissance du terrain. Pas de réponse de l'avion en voltige ni de la veille au sol.

Facteurs contributifs : une personne assurait bien la veille au sol, mais le fait d'être installé près du hangar lui a masqué visuellement le secteur d'arrivée de l'avion de voyage. De plus, la présence d'avions moteur tournant sur le tarmac a sans doute couvert le son du message radio. La proximité du hangar a pu également dégrader la réception radio.

Recommandation : la veille au sol est rigoureusement indispensable pour la pratique de la voltige à la verticale d'un aérodrome (c'est en particulier une condition pour obtenir certains NOTAMs). Il faut éviter dans toute la mesure du possible ce qui la rend inefficace, en ayant une visibilité sur 360°, une bonne réception radio et en maintenant une attention constante. (*Rappel : le veilleur sol n'a pas à donner d'instructions aux avions de passage, mais il peut suggérer d'éviter la verticale, et ça sera d'autant mieux accepté s'il donne les informations de vent et le trafic connu. Par ailleurs, la voltige n'est pas prioritaire et les évolutions doivent être interrompues dès que nécessaire*).

Vol de démonstration à basse hauteur

Circonstances : à l'occasion d'une compétition amicale, plusieurs pilotes effectuent des vols de démonstration descendant sous 500ft.

Recommandation : le fait de voler bas n'ajoute pas grand chose à la démonstration ; ça augmente les risques ; ça peut inciter d'autres pilotes pas forcément expérimentés à vouloir faire pareil ou même à voler encore plus bas ; ça dégrade notre image vis-à-vis des autorités et des riverains et ça met en péril les axes de voltige. Donc : on respecte les planchers et on sanctionne ceux qui ne les respectent pas. On organise les épreuves de compétition de telle sorte qu'elles évitent la surenchère.

Défaut de veille radio et visuelle

Circonstances : lors de vols avec contrôle au sol, personne n'assure la veille visuelle et radio sur la fréquence terrain. Un avion s'annonce pour un transit à la verticale. Les personnes présentes au sol entendent le message mais n'interviennent pas sur la fréquence.

Recommandation : avant de débuter l'activité, désigner une personne chargée de la veille visuelle et radio. Quand la personne quitte son poste, elle doit demander à quelqu'un d'autre de la remplacer ».

1.18.6 Action entreprise par l'aéroclub Marcel Dassault Voltige après l'accident

L'encadrement a rédigé une note à l'attention de tous les pilotes participant au stage. Cette note est lue et signée par chaque participant avant le début du stage. Elle décrit les mesures prises, les rôles et les devoirs de chaque participant qu'il soit en vol ou au sol :

« OPÉRATIONS SOL

- Présence de chaque pilote au début du créneau précédent le sien.*
- Modification des créneaux sur le tableau d'ordre en accord avec l'instructeur.*
- Deux pilotes seront responsables de la station radio sol chaque demi-journée, ils assureront la veille radio ainsi que la surveillance du trafic aux abords de l'aérodrome. Ils seront désignés lors de la construction du planning du matin. Chacun veillera à partager cette tâche lors du stage.*

EN VOL

- Avant chaque début d'évolution voltige, le pilote annoncera ses intentions quant au choix de son axe, il coordonnera avec les autres aéronefs en vol et la station sol si nécessaire en cas de doute.*
- Chaque pilote est responsable du respect du volume d'évolution autour de l'axe choisi, pour cela, la lecture du NOTAM précisant ces volumes est obligatoire avant de débuter les vols lors du stage.*
- Tout départ pour un vol en patrouille devra être précédé d'un essai radio du leader avec la station sol.*
- Tout vol solo sera supervisé depuis le sol s'il utilise la verticale de l'aérodrome. Chaque pilote en solo s'en assurera avant son départ en vol ».*

2 - ANALYSE

2.1 Scénario de l'accident

2.1.1 Evolutions du pilote du Cap 21 à faible hauteur en dehors de la zone de voltige définie

Le pilote du Cap 21 effectuait des évolutions de voltige à une hauteur inférieure au plancher définissant la limite inférieure de la zone de voltige (450 mètres) située à la verticale de l'aérodrome. Au-delà du non-respect de la réglementation (volume de voltige), ce choix l'a conduit à évoluer dans un volume interférant avec celui du circuit d'aérodrome et par conséquent l'exposait à un risque accru de collision avec un autre aéronef.

De faibles hauteurs d'évolution sont généralement utilisées dans le cadre de compétition ou d'entraînement à la compétition car elles permettent d'acquérir de meilleurs repères extérieurs et permettent aux membres du jury de mieux apprécier les évolutions. Le pilote du Cap 21 ne pratiquait pas de compétition de voltige. L'enquête n'a pas permis de déterminer les motivations exactes du pilote qui l'ont poussé à prendre cette décision car le contexte de ce vol ne le justifiait pas.

L'une des vidéos de ses vols précédents fait apparaître que ce n'était pas la première fois qu'il effectuait ce type d'évolutions en dessous de la zone de voltige. Les témoignages des participants au stage et de différents membres de l'encadrement indiquent également qu'il n'était pas le seul pilote de l'aéroclub à avoir ce comportement. Ils ajoutent que ce type de comportement concernait uniquement les pilotes dits « expérimentés ».

Le cadre particulier de ce stage organisé sur un aérodrome non contrôlé, où la plupart des pilotes se connaissent de longue date et se retrouvent chaque année, peut être favorable à ce type de comportement. L'observation des séances de voltige à la verticale de l'aérodrome par des pairs peut constituer une motivation pour les pilotes à réaliser leurs manœuvres à faible hauteur.

Le pilote du Cap 21 était ingénieur navigant d'essais en vol. Il ne pratiquait la voltige que lors du stage annuel de voltige à Argenton-sur-Creuse. Il est alors possible qu'il trouvait dans ce contexte particulier l'opportunité de s'affranchir des procédures plus contraignantes qu'il appliquait dans le cadre de ses activités professionnelles.

2.1.2 Circonstances de la collision

Le pilote instructeur du Cap 10 indique qu'il n'avait pas connaissance de la présence du Cap 21 dans la zone située à la verticale de l'aérodrome. Lors de l'intégration dans le circuit d'aérodrome, il n'a pas cherché particulièrement à détecter la présence d'un éventuel trafic conflictuel à l'exception de la recherche visuelle du Cap 10 précédent qu'il a aperçu lorsque ce dernier a viré en base.

Peu avant la collision, le pilote du Cap 21 suit une trajectoire ascendante entre les seuils 04 et 22, parallèle à la branche de vent arrière main gauche de la piste 22. A proximité du seuil 22 à une hauteur d'environ 430 mètres, il effectue un virage par la droite avec une assiette à piquer alors que l'équipage du Cap 10 s'aligne en finale pour cette même piste. Lors de ce virage, la vidéo montre l'apparition du Cap 10 dans le champ visuel du pilote du Cap 21. Le Cap 10 possède une vitesse élevée et sa couleur dominante blanche se distingue très nettement au-dessus de la végétation de couleur verte. Ce contraste de couleur et le déplacement rapide de cet avion laissent supposer qu'à cet instant le Cap 10 était probablement détectable pour un observateur à bord du Cap 21 qui aurait regardé dans cette direction.

L'absence d'enregistrement de la fréquence radio n'a pas permis de confirmer les témoignages. Selon ces derniers, le pilote du Cap 21 n'a, à aucun moment lors de ses évolutions, signalé sa position ni ses intentions. Le pilote du Cap 10 a annoncé son intention de remettre les gaz environ 20 secondes avant la manœuvre ce qui semble indiquer que l'avion n'était pas encore établi en finale lors de cette annonce. L'ensemble des témoignages au sol confirment une annonce d'intégration effectuée par le pilote du Cap 10 mais aucun témoin ne se souvient avoir entendu d'annonce de la remise des gaz.

Si le pilote du Cap 10 a effectivement annoncé son intention de remettre les gaz, l'absence de modification de trajectoire de la part du pilote du Cap 21 semble indiquer que ce dernier soit ne l'a pas entendu soit avait sélectionné une fréquence radio erronée soit qu'il n'avait pas conscience que la trajectoire de remise de gaz risquait d'interférer avec sa propre trajectoire. A la fin de son virage, le pilote du Cap 21 suit une trajectoire en descente et en accélération parallèle à celle du Cap 10 établi en finale, à environ 180 mètres de ce dernier. Si le pilote du Cap 21 avait effectivement détecté visuellement le Cap 10, il est alors vraisemblable qu'il ait pensé qu'il allait atterrir et qu'il n'avait plus besoin d'y prêter une attention particulière. L'analyse de la vidéo indique que durant les six secondes suivantes au cours desquelles les deux trajectoires des aéronefs sont parallèles, le pilote du Cap 21 pouvait ne plus avoir le visuel sur le Cap 10 en raison de l'angle mort généré par le montant de la verrière.

L'analyse de la vidéo embarquée à bord du Cap 21 a permis de montrer que la vitesse du Cap 10 en finale (supérieure à 220 km/h) était très nettement supérieure à la vitesse d'approche (140 km/h) nominale utilisée pour un atterrissage. La comparaison de la manœuvre réalisée par le pilote du Cap 10 à celles diffusées sur internet et désignées en tant que « *peel off* » montre de fortes similitudes en les deux manœuvres. Il est donc vraisemblable que le pilote instructeur à bord du Cap 10 avait le projet d'action de réaliser un « *peel off* » et non une remise de gaz standard, avant même d'intégrer la finale de la piste 22 non revêtue.

La position du soleil derrière et à gauche du Cap 21 n'a probablement pas permis aux pilotes du Cap 10 de le détecter lors de la réalisation de leur manœuvre.

2.2 Défaillance de la règle « voir et éviter »

L'accidentologie montre que la règle « *voir et éviter* » peut être prise en défaut du fait des limites physiologiques de la vision humaine, des vitesses importantes, de l'ergonomie des aéronefs (angles morts) et d'une utilisation inadéquate des radio-télécommunications, ou des limitations de celles ci.

Afin de diminuer le risque d'abordages, des règles, des procédures ou des pratiques recommandées ont été mises en place, notamment dans des secteurs où la densité de trafic est importante. C'est le cas aux abords des aérodromes où le respect du circuit d'aérodrome permet une séparation des aéronefs. Par ailleurs, le plancher de la zone voltige à la verticale de l'aérodrome avait été déterminé pour assurer une séparation verticale de 150 mètres entre ce dernier et le circuit d'aérodrome.

Dans les circonstances de l'accident, le non-respect des limites établies de la zone de voltige d'une part et la réalisation d'une évolution inusuelle d'interruption de l'approche d'autre part n'ont pas permis de s'assurer de la séparation des aéronefs. Dans cette situation, la prévention du risque de collision ne reposait donc plus que sur le seul principe « *voir et éviter* » dont les faiblesses ont déjà été identifiées. Une utilisation inappropriée des radio-télécommunications n'a pas permis d'informer les pilotes de la présence de chacun.

Au moment de la collision, les pilotes effectuaient des évolutions et leurs attentions étaient probablement focalisées sur la réalisation de leurs manœuvres au détriment de la surveillance extérieure.

2.3 Aspects organisationnels

L'enquête a mis en évidence que les pilotes du Cap 10 et du Cap 21 avaient sous-estimé les risques inhérents à leurs choix d'évolutions inusuelles dans le circuit d'aérodrome. Les différents témoignages recueillis indiquent que les évolutions de voltige en-dessous de la zone située à la verticale de l'aérodrome et que la réalisation de « *peel-off* » étaient des pratiques récurrentes au sein de l'aéroclub lors du stage voltige sur l'aérodrome non contrôlé d'Argenton-sur-Creuse.

La pratique du « *peel-off* » avait également été à l'origine d'un accident en octobre 2012 sur l'aérodrome de Nangis Les Loges dans le cadre d'un vol de baptême. Cet accident avait déclenché l'interdiction orale de cette pratique par l'encadrement de l'aéroclub. Cette mesure semble avoir été sans effet puisque lors du stage de voltige organisé au cours de l'été 2013, ces évolutions étaient toujours effectuées comme le montrent les nombreux témoignages et vidéos recueillis.

La tolérance de l'encadrement envers certains comportements de leurs membres n'a pas permis de prévenir l'apparition des dérives ayant contribué à l'accident.

Une conscience accrue des risques ainsi que l'adhésion des pilotes aux règles et aux bonnes pratiques sont des facteurs indispensables pour le maintien d'un niveau minimum de sécurité. L'un des rôles principaux de l'encadrement d'un aéroclub est d'y contribuer en montrant l'exemple et en sensibilisant tous les membres, et notamment les instructeurs, à l'importance du respect des pratiques de sécurité.

L'établissement et le maintien d'une culture de sécurité robuste est d'autant plus justifiée lorsqu'il s'agit d'un aéroclub dont l'activité comporte des risques particuliers. Ainsi l'aéroclub Marcel Dassault Voltige organise chaque année un stage de voltige avec notamment les spécificités et les risques associés suivants :

- activité journalière importante liée à la courte durée des séances (40 minutes en moyenne) ;
- création temporaire d'une seconde zone de voltige à la verticale de l'aérodrome qui peut donc interférer avec le circuit d'aérodrome ;
- aérodrome non contrôlé ;
- utilisation d'une fréquence radio non dédiée (123,5 MHz), utilisée également par les aérodromes voisins et souvent saturée lors du pic d'activité en été ;
- cohabitation de l'activité voltige et vol à voile et présence d'un club ULM.

Malgré la présence d'un poste de radio au sol, aucun membre de l'aéroclub n'assurait de surveillance du trafic à proximité de l'aérodrome ou de veille de la radio. Cet accident démontre pourtant l'utilité de la présence d'une personne assurant ces fonctions lors de pratique d'une activité de voltige à la verticale d'un aérodrome non contrôlé.

Par ailleurs, les témoignages indiquent que l'absence d'une préparation des vols détaillée n'a pas permis aux pilotes des deux Cap de prendre connaissance des évolutions qu'ils avaient respectivement planifiées.

Les mesures mises en place par l'encadrement de l'aéroclub après l'accident sont des mesures simples mais efficaces dans la prévention des collisions en vol. La désignation de deux pilotes responsables de la veille radio ainsi que de la surveillance du trafic aux abords de l'aérodrome ainsi qu'une sensibilisation des pilotes sur la nécessité d'une bonne coordination en vol avec les autres usagers devraient permettre de significativement atténuer les risques de collision en vol.

Ces mesures sont des exemples concrets de ce qu'une organisation devrait être en mesure de faire dans le cadre de l'application de la future réglementation relative à la mise en œuvre d'un système de gestion pour les ATOs.

Il faut cependant noter que la pratique du « *peel off* » n'est pas mentionnée, ce qui semble indiquer que l'encadrement de l'aéroclub ne prend toujours pas conscience de la dangerosité de la pratique de cette manœuvre.

3 - CONCLUSION

3.1 Faits établis par l'enquête

- les conditions météorologiques étaient favorables au vol à vue ;
- l'élève et son instructeur à bord du Cap 10 détenaient les licences et qualifications requises ;
- le pilote du Cap 21 détenait les licences et qualifications requises ;
- le Cap 10 détenait un certificat de navigabilité en état de validité ;
- le Cap 21 détenait un certificat de navigabilité en état de validité ;
- le pilote du Cap 21 évoluait en-dessous du plancher de la zone de voltige définie à la verticale de l'aérodrome ;
- le Cap 21 était établi sur une trajectoire descendante et parallèle à la finale de la piste 22 non revêtue en sens inverse à la branche vent arrière main gauche de la piste 22 non revêtue ;
- la collision est survenue alors que l'instructeur dans le Cap 10 réalisait une manœuvre acrobatique similaire à un « *Peel-off* » ;
- l'ergonomie du Cap 21 a pu masquer temporairement la trajectoire du Cap 10 ;
- l'encadrement de l'aéroclub n'avait pas mis en place de mesures spécifiques pour prévenir ce genre de comportement ;
- l'encadrement de l'aéroclub n'avait pas mis en place de mesures et procédures organisationnelles afin de prévenir les risques liés à son activité (notamment en matière de veille radio au sol et surveillance des trafics aux abords de l'aérodrome).

3.2 Causes de l'accident

La collision en vol résulte de l'absence de détection mutuelle entre l'équipage du Cap 10 et le pilote du Cap 21. L'absence de mise en œuvre de mesures et de procédures particulières liées à l'organisation du stage n'a pas permis aux pilotes de prendre conscience de la situation à risque dans laquelle ils se sont placés.

Les facteurs suivants ont contribué à les placer dans ces conditions :

- la décision du pilote du Cap 21 d'évoluer sous le plancher de la zone de voltige qui l'a conduit à interférer avec le circuit d'aérodrome ;
- la décision du pilote du Cap 10 d'interrompre l'atterrissement en effectuant une manœuvre acrobatique, limitant la possibilité pour ses occupants de détecter le Cap 21. Cette manœuvre n'était par ailleurs probablement pas anticipée par le pilote du Cap 21.

Les facteurs organisationnels suivants ont également contribué à la survenue de l'accident :

- l'absence de mise en place de mesures et de procédures par l'encadrement afin d'assurer aux pilotes une préparation des vols et une coordination adéquate ;
- l'absence de mise en place de mesures par l'encadrement de l'aéroclub pour prévenir le type de comportement à risque de certains membres.

4 - RECOMMANDATION DE SECURITE

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.

Organisation de stage de voltige

L'enquête a montré que l'organisation de l'aéroclub n'avait pas été en mesure de prévenir l'accident. Elle n'avait, entre autres, pas su identifier les risques inhérents à l'activité particulière que constitue l'organisation d'un stage de voltige sur un aérodrome non contrôlé. Ainsi, l'absence de procédures clairement établies quant à la préparation des vols, la surveillance du trafic et la veille de la fréquence radio au sol, et la lutte contre les dérives comportementales de certains de ses membres a contribué à l'accident.

La mise en place réglementaire à partir de 2018 d'un système de gestion de la sécurité devrait permettre de fournir aux aéroclubs les outils leur permettant d'améliorer la sécurité sous la surveillance de leur autorité de tutelle.

Les structures d'encadrement des aéroclubs ne délivrant pas de formation PPL ne sont pas soumises aujourd'hui à une surveillance de leur autorité de tutelle. L'enquête a également identifié une certaine hétérogénéité dans la manière dont ces aéroclubs appréhendaient les aspects de sécurité, et en particulier dans le cadre spécifique de l'organisation d'un stage de voltige sur un aérodrome non contrôlé.

A la différence de l'organisation d'un stage tel que celui organisé par l'aéroclub impliqué dans l'accident, l'organisation d'une manifestation aérienne ou d'une compétition nécessite une autorisation préalable et doit satisfaire à des obligations et contraintes strictes afin de garantir son bon déroulement. Les risques gérés dans les deux cas présentent néanmoins des similitudes. La DGAC, en coordination avec les fédérations, a réalisé des campagnes de promotion de la sécurité et édité des guides de bonnes pratiques sur le thème de la manifestation aérienne.

En conséquence le BEA recommande que :

- **la DGAC, en coordination avec les fédérations, conduise une réflexion sur les actions à mettre en œuvre pour aider les aéroclubs à garantir un niveau de sécurité acceptable, y compris lors d'une période d'activité intense ou inhabituelle. [Recommandation 2016-001]**

ANNEXES

Annexe 1

Consigne locale temporaire N°02/09/EG

Annexe 2

Méthodologie de reconstitution de la vision du pilote

Annexe 3

Méthodologie de positionnement de la caméra dans l'espace par analyse d'une image

Annexe 4

Reconstitution de la trajectoire d'intégration du pilote du CAP 10

Annexe 1

Consigne locale temporaire N°02/09/EG



DIRECTION DE LA SECURITE DE L'AVIATION CIVILE Ouest
DELEGATION REGIONALE CENTRE

CONSIGNE LOCALE TEMPORAIRE N° 02/09/EG

VALABLE DU 07 JUILLET 2009 AU 15 AOUT 2009

OBJET:

Utilisation de l'aérodrome d'Argenton-sur-Creuse.

BENEFICIAIRES :

Pilotes d'aéronefs basés et ceux basés temporairement suivant l'accord délivré par le Club ULM 36 gestionnaire de l'aérodrome pour des activités de voltige et de vol à voile organisées par l'aéro-club Marcel Dassault Voltige et l'Association de vol à voile de l'Estuaire de la Seine.

CONTEXTE :

Durant les stages de vol à voile (du 07/07/2009 au 15/08/2009), d'une part la piste revêtue est également utilisable pour les remorquages de planeurs et d'autre part la piste non revêtue est réservée aux planeurs, avions de servitude ou aux pilotes d'aéronefs autorisés.

aux planeurs, avions de servitude ou aux pilotes d'aéronefs autorisés.
Par ailleurs, pour satisfaire aux besoins du stage de voltige (du 11/07/2009 au 15/08/2009) il est créé temporairement un axe de voltige à la verticale de l'aérodrome et une modification des limites et des conditions d'utilisation de l'axe permanent N°6400, ce qui implique des conditions particulières pour cette activité.

La présente consigne déroge aux conditions permanentes d'utilisation de l'aérodrome et complète celles qui sont publiées temporairement.

* Des informations aéronautiques temporaires sont publiées (4 NOTAM) et sont annexées à la présente consigne.

1 - CONDITIONS GENERALES:

- Tous les pilotes bénéficiaires de la présente consigne doivent en avoir pris connaissance par l'intermédiaire du gestionnaire de l'aérodrome. Les responsables des associations de voltige et de vol à voile s'assurent de sa bonne application par leurs membres.

- Chaque matin les responsables des associations de voltige et de vol à voile communiquent les prévisions de trafic au gestionnaire de l'aérodrome qui organise de façon stratégique les activités pratiquées sur les deux pistes de manière à assurer constamment une bonne fluidité des mouvements sur les pistes. Le gestionnaire peut aussi intervenir tactiquement pour ajuster cette organisation. Il pourra, si besoins, ordonner la suspension temporaire des remorquages sur la piste revêtue ou/et celle des mouvements d'avions non remorqueurs ou d'ULM sur la piste non revêtue.
- Préalablement à tout vol les bénéficiaires doivent obtenir du gestionnaire de l'aérodrome les renseignements sur l'activité de l'aérodrome et l'organisation des vols. La consultation des dernières informations aéronautiques temporaires qui pourraient être publiées demeure une obligation pour chaque pilote.
- Les atterrissages et/ou décollages simultanés sur les deux pistes sont interdits.
- Tout atterrissage ou décollage sur la piste revêtue sera interrompu si un planeur est immobilisé sur la demie largeur contiguë de la piste non revêtue.

2 – UTILISATION DE LA PISTE REVETUE (du 07/07/2009 au 15/08/2009)

2.1. – Mesures particulières :

- Le remorquage des planeurs sur la piste revêtue n'est autorisé qu'entre 08h30 et 18h30 UTC et si le gestionnaire de l'aérodrome a donné son accord en fonction de la stratégie qu'il aura définie lors de la concertation quotidienne avec les différents organisateurs des activités. Il pourra être suspendu à tout moment sur simple demande du gestionnaire.
- L'usage de la radio est rendu obligatoire de 08h30 à 18h30 UTC pour tous les aéronefs à l'exception des planeurs qui n'en sont pas équipés. Cette obligation n'est pas exigible si le gestionnaire de l'aérodrome a donné son accord alors qu'il se sera assuré qu'aucune activité de remorquage ne se produira pas durant les mouvements (départs et arrivées) des aéronefs non équipés de radio.
- Le pilote de l'avion remorqueur assure l'auto-information sur la fréquence 123.5 MHz pour le tandem avion/planeur, les planeurs équipés de radio veillent la fréquence.
- Les planeurs et le remorqueur sont placés en attente sur les aires définies et ne doivent pas pénétrer dans la bande dégagée de piste tant que le décollage ne peut être envisagé sans gêner les aéronefs qui se présentent à l'atterrissage. La bande dégagée de piste est matérialisée par la marque de point d'arrêt avant piste et sa ligne de projection de part et d'autre du taxiway.
- Un seul et unique planeur peut être mis en piste.
- Le largage du câble ne doit pas être effectué sur la piste revêtue.
- L'atterrissage des planeurs n'est pas autorisé sur la piste revêtue.

2.2. – aires d'attente pour planeurs :

Deux aires d'attente sont définies.

- Au Nord de la courbe extérieure du taxiway avant le point d'arrêt du QFU 22,
- A l'Ouest de la courbe extérieure du taxiway avant le point d'arrêt du QFU 04.

3 – UTILISATION DE LA PISTE NON REVETUE (du 07/07/2009 au 15/08/2009)

- Cette piste et les circuits associés sont réservés aux planeurs et avions de servitudes. En l'absence d'activité de vol à voile, de planeurs sur la piste non revêtue et dans les circuits associés, les aéronefs basés et les aéronefs participant aux stages de voltige sont autorisés à l'utiliser.
- Les planeurs et avions de servitudes sont placés hors piste sur le côté Sud-Est en dehors des opérations liées aux atterrissages et décollages.
- Après atterrissage d'un planeur celui-ci doit dégager sans tarder la demie bande contiguë à la piste revêtue.

4 – DISPOSITIONS POUR LES AXES DE VOLTIGE (du 11/07/2009 au 15/08/2009)

4.1. – Création d'un axe de voltige temporaire à la verticale de l'aérodrome :

- Axe réservé aux pilotes d'aéronefs équipés de radio autorisés par la Délégation Régionale Centre ; Les bénéficiaires de la présente consigne et qui participent au stage organisé par l'aéro-club Marcel Dassault sont considérés comme des pilotes autorisés.
- Dates éhoraires : du 11 juillet 2009 au 15 août 2009 de 06h00 UTC à Ss.
- Longueur 3000 mètres, axé sur la piste revêtue et centré sur l'ARP de l'aérodrome.
- La largeur n'est pas définie. Cependant aucune évolution de voltige ne doit être pratiquée au-delà du hameau des Cédelles à l'ESE de l'aérodrome.
- Plancher 1500 ft AAL (2200 ft AMSL) plafond FL 55.

4.2. – Axe permanent N°6400 :

En raison de sa proximité avec l'axe temporaire à la verticale de l'aérodrome les conditions de son utilisation sont modifiées et publiées par NOTAM pour la période du 11/07/2009 au 15/08/2009.

- Axe réservé aux pilotes d'aéronefs équipés de radio autorisés par la Délégation Régionale Centre. Les bénéficiaires de la présente consigne et qui participent au stage organisé par l'aéro-club Marcel Dassault sont considérés comme des pilotes autorisés. Des autorisations pourront être délivrées directement par la Délégation Régionale Centre à des pilotes non bénéficiaires de la présente consigne, elles seront assorties des mêmes obligations.
- En cas d'activité sur l'axe à la verticale de l'aérodrome la longueur de l'axe est réduite à 2000 mètres (au lieu de 4000 mètres). Seule la section Est de cet axe est alors utilisable entre les routes départementales D 30A et D 21B (hameau Les Nielloux).
- Les autres caractéristiques de cet axe sont inchangées (axe D 927, de 06h00 UTC à Ss, de ~~1650~~ /~~2~~ sol à FL 40.

4.3. – Conditions communes pour les deux axes :

- Les deux axes étant situés en totalité ou partiellement en espace aérien de classe E, les conditions VMC doivent être acquises, visibilité supérieure ou égale à 5000 mètres, distances aux nuages 1500 mètres en latéral et 300 mètres en vertical.
- L'usage de la radio sur la fréquence 123.5 MHz est obligatoire durant les évolutions. Des messages d'auto-information seront émis pour signaler les activités de voltige aux autres usagers. Les axes seront dénommés « voltige verticale aérodrome d'Argenton » et « voltige axe au Nord-Est d'Argenton ».
- Avant de débuter les activités le matin, l'après-midi et en soirée le responsable du stage de voltige ou son représentant prendra contact avec l'APP de Poitiers téléphone **05.49.37.23.14** pour les informer du programme. La suspension ou l'arrêt des activités seront également signalés à cet organisme. Cet organisme fixera les modalités d'établissement des contacts radio qui devront toutefois être établis avec l'APP de Poitiers sur 130.900 MHz pour toute activité au-dessus du FL 40.

LFFA-D4679/09

A) LFEG **ARGENTON SUR CREUSE**
B) 2009 Jul 11 00:00 C) 2009 Aug 15 23:59
E) VOLTIGE SUR AD:
PSN: 463545N 0013604E CENTRE SUR ARP
AXE: RWY REVETUE 04/22
LONGUEUR: 3000M
INFO: A/A: 123.500MHZ,
APP POITIERS: 130.900MHZ
F) 1500FT AGL
G) FL055

LFFA-D4680/09

A) LFEG **ARGENTON SUR CREUSE**
B) 2009 Jul 07 00:00 C) 2009 Aug 15 23:59
E) RWY REVETUE 04/22 RESERVE ACFT AVEC RADIO ET
REMORQUEURS PLANEURS
AUTORISES PAR LA DELEGATION CENTRE

LFFA-D4685/09

A) LFEG **ARGENTON SUR CREUSE**
B) 2009 Jul 07 00:00 C) 2009 Aug 15 23:59
E) RWY NON REVETUE 04/22 ET CIRCUITS ASSOCIES
RESERVES :
AUX PILOTES AUTORISES DE PLANEURS ET D'AERONEFS

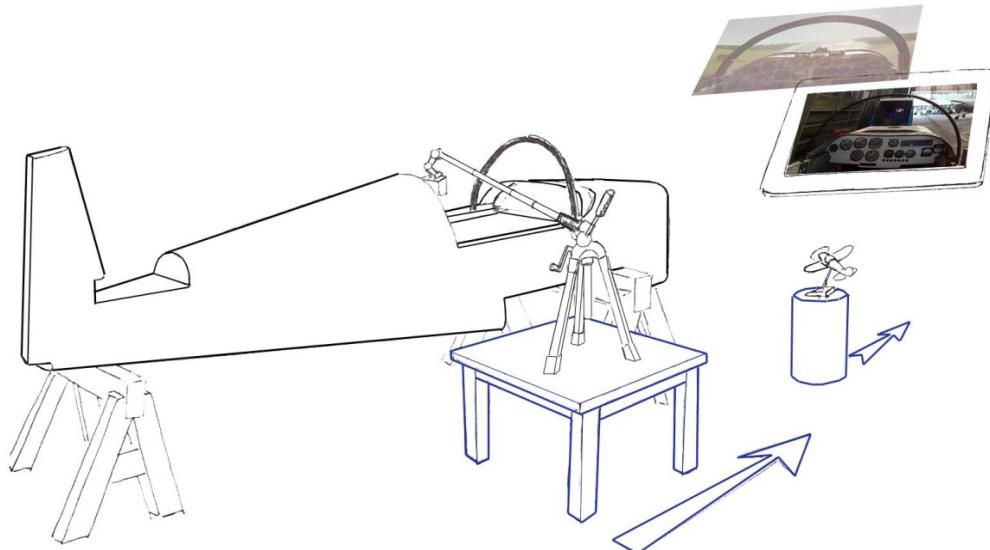
Annexe 2

Méthodologie de reconstitution de la vision du pilote

Le fuselage du premier Cap 21 a été utilisé afin de reconstituer la vision du pilote du Cap 21.

Une caméra d'un modèle identique à celle utilisée par le pilote du Cap 21 a été fixée au bout d'une perche qui reposait sur une plateforme mobile. Cette caméra a été placée dans l'habitacle à la même position que celle de l'accident (position calculée par l'analyse de la vidéo). Cette méthode a permis d'afficher la vidéo en cours d'enregistrement sur une tablette tactile par liaison sans fil. Une maquette du Cap 10 F-GUMI a également été placée sur une plateforme mobile.

Des transparents imprimés avec les dernières images de la vidéo de l'accident ont été placés sur l'écran de la tablette tactile et la maquette a été déplacée afin d'obtenir la superposition exacte entre le film réalisé et les images imprimées sur les transparents.



Une fois la superposition effectuée, la perche articulée a été avancée de 25 à 30 cm pour simuler la vision du pilote.

Annexe 3

Méthodologie de positionnement de la caméra dans l'espace par analyse d'une image

AVERTISSEMENT

Les mesures réalisées sur cette image ont été effectuées grâce à une grille de déformation optique créée par calibration d'une caméra Gopro 3 Silver identique à celle qui était embarquée dans le Cap 21 et dont les réglages ont pu être déterminés par analyse des caractéristiques des images récupérées (angle de champs).

Les lentilles de la Gopro étant symétriques sur leur axe de rotation, les déformations sur l'image sont donc symétriques par rapport au centre du cadre, ce qui permet de faire tourner la grille de déformation autour de son centre pour effectuer les mesures et les relevés angulaires.

Il a été tenu compte dans les calculs de hauteur de la marge d'erreur engendrée par la topographie du terrain qui tient lieu d'horizon et qui s'est avérée négligeable.

L'objectif de ces calculs est de reconstruire les trajectoires des deux aéronefs peu avant la collision.

ETAPE 1 : TRACER DES VERTICALES A L'HORIZON TERRESTRE EN AU MOINS 2 POINTS
(Méthode valable pour un horizon passant près du centre de l'image)

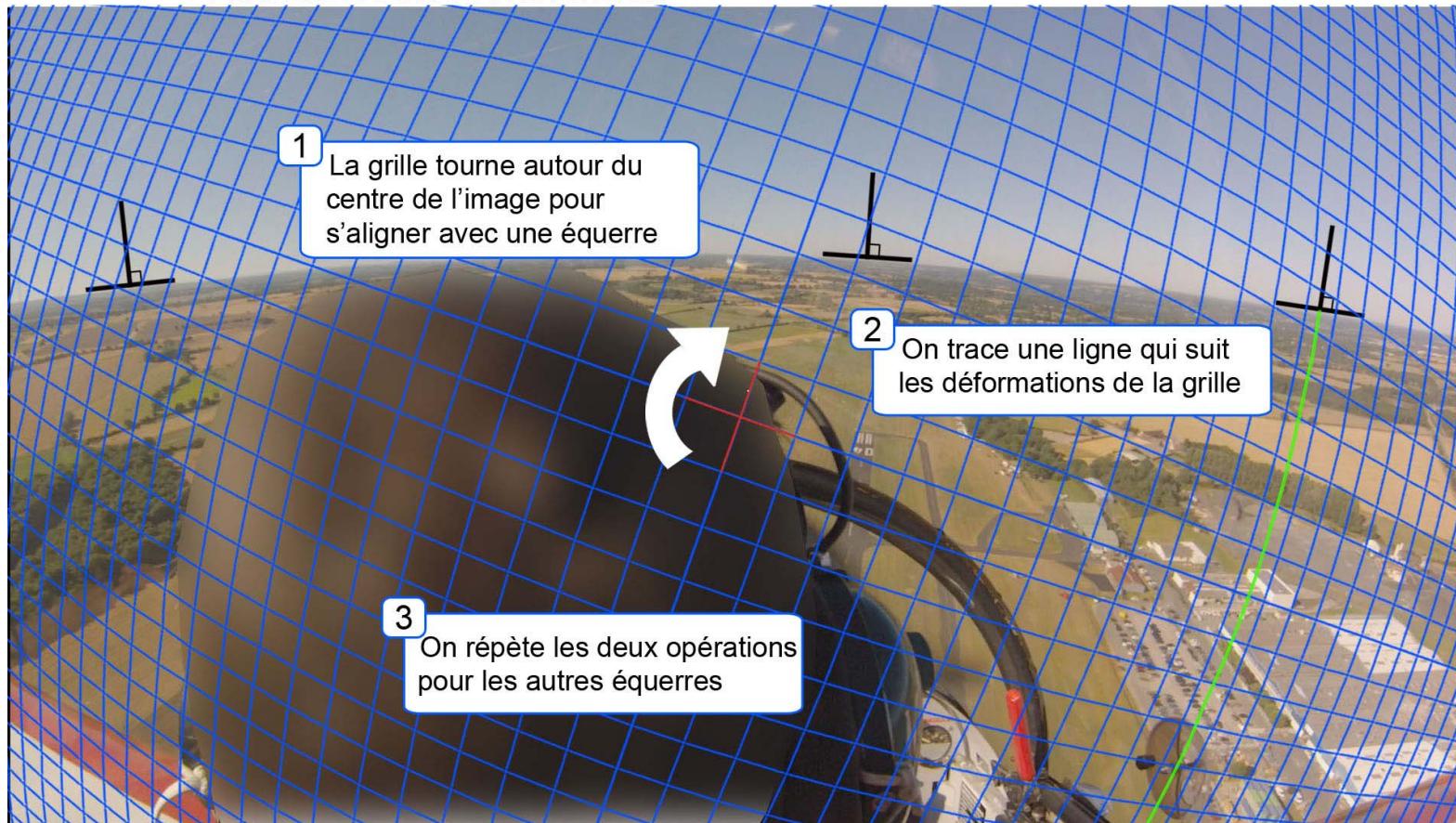


Origine de la photo : Extraction vidéo au temps 10h20s00i

Temps indiqués en heure locale (UTC +2h)

Equerre

ETAPE 2 : TRACER DES LIGNES, SUIVANT LA GRILLE DE DEFORMATION OPTIQUE, A PARTIR DES PERPENDICULAIRES A L'HORIZON

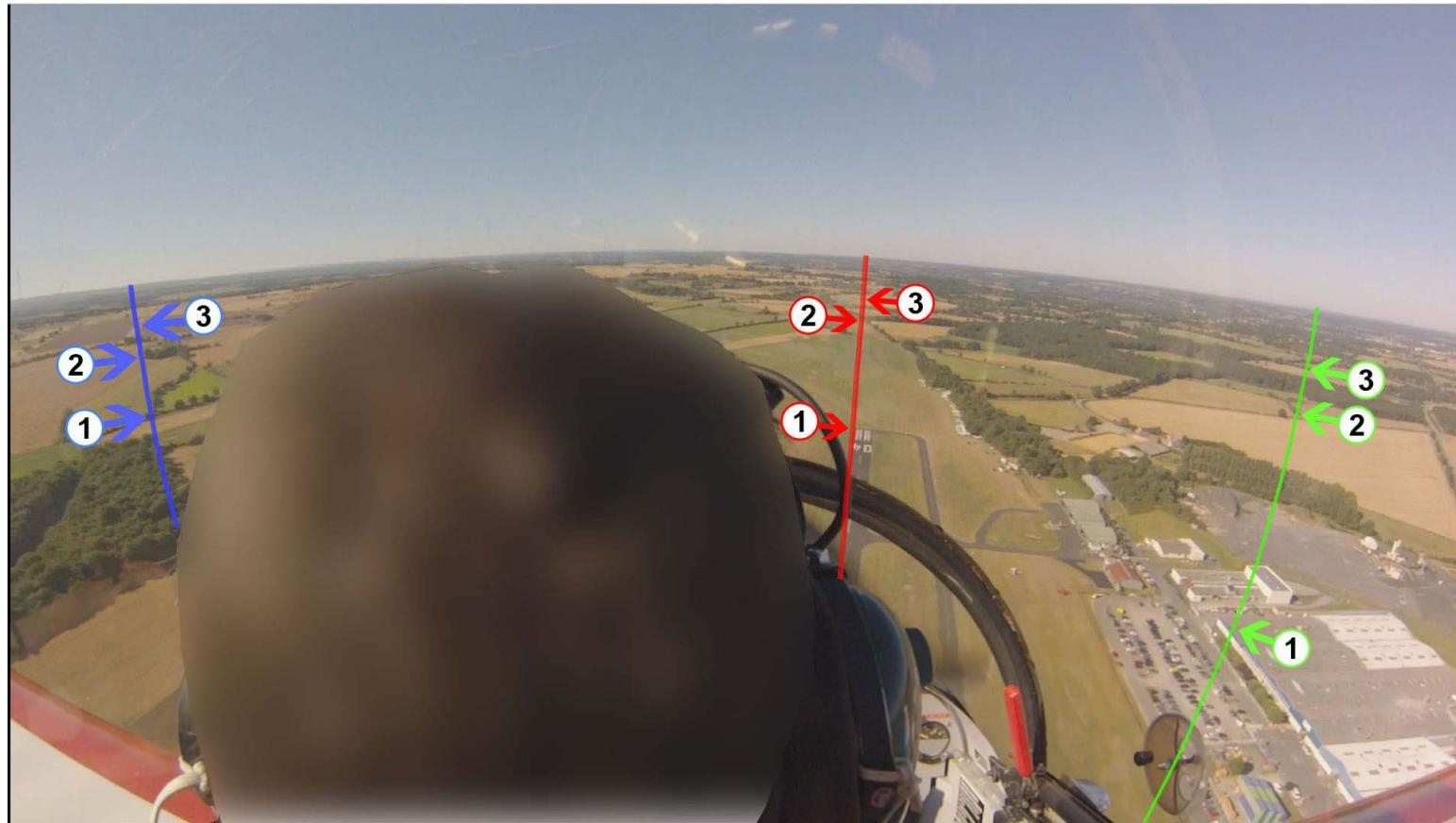


Origine de la photo : Extraction vidéo au temps 10h20s00i

Temps indiqués en heure locale (UTC +2h)

Alignement 1

ETAPE 3 : Relever des points de repère caractéristiques sur chaque alignement



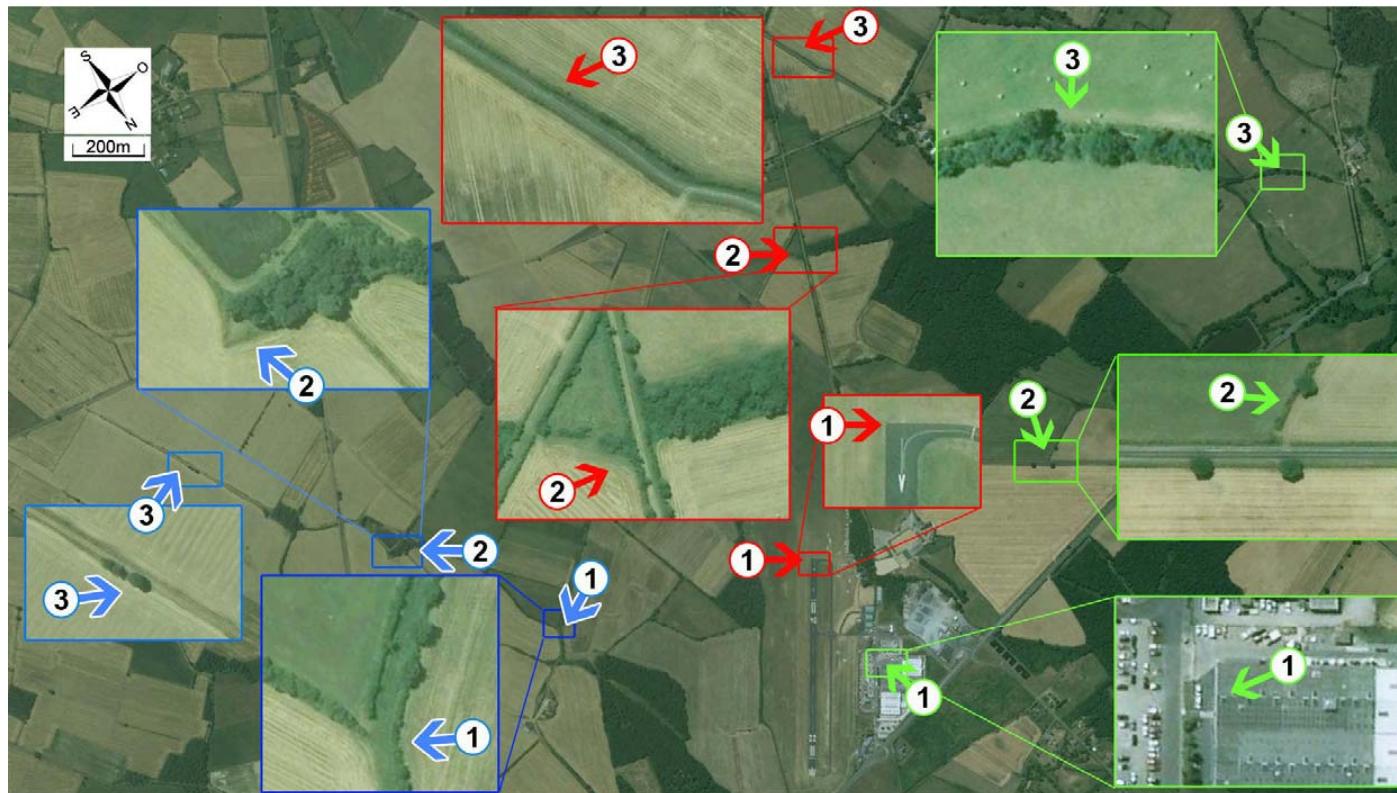
Origine de la photo : Extraction vidéo au temps 10h20s00i

Temps indiqués en heure locale (UTC +2h)

Alignement 1
Alignement 2
Alignement 3

Point de repère

ETAPE 4 : IDENTIFICATION SUR UNE CARTE OU UNE VUE AERIENNE DES POINTS DE REPERES TROUVES EN ETAPE 3.

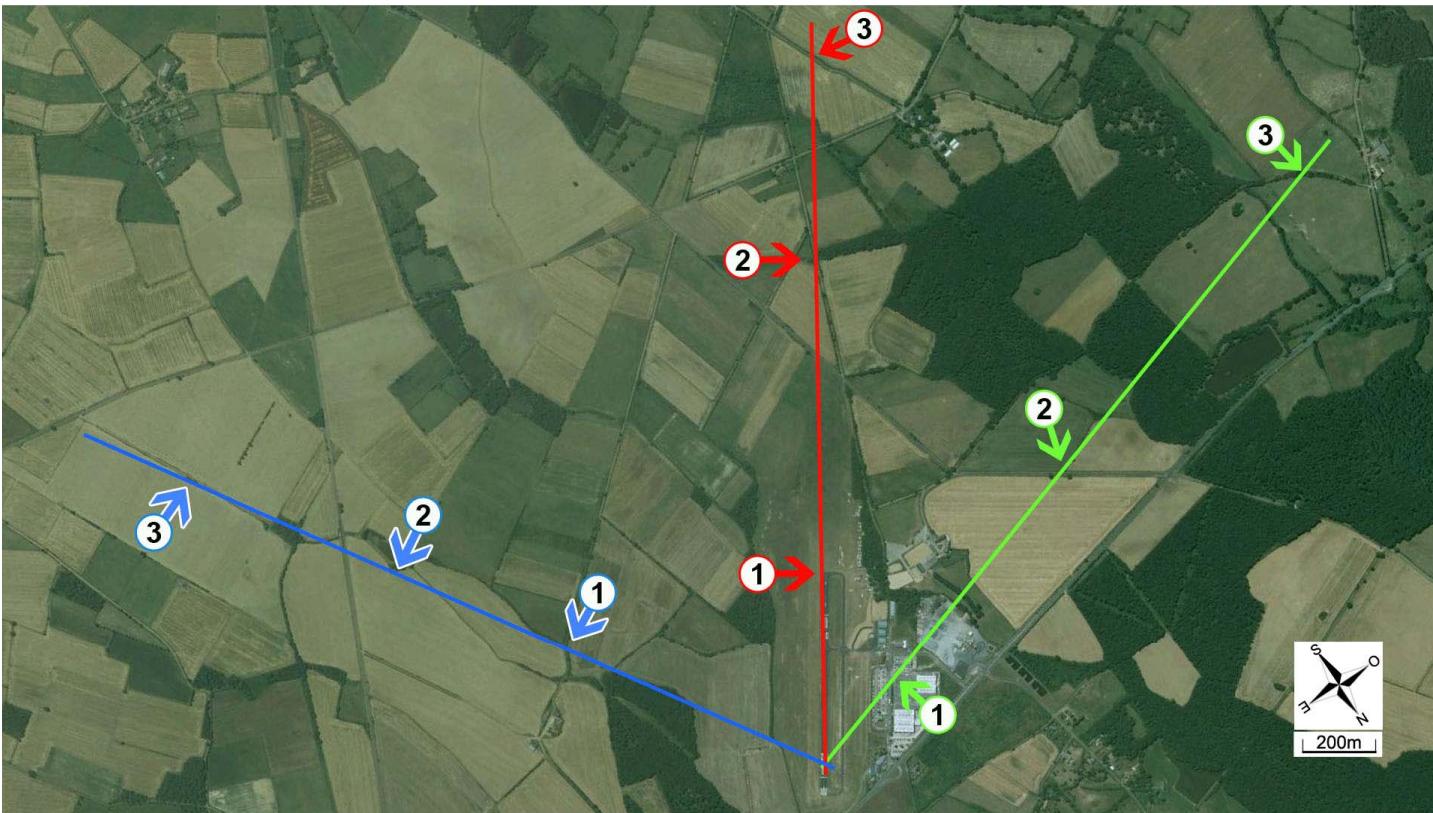


Origine du fond de carte : Google Earth

Remarque : Certains détails sur la vue aérienne peuvent avoir changé par rapport à l'image extraite qui est plus récente.

Par exemple le seuil de piste 04 n'est plus décalé sur la vidéo.

ETAPE 5 : TRACE DES DROITES D'ALIGNEMENT QUI PASSENT PAR LES POINTS DE REPERES TROUVES EN ETAPE 4.

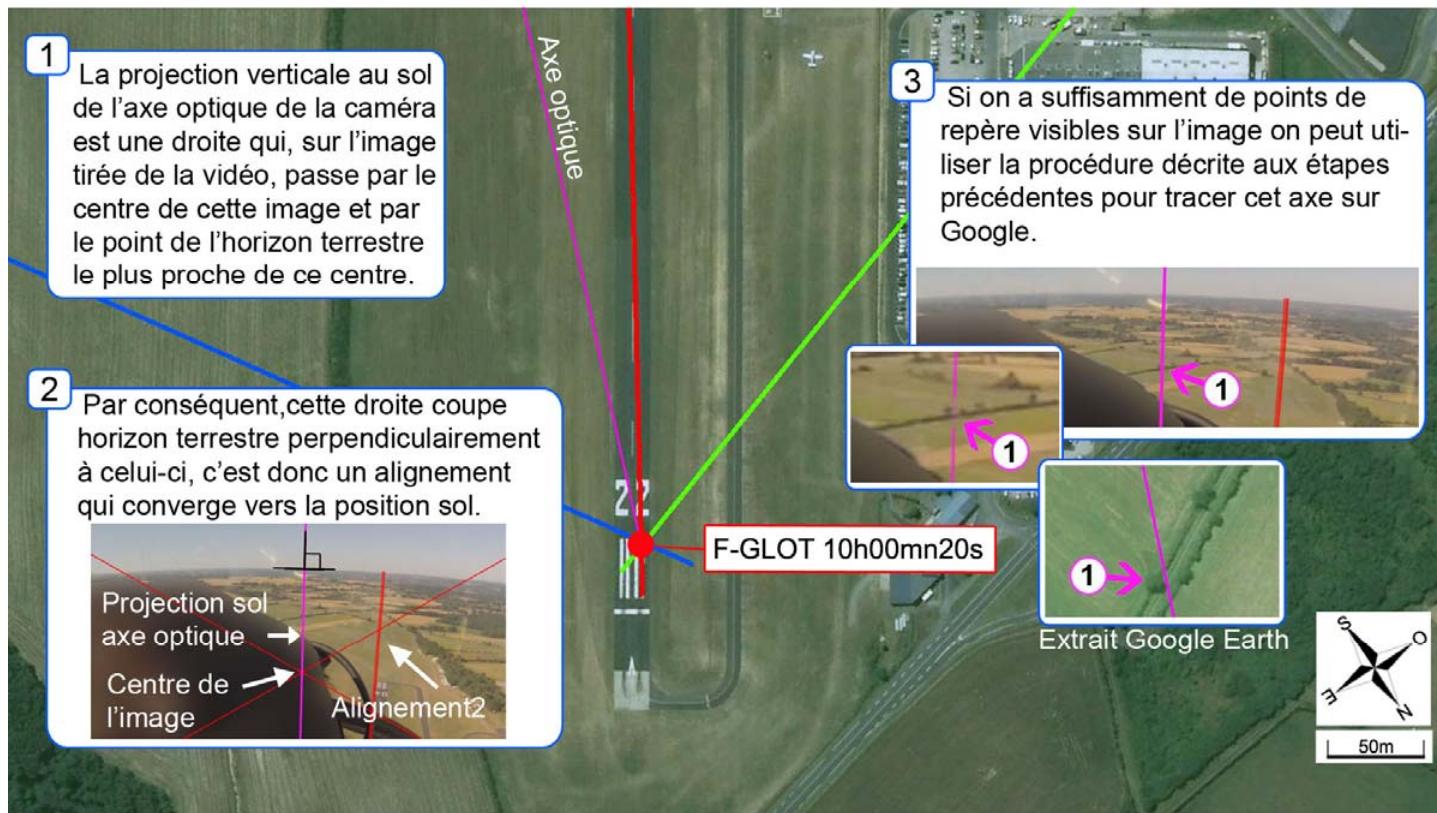


Origine du fond de carte : Google Earth

Remarque : Si les courbes d'alignements ont été correctement tracées en Etape 3 et les points de repères, sélectionnés sur l'image, reconnus sur le fond de carte ou la vue aérienne, les courbes deviennent des droites convergentes vers une position au sol.

- Alignement 1
- Alignement 2
- Alignement 3

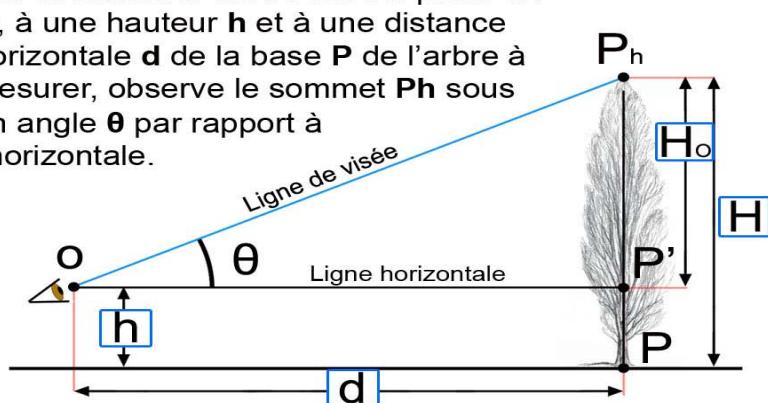
ETAPE 6 : MARQUER LA POSITION SOL DU F-GLOT A LA CONVERGENCE DES ALIGNEMENTS
ET TRACER LA PROJECTION SOL DE L'AXE OPTIQUE DE LA CAMERA.



Origine du fond de carte : Google Earth
Origine des images : Vidéo Embarquée

ETAPE 7 : PRINCIPE DE CALCUL DE HAUTEUR PAR MESURE ANGULAIRE.

- 1 Un observateur dont l'oeil est placé en **O**, à une hauteur **h** et à une distance horizontale **d** de la base **P** de l'arbre à mesurer, observe le sommet **P_h** sous un angle **θ** par rapport à l'horizontale.



2

- On peut en déduire la hauteur **H** de l'arbre, par rapport au pied de l'observateur de la façon suivante :

$$\tan \theta = P'P_h/P'O = H_o/d$$

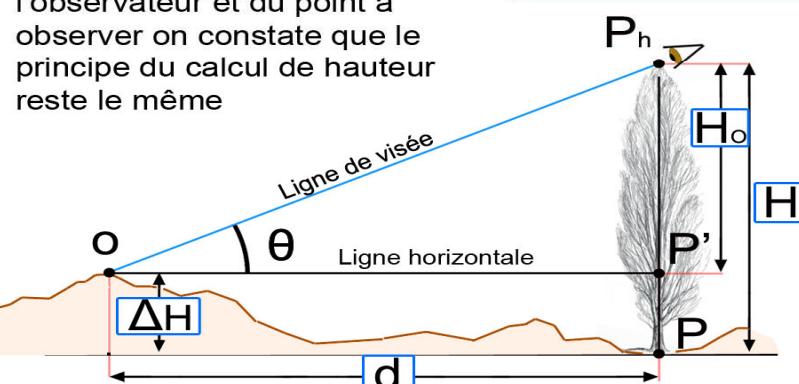
donc : $H_o = d \cdot \tan \theta$

et donc : $H = H_o + h = d \cdot \tan \theta + h$

$$H = d \cdot \tan \theta + h$$

- 3 En permutant les positions de l'observateur et du point à observer on constate que le principe du calcul de hauteur reste le même

ΔH = différence d'altitude entre les points O et P



4

- Dans ce schéma la hauteur **h** de l'oeil de l'observateur est remplacée par la différence d'altitude ΔH entre le point observé et la position sol de l'observateur.

La formule garde la même forme

$$H = d \cdot \tan \theta + \Delta H$$

ETAPE 8 : UTILISATION DE L'HORIZON TERRESTRE POUR LE CALCUL DE HAUTEUR.

1 En reprenant la formule trouvée en étape 7 : $H = d \cdot \tan \theta + \Delta H$

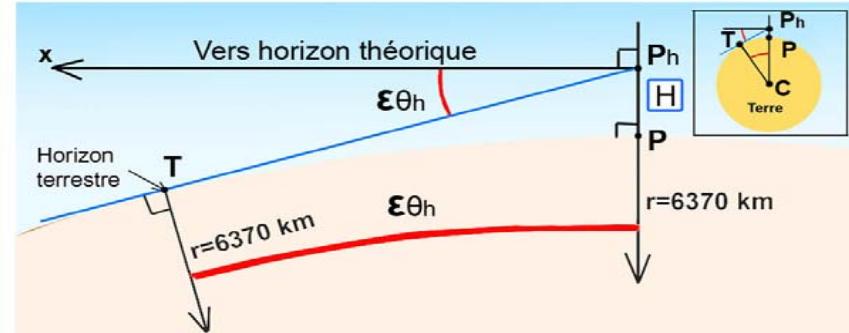
On peut remplacer l'angle θ par l'angle θ_h , θ_h étant l'angle entre la ligne de visée du point P_h sur O et une droite parallèle à la droite horizontale OP' et qui passe par le point P_h . Cette droite va à l'infini vers un horizon théorique.

On a donc : $H = d \cdot \tan \theta_h + \Delta H$

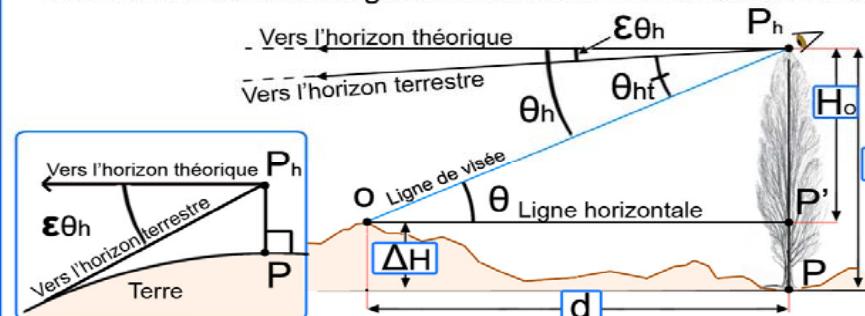
Cet horizon théorique n'étant pas visible sur l'image à analyser, on va considérer l'horizon terrestre réel.

3 En supposant la terre comme une sphère parfaite de centre C et de rayon $r = 6370$ Km.

Une droite qui part de P_h tangente la surface terrestre en T



2 Du fait de la courbure de la surface terrestre, l'horizon terrestre se trouve en dessous de l'horizon théorique. Il en résulte un écart angulaire ϵ_{θ_h} entre ces deux horizons



Le calcul de hauteur s'exprime alors comme suit :

$$H = d \cdot \tan(\theta_{ht} + \epsilon_{\theta_h}) + \Delta H$$

4 La demi droite P_hX étant perpendiculaire à la droite P_hC et le triangle CTP_h étant rectangle en T :

$$\begin{aligned} \text{On en déduit : Angle } TCP &= \epsilon_{\theta_h} \\ \cos(\epsilon_{\theta_h}) &= CT/CP_h = CT/(CP+PP_h) \\ &= r/(r+H) \end{aligned}$$

On en déduit l'écart angulaire ϵ_{θ_h}

$$\epsilon_{\theta_h} = \text{Arcos}(r \text{ terrestre}/(r \text{ terrestre}+H))$$

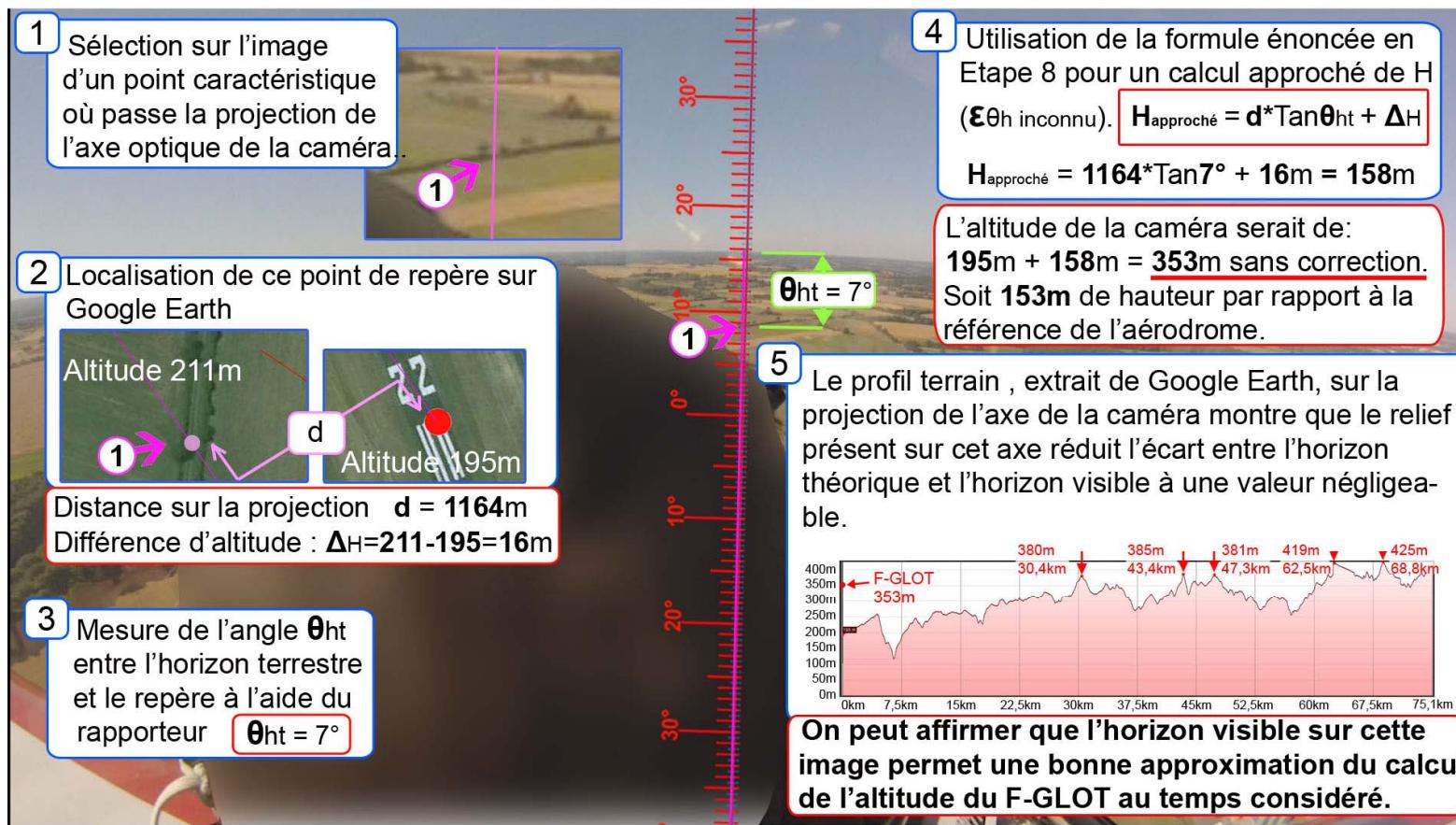
5

Exemples de calcul :

$$H = 200\text{m } \epsilon_{\theta_h} = 0,45^\circ$$

$$H = 1000\text{m } \epsilon_{\theta_h} = 1,015^\circ$$

ETAPE 9 : CALCUL DE HAUTEUR SUR L'HORIZON VISIBLE.



Origine des images : Extraction vidéo au temps
10h00mn20s locale
Images Google Earth

1 → Point de repère

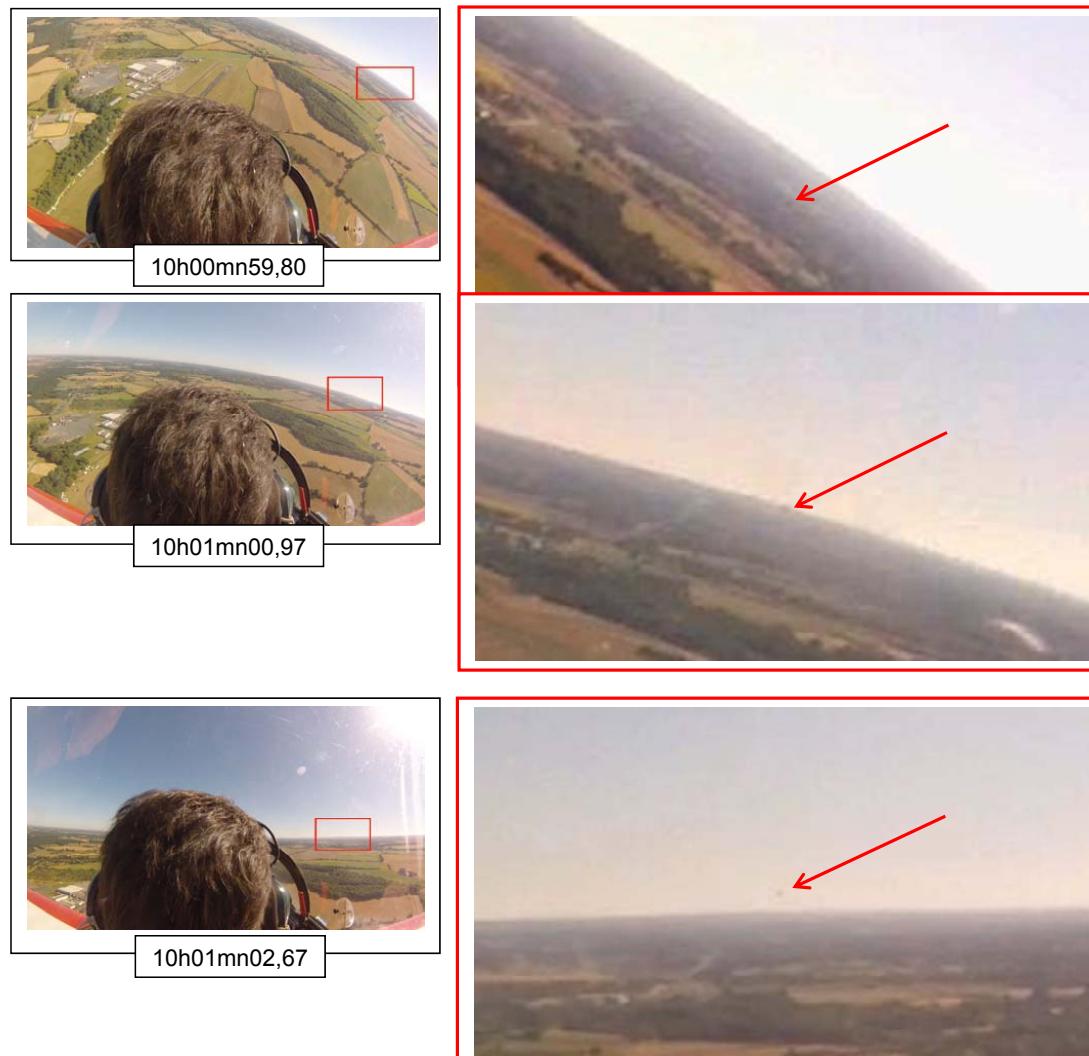
Axe optique de la caméra

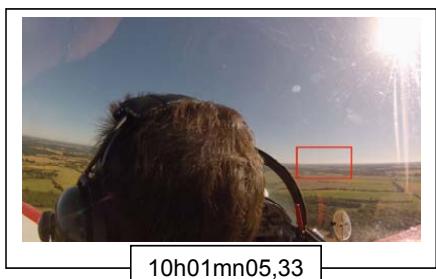
Annexe 4

Reconstitution de la trajectoire d'intégration du pilote du CAP 10 immatriculé F-GUMI

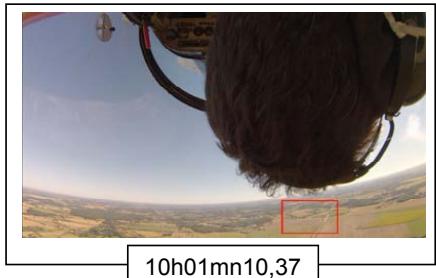
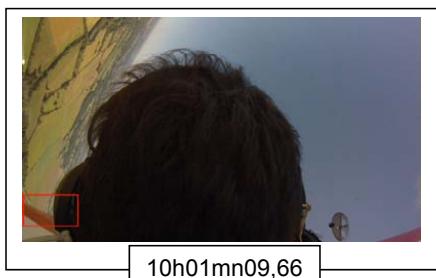
Lors des dernières figures de voltige effectuées par le pilote du Cap 21 avant la collision, c'est-à-dire une ressource suivie d'un palier à contre QFU et d'une montée avec tonneau à facettes, les images enregistrées par la caméra embarquée permettent d'identifier un objet volant.

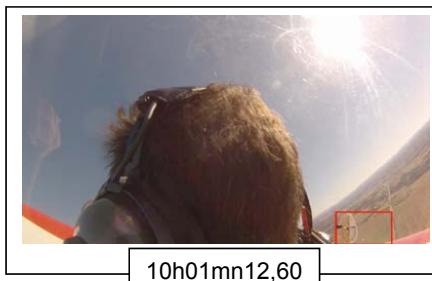
Une série d'images a été extraite de la vidéo pour effectuer une estimation de la trajectoire de cet objet volant (flèche rouge sur les photos ci-après).





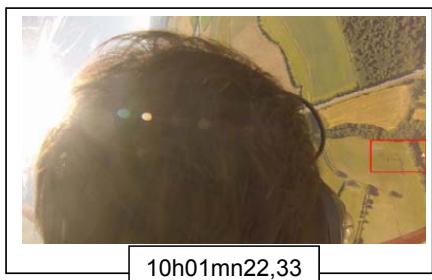
Les photos suivantes montrent un objet clair, cela peut s'expliquer par le fait que les premières images de cet objet, dont le relèvement est plus proche de l'azimut et du site du soleil le placent pratiquement à contre-jour alors que les images suivantes le montrent plus bas que le Cap 21 et plus écarté de l'azimut du soleil ce qui lui donne un albédo plus important.





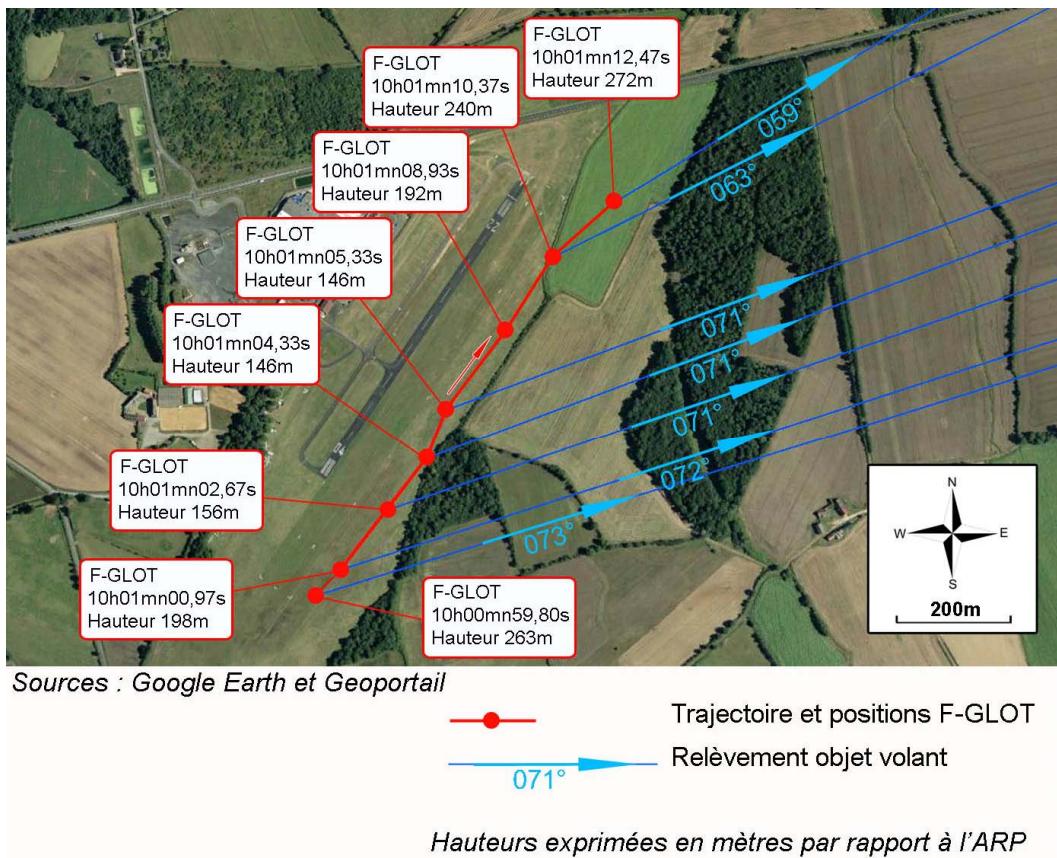
Le grossissement apparent de l'objet indique qu'il est en rapprochement. Les évolutions du Cap 21 masquent par la suite la progression de l'objet volant.

Une dizaine de secondes plus tard, l'assiette et la position du F-GLOT permettent d'apercevoir un aéronef qui s'avère être le F-GUMI.

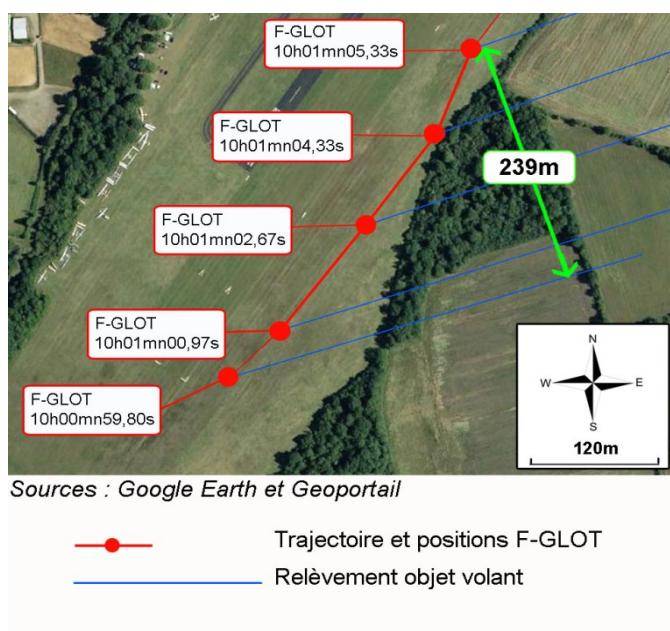


Un relèvement en site et azimut de l'objet volant, du point de vue du Cap 21, a été calculé pour certaines photos ainsi que la position du F-GLOT aux temps indiqués en heure locale (heure : minutes : secondes, centièmes de secondes).

Ci-dessous le tracé des relèvements successifs de l'objet volant par rapport aux différentes positions sol du F-GLOT.



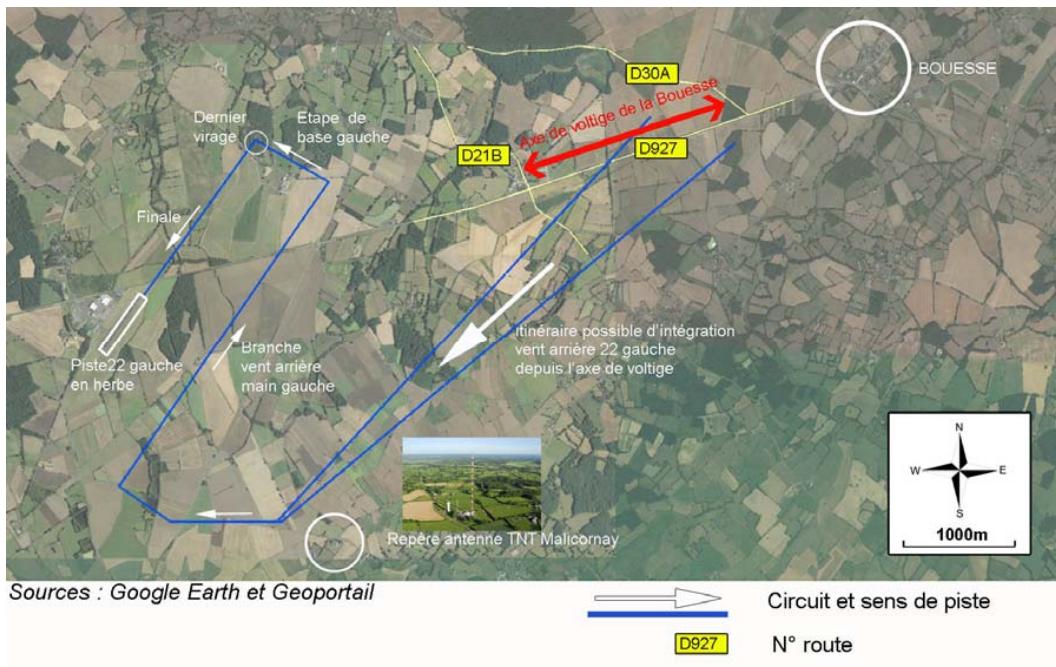
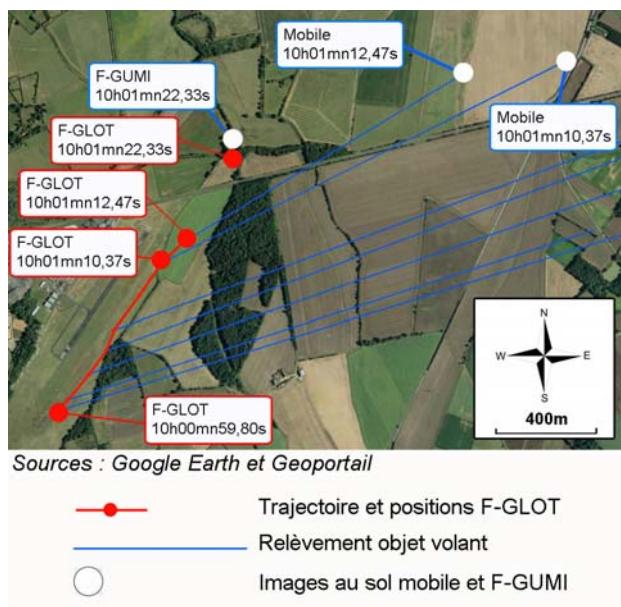
La distance horizontale minimale que pouvait parcourir le mobile entre les relèvements pris aux temps 10 h 00 mn 59,80 s et 10 h 01 mn 05,33 s est de 239 mètres, parcourue donc en 5,53 s au cap 341°. Ce qui donne une vitesse horizontale moyenne de : $239/5,53 = 43,22 \text{ m/s}$ soit **155 km/h**. Il s'agit d'une vitesse horizontale trop élevée pour être un oiseau. **On peut donc considérer que ce mobile volant est un aéronef.**



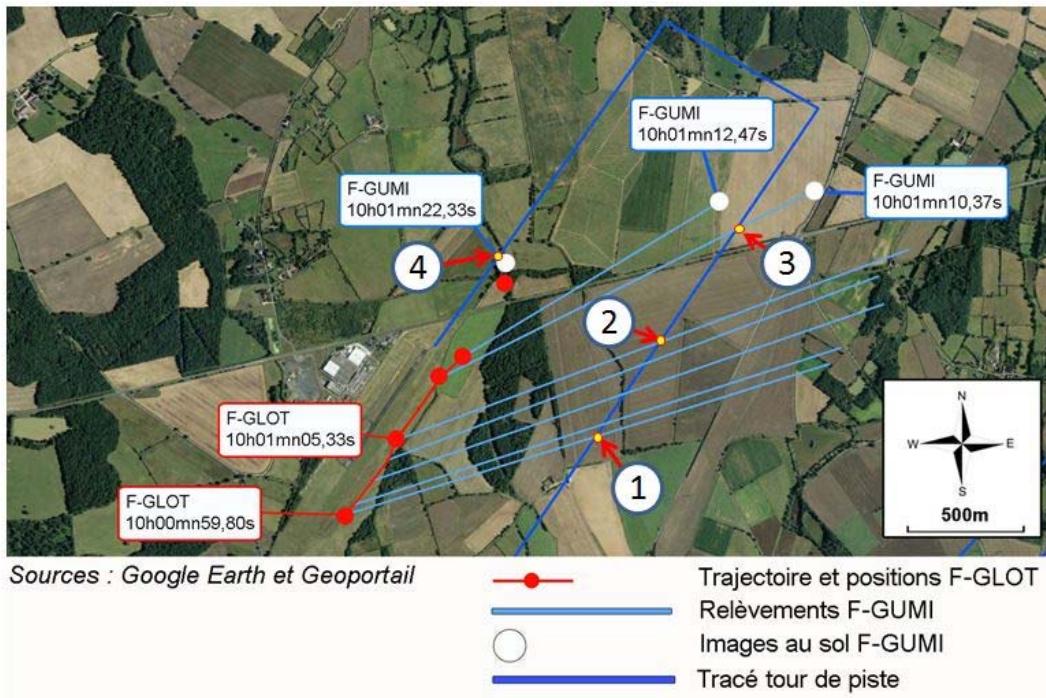
Les projections au sol des images du mobile par rapport aux positions du Cap 21 aux temps 10 h 01 mn 10,37 s et 10 h 01 mn 12,47 s permettent d'affirmer que le mobile est en rapprochement par rapport au F-GLOT. La trajectoire de ce mobile est cohérente avec celle du F-GUMI.

Comparaison avec le circuit d'aérodrome main gauche piste 22 en herbe

Un schéma du circuit d'aérodrome de la piste en herbe 22 a été fourni au BEA à titre d'information. Celui-ci a été mis à l'échelle et projeté sur un fond Google Earth/ Géoportail pour comparaison avec les relèvements de la trajectoire estimée du F-GUMI.



La juxtaposition du schéma du tour de piste et des relèvements calculés à partir des images permet de mettre les quatre points caractéristiques suivants.



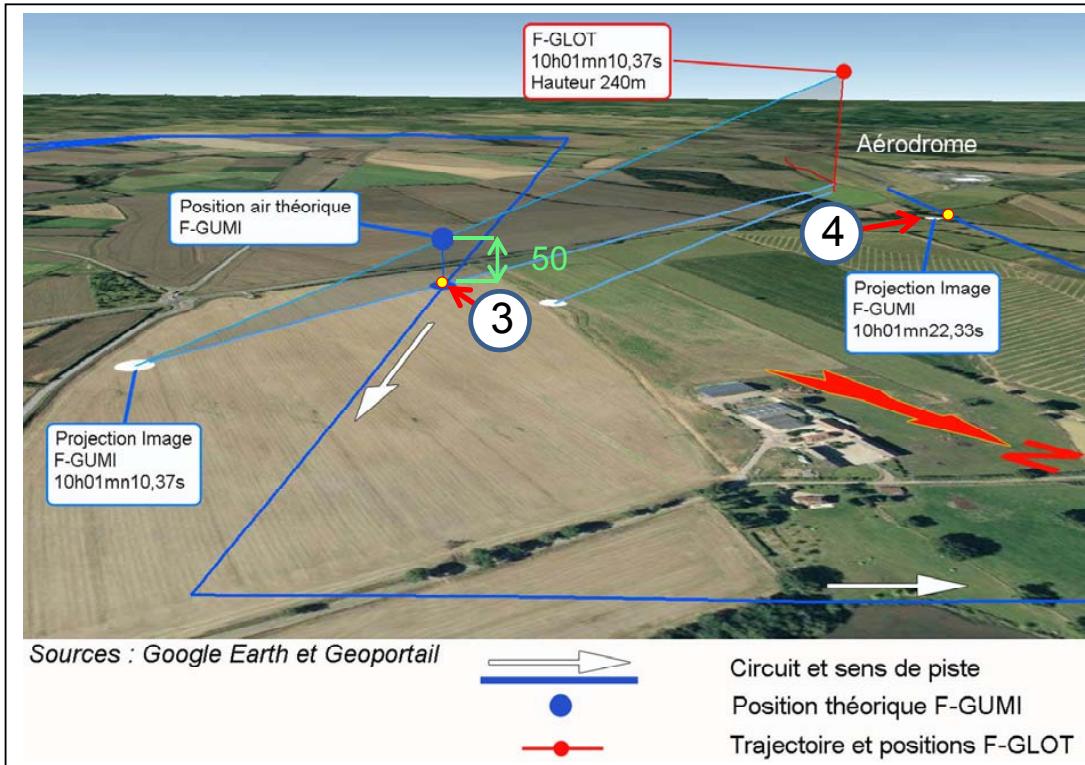
1 - La tenue de la trajectoire usuelle en vent arrière, au cap 040°, entre les relèvements à 10 h 00 mn 59,80 s et 10 h 01 mn 05,33 s, aurait fait parcourir une distance de 489 mètres au F-GUMI, entre les points **1** et **2**, dans le temps imparti de 5,53 s. Soit : **489/5,53=88 m/s** et donc en km/h : **88*3,6=318 km/h** de moyenne

Il est plus probable que le F-GUMI, dans cet intervalle de temps suivait une trajectoire convergente avec l'axe de piste entre les caps 340° et 040° avec une vitesse moyenne supérieure ou égale à **155 km/h** pour une route au 340° (voir calculs plus haut).

2 - De même, le maintien du tour de piste entre les points **1** et **4**, soit une distance cumulée d'environ 3 675 mètres pour un intervalle de temps de 22,53 s nécessite une vitesse moyenne de : **3675/22,53=163 m/s** soit : **163*3,6=587km/h** ce qui est au-delà du domaine de vol d'un Cap10.

3 - La position de la projection de l'image du F-GUMI au temps 10 h 01 mn 12,47 s place la position sol réelle du F-GUMI entre la position sol du F-GLOT et ce point considéré à ce moment, à l'intérieur du circuit d'aérodrome standard.

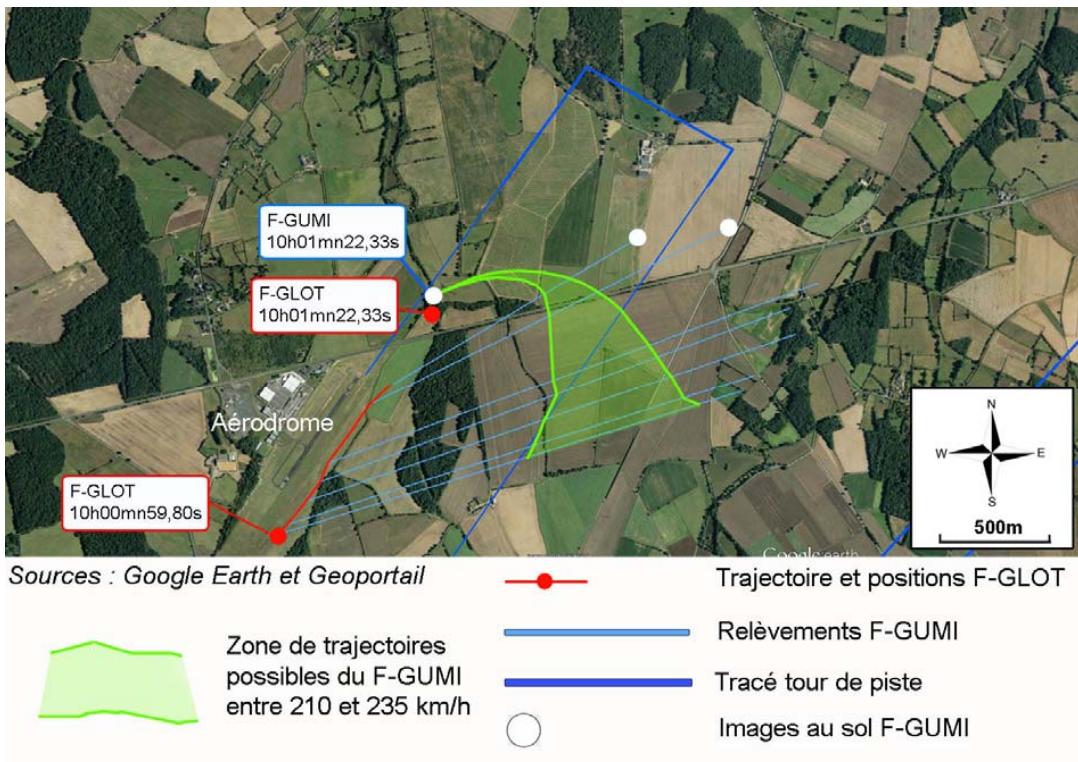
4 - La perspective entre la position air du Cap 21, au temps 10 h 01 mn 10,37 s et l'image au sol du Cap10 aurait imposé une hauteur sol d'environ 50 mètres à l'aéronef s'il avait respecté le tour de piste au point **3** (*voir figure suivante*).



La distance entre les points **3** et **4** étant de 1 070 mètres une translation entre ces deux points en 11 s 96 donnerai une vitesse moyenne de : **$1070/11,96=89 \text{ m/s}$** soit **320 km/h** ce qui est peu probable.

Trajectoire probable du F-GUMI

D'après les différents relèvements du Cap 10 par rapport aux positions successives du Cap 21 à des temps déterminés on peut définir une enveloppe de trajectoires possibles du F-GUMI en prenant comme référence une vitesse sol allant de 210 km/h à la vitesse de manœuvre **V_a** qui est de 235 km/h, proche de la vitesse horizontale constatée avant sa montée en virage gauche.



La trajectoire extérieure est calculée pour une vitesse sol constante de 235 km/h

BEA

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

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

