

Accident du Flugzeugbau GmbH Extra 200
immatriculé **F-GZXV**
survenu le 15 août 2016
à Salon Eyguières (13)

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

Heure	À 10 h 25 ⁽¹⁾
Exploitant	Club
Nature du vol	Aviation générale
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, avion détruit

**Perte de connaissance en vol, collision avec le sol,
lors d'un vol de voltige**

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote décolle de la piste 33 de l'aérodrome de Salon Eyguières vers 10 heures et se présente sur l'axe de voltige 15/33 à la verticale de l'aérodrome. En liaison radio avec l'instructeur voltige du club resté au sol pour le superviser, il débute son programme de catégorie National 1, défini lors du briefing. Après environ 15 minutes de vol, il annonce qu'il lui reste la moitié du réservoir de carburant⁽²⁾ et qu'il poursuit ses évolutions. Il monte à une hauteur de 3 000 ft au cap 330 et effectue la figure suivante. Il se met en vol dos par un demi-tonneau, qu'il maintient pendant environ 20 secondes, puis réduit la puissance et déclenche une vrille dos qu'il arrête après un tour avec l'avion en piqué à la verticale. Il enchaîne la remontée par $\frac{3}{4}$ de boucle sous facteur de charge positif. Au sommet de la figure, en vol dos, l'avion suit une trajectoire à piqué sous un angle d'environ 45°, plein gaz. L'instructeur essaye de contacter le pilote mais n'obtient aucune réponse. L'avion entre en collision avec le sol.

⁽²⁾Soit 16 litres.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques mesurées sur l'aérodrome au moment de l'accident étaient :

- un vent de secteur est à nord-est pour 2 kt ;
- CAVOK ;
- température 28°C.

2.2 Examen du site et de l'épave

L'examen du site montre que l'avion est entré en collision avec le sol avec une forte assiette à piqué, un léger dérapage, une inclinaison latérale nulle et une forte énergie qui a entraîné la dislocation de l'avion. La projection des débris est orientée selon un axe au 030 à partir du point d'impact.

Compte tenu de la fragmentation de l'épave, la continuité des commandes n'a pu être vérifiée que partiellement. Les principaux éléments constitutifs de l'avion ont été identifiés.

Une caméra de type GoPro et sa carte mémoire ainsi qu'un accéléromètre numérique ont été retrouvés à bord de l'avion.

2.3 Niveaux de qualification en voltige et limites de facteur de charge

Il existe deux niveaux de qualification en voltige aérienne permettant d'accéder à des niveaux de compétition :

- « *voltige* » pour concourir en catégorie Espoir ;
- « *voltige avancée et négative* » pour concourir en catégorie Promotion, National 2, National 1, Excellence et Elite.

Pour les catégories Espoir, Promotion et National 2, des limites réglementaires de facteur de charge pour pénalisation ou élimination sont imposées aux pilotes. Les valeurs extrêmes sont +5,75/-4,25 Nz.

Dans les catégories National 1, Excellence et Elite, les valeurs limites sont celles fixées par le constructeur de l'avion, soit dans le cas de l'Extra 200 +10,1/-10,1 Nz.

2.4 Expérience du pilote

Le pilote, titulaire d'un brevet de pilote avion PPL(A) depuis 2013, totalisait 218 heures de vol.

Il avait obtenu la qualification voltige avancée et négative le 16 novembre 2014 sur CAP10c et avait été autorisé le 14 décembre 2014 à voler en solo sur Extra 200 après trois vols en double commande avec un instructeur. Il était qualifié en catégorie National 1 depuis juillet 2016.

Il avait, depuis la qualification voltige avancée et négative, réalisé 85 vols d'entraînement à la voltige⁽³⁾ et 31 h 45 de vol dont 72 vols et 26 h 50 sur Extra 200, la majorité de ces vols ayant été effectués sur le F-GZXV. Pour l'année 2016, il totalisait 36 vols et 13 h 30 d'entraînement à la voltige dont 29 vols et 10 h 50 sur le F-GZXV.

Le pilote détenait un certificat médical d'aptitude classe 2 valide jusqu'en février 2019 et un certificat médical annuel préalable à la pratique des sports de compétition, spécialité voltige délivré le 26 mars 2016.

⁽³⁾ Les vols durent entre 15 et 30 minutes.

2.5 Examen de l'accéléromètre et limites de facteur de charge

L'accéléromètre de l'avion enregistre et garde en mémoire, pour les 200 derniers vols de l'avion, les valeurs maximales d'accélération en positif et en négatif ainsi que les dépassements des seuils définis par l'utilisateur⁽⁴⁾.

Les données récupérées sont les suivantes :

- ❑ les valeurs extrêmes d'accélération atteintes depuis la mise en service de l'avion sont +9,8/-6,5 Nz ;
- ❑ les valeurs maximales d'accélération enregistrées au cours des 19 vols précédents effectués par le pilote sont +5,4/ -3,8 Nz ; sur cette période aucun dépassement des seuils n'a été enregistré ;
- ❑ les valeurs maximales d'accélération enregistrées au cours du vol de l'accident sont +8,5 Nz/-6,3 Nz ; il n'a pas été possible de déterminer avec certitude si ces valeurs ont été atteintes pendant le vol ou si elles résultent de la collision avec le sol ;
- ❑ les valeurs des seuils de l'alarme sonore du vol de l'accident sont +7,5 Nz/-6,5 Nz.

2.6 Témoignages

L'instructeur⁽⁵⁾ indique que le pilote était arrivé en avion⁽⁶⁾ à 8 h 45 le matin sur l'aérodrome. Ils avaient effectué le briefing, au cours duquel ils avaient défini le programme du vol de catégorie National 1, les figures à réaliser et revu les consignes de sécurité concernant les contraintes physiologiques liées au facteur de charge et les postures à adopter pour y résister⁽⁷⁾.

Le pilote avait pris place à bord de l'avion vers 10 heures et l'instructeur s'était positionné à l'extérieur du club pour avoir une vue dégagée sur la zone d'évolution, qui se situe sur l'axe de voltige 15/33 entre 2 000 et 3 000 ft. La radio était réglée sur la fréquence VHF dédiée à la voltige.

L'instructeur précise que le pilote a effectué une mise dos pour s'assurer que le harnais était bien attaché puis a débuté les figures comme définies lors du briefing. Lors du vol, l'instructeur a commenté par radio la précision et la géométrie des figures. Les échanges radio avec le pilote étaient brefs et « *normaux* ». Le pilote n'a pas mentionné de problème particulier.

Après environ 15 minutes de vol, alors que le pilote a annoncé qu'il lui restait « *un demi-réservoir* », l'instructeur lui a rappelé le déroulement de la figure suivante⁽⁸⁾ et qu'il devait tirer doucement sur le manche pour limiter le facteur de charge lors de l'enchaînement « *négatif/positif* ».

Alors que le pilote a terminé en vol dos la figure à l'issue d'un $\frac{3}{4}$ de boucle vers une hauteur qu'il estime vers 2 500 ft, il a entendu à la radio le pilote dire « *oh la vache* ». Il a vu l'avion se mettre en descente et repasser sur le ventre avec une pente d'environ 45°, plein gaz jusqu'à l'impact avec le sol. Il a effectué plusieurs appels radio et n'a eu aucune réponse du pilote.

Un autre pilote de voltige présent sur l'aérodrome a vu l'avion, en fin de figure, suivre une trajectoire descendante sous environ 45° de pente et décalée de l'axe de voltige jusqu'à l'impact avec le sol. Le bruit du moteur était régulier et semblait correspondre au « *plein gaz* ». Il n'a pas vu de pièce se détacher de l'avion. Il indique que selon lui, à partir de la fin de la figure, « *l'avion ne lui semblait plus piloté* ».

⁽⁴⁾Le pilote règle, avant le vol, les seuils G+/G- déclenchant une alarme sonore qui indique le dépassement des seuils.

⁽⁵⁾CPL(A), FI(A), instructeur voltige, 1 500 heures de vol, chef pilote de la section voltige.

⁽⁶⁾En provenance de l'aérodrome de Ruoms Labeaume après 45 min de vol.

⁽⁷⁾Ce rappel porte notamment sur la contraction des muscles abdominaux et la respiration forcée et rapide toutes les trois secondes lors des figures sous facteur de charge positif.

⁽⁸⁾Mise dos, un tour de vrille en négatif, sortie en piqué et remontée par $\frac{3}{4}$ de boucle en positif.

2.7 Exploitation de la vidéo

L'enregistrement vidéo, issu de la caméra GoPro retrouvée dans l'avion, débute lors de la montée initiale et se termine environ deux secondes après le sommet de la dernière figure réalisée, soit quelques dizaines de secondes avant la collision de l'avion avec le sol. Ceci est lié à la technologie d'enregistrement de la caméra qui utilise une mémoire tampon volatile.

Pendant toute la durée de l'enregistrement, le pilote porte des lunettes de soleil, ce qui ne permet pas d'observer ses yeux.

Au moment où le pilote débute le $\frac{3}{4}$ de boucle, son visage est couvert de sueur et les traits du visage sont marqués. Il exerce une franche action à cabrer sur la commande de profondeur et contracte ses muscles abdominaux ; cette manœuvre le place en apnée. Il effectue la figure au rythme de 30 degrés par seconde environ.

Après avoir entamé le deuxième quart de boucle, il porte son regard vers l'aile gauche pendant près de deux secondes puis de nouveau vers l'avant de l'avion pendant la seconde suivante. A ce moment, l'avion se trouve à la fin du deuxième quart de boucle, à la verticale. Le pilote n'a ni relâché la contraction des muscles abdominaux ni repris sa respiration.

On constate pendant la seconde suivante que les traits de son visage sont moins marqués et que sa tête s'incline lentement vers la gauche. Ses lèvres décrivent un mouvement compatible avec la phrase rapportée par l'instructeur. La tête poursuit le mouvement d'inclinaison sur la gauche jusqu'à la fin de l'enregistrement qui survient moins d'une seconde après. A la fin de cette phase, l'avion se trouve à environ 30 degrés de la verticale sur une trajectoire ascendante en vol dos.

La vidéo met également en évidence dans les minutes qui précèdent la dernière figure :

- une tendance du pilote à baisser la tête comme pour porter fréquemment son regard à l'intérieur de l'avion évoquant une difficulté à se concentrer et à manifester de plus en plus de signes d'inconfort ;
- la présence de signes d'hypertonie vagale (bâillement, reprise de souffle, sueurs).

2.8 Renseignements médicaux

La succession de figures acrobatiques entraînent une sollicitation des mécanismes de régulation de la pression artérielle, destinés à maintenir une pression systolique suffisante au niveau du ventricule gauche afin d'irriguer le cerveau. Ces mécanismes varient dans le temps au cours d'une même séance en raison notamment de la fatigue et d'un jour à l'autre chez un même individu.

Lorsqu'elle est appliquée au-delà de trois secondes, l'apnée qui accompagne la contraction abdominale entraîne une diminution du retour veineux des poumons vers le ventricule gauche et, par-là, une diminution de sa pression systolique ainsi que de la fréquence cardiaque.

La respiration forcée et rapide toutes les trois secondes permet de maintenir l'apport d'oxygène dans le sang et de retarder les effets de la diminution de l'irrigation du cerveau.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Facteurs favorisant le malaise

Le pilote n'a pas pris en compte, dans sa décision de poursuivre le programme, les signes pouvant traduire une altération de ses capacités à résister aux effets des accélérations (bâillement, reprise de souffle, sueurs).

3.2 Contre-mesure contre-productive

Le pilote a réalisé la dernière figure sous facteur de charge positif en contractant ses muscles abdominaux et en maintenant l'apnée pendant toute la durée de la manœuvre soit environ six secondes jusqu'à la survenue des signes annonciateurs du malaise.

Cela a entraîné une diminution de l'irrigation et de l'oxygénation du cerveau, aggravée par le facteur de charge positif, à l'origine de la perte de connaissance.

3.3 Perte de connaissance

Le pilote a perdu connaissance sous l'influence de l'accélération positive subie au cours du $\frac{3}{4}$ de boucle, phénomène connu sous l'acronyme anglais G-LOC (G-force Loss Of Consciousness), combinée à l'absence de respiration forcée et rapide toutes les trois secondes. La modification du tonus musculaire visible au niveau du visage, la phrase prononcée par le pilote ainsi que la chute progressive du tonus des muscles du cou indiquent que le pilote a senti venir le malaise. Le caractère progressif du malaise est un phénomène connu pour des accélérations de l'ordre de +5g.

3.4 Conclusion

L'accident résulte de la perte de connaissance du pilote pendant le vol à l'issue d'une figure qu'il a entrepris sans avoir détecté une altération de ses capacités. La poursuite d'une posture pour limiter les effets d'un facteur de charge positif, qui est devenue contre-productive, a favorisé la perte de connaissance.

3.5 Enseignements

Des séminaires sont organisés par la FFA⁽⁹⁾ au profit des instructeurs voltige pour les former à sensibiliser les pilotes aux risques de G-LOC et à exposer les moyens de contrer ces risques.

Des programmes pourraient être mis en œuvre par les fédérations sportives à destination des pilotes pour leur permettre d'apprendre à se connaître dans le but d'évaluer à tout instant leur capacité à pratiquer des évolutions. Une telle connaissance aurait pu inciter le pilote à interrompre le vol.

Un approfondissement des connaissances physiologiques de l'adaptation aux accélérations, en particulier celles combinant successivement des accélérations négatives et positives, permettrait de préciser les contre-mesures améliorant la gestion par le pilote de ces contraintes pendant le vol.

⁽⁹⁾Fédération Française Aéronautique.