

Accident du Mudry Cap10 C
immatriculé **F-GNDL**
survenu le 11 septembre 2014
à Darois (21)

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

Heure	Vers 16 h 45 ⁽¹⁾
Exploitant	Aéroclub de la côte d'Or
Nature du vol	Aviation générale, instruction en double commande
Personnes à bord	Instructeur et pilote
Conséquences et dommages	Instructeur décédé, pilote blessé et aéronef détruit

**Sortie tardive de vrille, collision avec le sol,
en instruction voltige**

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote et l'instructeur décollent vers 16 h 30 de l'aérodrome de Dijon-Darois pour un vol d'instruction à la voltige à la verticale de l'aérodrome. Après une quinzaine de minutes plusieurs témoins aéronautiques voient l'avion en vrille s'écraser dans une zone boisée à environ un kilomètre de l'aérodrome.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et sur l'épave

Les observations réalisées sur le site montrent que l'avion a heurté la végétation avec une forte énergie, en descente sur une trajectoire rectiligne avec peu ou pas de vitesse de rotation sur l'axe de lacet.

Les observations et examens techniques réalisés sur l'épave n'ont pas révélé d'anomalie ayant pu contribuer à l'accident. Il a notamment été constaté que :

- les volets étaient rentrés et le fusible du circuit électrique de commande des volets était sorti⁽²⁾ ;
- le sélecteur du transpondeur était sur la position standby ;
- la verrière était fermée et verrouillée.

⁽²⁾Position recommandée lors d'exercice de voltige afin d'éviter toute commande intempestive de sortie des volets.

2.2 Témoignages

Le pilote n'a pas de souvenir du vol de l'accident.

Un témoin, possédant une expérience de la voltige, indique avoir vu l'avion débiter un exercice de vrille. Après six ou sept tours, il a perdu l'avion de vue, masqué par un hangar. Il précise que la vrille était stable et que l'avion avait une assiette d'environ 30° vers le bas. Il n'a pas identifié le sens de la vrille.

Au moment de l'accident, un avion s'intégrait dans le circuit d'aérodrome de Dijon-Darois. L'instructeur et le passager arrière ont vu le Cap 10 en vrille puis l'ont perdu de vue à proximité de la végétation. Ils précisent qu'ils n'ont pas entendu de message de l'équipage du Cap 10 sur la fréquence d'auto-information de l'aérodrome.

2.3 Renseignements sur la vrille

La vrille est une figure de voltige qui consiste à effectuer un décrochage dissymétrique. Elle est obtenue par le braquage de la gouverne de direction lors d'un décrochage. Une vrille peut être effectuée sur le ventre ou sur le dos. Lorsque les ailerons sont braqués dans le sens opposé à celui de la vrille, la figure s'aplatit : l'assiette à piquer se réduit et la vitesse angulaire de lacet augmente. Plusieurs facteurs (tels que le sens de rotation, le centrage, la puissance du moteur, ou la position des commandes) peuvent influencer le comportement d'un avion lors d'une vrille. Il est donc difficile de généraliser le comportement d'un avion en vrille. Sur les avions légers, l'assiette est d'environ 45° à piquer lors d'une vrille, et d'environ 20° à 30° à piquer lorsque la vrille s'aplatit.

Dans un enchaînement de figures de voltige, la sortie de vrille est généralement effectuée après un tour environ. Dans ces conditions la vrille n'a pas le temps de se stabiliser.

La vrille fait subir au pilote des rotations importantes, de l'ordre de 150°/s en roulis et lacet, en particulier lorsque la vrille est plate. De plus certaines vrilles peuvent être agitées avec des variations importantes des vitesses de rotation, générant un risque de désorientation du pilote. Lors de la sortie d'une vrille plate ayant été maintenue une dizaine de tours environ le pilote peut avoir une sensation de rotation résiduelle.

Les procédures de sortie de vrille varient suivant les avions. Néanmoins la sortie est généralement obtenue par le braquage de la gouverne de direction dans le sens opposé à la rotation. Dès l'arrêt de la rotation, les commandes doivent être mises au neutre avant d'effectuer une ressource souple.

2.4 Renseignements sur l'aéronef

La procédure de sortie de vrille indiquée dans la section 4 « *procédures normales* » du manuel de vol du F-GNDL est la suivante :

Vrilles positives	
Direction	à fond "contre" le sens de rotation jusqu'à l'arrêt de la rotation
Profondeur	secteur à cabrer jusqu'à l'arrêt de la rotation
Ailerons	"pour" jusqu'à l'arrêt de la rotation
Ailerons en cas de vrille à plat.....	à fond "pour" jusqu'à l'arrêt de la rotation

Figure 1 : extrait du manuel de vol du F-GNDL

Il y est également précisé que :

- « *si les gouvernes, profondeur ou ailerons, ne sont pas maintenues dans la position indiquée ci-dessus, la sortie est toujours possible mais plus ou moins longue* » ;
- « *la perte d'altitude est d'environ 400 pieds par tour, chaque tour de vrille nécessitant environ 2 secondes* » ;
- « *les vrilles à plat intentionnelles devraient être débutées à une hauteur avec une marge suffisante afin de permettre l'évacuation d'urgence de l'équipage à 3 000 ft minimum* ».

Au moment de l'accident l'avion était dans les limites de masse et de centrage établies par le constructeur. La masse estimée était de 745 kg pour une masse maximale au décollage de 780 kg, et le centrage était arrière à 24,27 % pour un centrage maximum de 25,86 %.

4.4.2 Influence du centrage

ATTENTION

En agissant principalement sur l'assiette de l'appareil, le centrage a énormément d'influence sur le comportement du CAP10 en vrille.

Centrage arrière (24 à 26%)

Assiette plate, environ 50°, vitesses indiquées de l'ordre de 150 km/h, tendance plate plus prononcée à gauche qu'à droite.

Centrage avant (22 à 20%)

Assiette à piquer, jusqu'à 70°, vitesse indiquée pouvant dépasser 180 km/h, tendance à piquer plus prononcée à droite qu'à gauche.
 Risque de dépassement de la Va pendant la vrille et la sortie. Appliquer immédiatement les consignes de sortie dès que la vitesse atteint 180 km/h.

Figure 2 : extrait du manuel de vol du F-GNDL

⁽³⁾Vidéo de démonstration de l'IASA : <https://vimeo.com/195448524>

⁽⁴⁾Dont plusieurs milliers sur avion de combat.

Sur les CAP10, en place gauche le pied de manche est décalé de plusieurs centimètres vers la droite. En place droite, le pied de manche est décalé de la même valeur vers la gauche. Ainsi en voulant positionner le manche en position neutre, un pilote peut mettre involontairement du gauchissement⁽³⁾.

2.5 Renseignements sur l'instructeur

L'instructeur, âgé de 60 ans, était un ancien pilote de combat de l'armée de l'air, qualifié chef de patrouille. Il détenait une licence de pilote privé de 1974, une qualification d'instructeur délivrée en 2001 en cours de validité. Il a obtenu son aptitude à la pratique de la voltige avancée en avril 2008. Il totalisait environ 7 000⁽⁴⁾ heures de vol sur avion.

En 2012, l'instructeur avait suivi à l'ENAC un stage « *voltige FI perfectionnement* » sur CAP10C. Deux heures de vols avaient été réalisées au cours desquelles avaient été pratiquées des exercices de vrille stabilisée et notamment de vrille plate ventre.

L'instructeur avait dispensé en instruction au club :

- en 2012, environ 57 heures de vol dont 45 en voltige sur le F-GNDL ;
- en 2013, environ 58 heures de vol dont 54 en voltige sur le F-GNDL ;
- entre le 1^{er} janvier 2014 et le jour de l'accident, 48 heures de vol dont 43 en voltige sur le F-GNDL (dont 20 h dans les trois mois précédant l'accident).

Le club a acheté le F-GNDL en juillet 2010. Avant cette période l'instructeur enseignait la voltige sur un Robin R2160.

Juste avant l'accident l'instructeur a dispensé à un autre pilote un vol d'instruction sur le F-GNDL. Ce dernier a indiqué que le vol d'une trentaine de minutes s'est déroulé sans incident et que les conditions météorologiques étaient bonnes. Il ajoute qu'il n'avait jamais fait de vrille entretenue.

2.6 Renseignement sur le pilote en situation d'instruction

Le pilote, âgé de 25 ans et titulaire d'une licence professionnelle de pilote avion CPL (A) de mars 2012⁽⁵⁾ et d'une qualification instructeur de 2012, totalisait environ :

- 1 590 heures de vol ;
- 26 heures de voltige dont 6 h 25 en tant que commandant de bord ;
- 4 h 15 sur CAP10C.

Le pilote a obtenu son premier cycle de voltige en octobre 2012 dans un autre club sur CR100. Après avoir arrêté la voltige, il s'est inscrit en mai 2014 dans le club pour reprendre la voltige dans le but de passer le second cycle. Depuis cette reprise il a réalisé les quatre vols, tous sur le F-GNDL en instruction double-commande :

- 17/07/2014, 31 min ;
- 24/07/2014, 35 min ;
- 20/08/2014, 24 min ;
- 04/09/2014, 25 min.

⁽⁵⁾Le pilote a obtenu sa licence de pilote privé PPL (A) en septembre 2006.

2.7 Club

Le club a une activité avion et ULM. Le président du club explique qu'il ne gère pas directement la pratique de la voltige. Cette activité représente un faible volume d'heures avec peu de pratiquants. Deux instructeurs du club dispensent l'ensemble de la formation voltige et ont chacun leurs élèves. La voltige est uniquement pratiquée en loisir.

Le second instructeur voltige du club indique qu'ils n'ont pas de programme formalisé et les élèves n'ont pas de livret de progression. Il précise que compte tenu du faible nombre d'élèves ils connaissent bien leurs acquis et leur progression. Il ajoute qu'ils ont pour habitude d'activer le transpondeur en mode C lors des séances de voltige.

2.8 Exercice de vrille

Le président et le second instructeur voltige du club indiquent que les vrilles stabilisées et les vrilles à plat n'étaient plus pratiquées au club depuis l'accident en 2010 d'un Cap 10 à Saint Rambert d'Albon⁽⁶⁾. L'instructeur précise que les exercices de vrille sont généralement débutés à une hauteur de 3500 ft à la verticale de l'aérodrome.

L'élève pilote indique qu'il n'avait pas de difficulté particulière pour réaliser des vrilles. La sortie s'effectuait avant un maximum de deux tours avec la procédure suivante sur CAP10 :

- pied contre ;
- manche au neutre en roulis ;
- manche légèrement en secteur avant.

Lors des sorties de vrille, il n'avait pas pour habitude de confirmer visuellement la position du manche. Pendant sa formation premier cycle⁽⁷⁾ de voltige sur CR100 il n'a pas pratiqué de vrille à plat ou de vrille stabilisée. Il a effectué une seule vrille stabilisée à plat lors d'un vol de mise en garde sur CAP10C au cours de sa formation pour l'obtention de sa licence CPL. Il précise que lorsqu'il a repris la voltige il n'a pas regardé le manuel de vol du F-GNDL avec l'instructeur, il pense que ce dernier a estimé qu'il connaissait déjà l'avion. Ils n'ont pas abordé la vrille à plat et sa procédure de sortie.

L'instructeur ayant dispensé la formation à l'ENAC « *voltige FI perfectionnement* » à l'instructeur de l'accident indique que pour sortir d'une vrille plate sur CAP10, il enseigne la procédure du manuel de vol :

- pied contre ;
- manche en secteur à cabrer ;
- roulis « à fond pour » (dans le sens de la vrille).

Cet instructeur précise que l'action en roulis est essentielle pour sortir d'une vrille plate ou stabilisée et qu'une action à piquer peut empêcher la sortie de la vrille plate. Il ajoute enfin qu'en cas de vrille à plat involontaire à une hauteur inférieure à 3 000 ft, il est impératif d'appliquer immédiatement la procédure avec une action en roulis maximale pour sortir rapidement de la vrille.

⁽⁶⁾Rapport du BEA : <https://www.bea.aero/les-enquetes/les-evenements-notifies/detail/event/perte-de-contrôle-en-voltige-evacuation-sous-parachute-de-leleve-collision-avec-le-sol-en-instruction/>

⁽⁷⁾Effectué dans un autre club que celui de l'accident.

Plusieurs instructeurs ayant une expérience importante de voltige y compris en compétition, indiquent également qu'une action en roulis à fond dans le sens de la vrille est indispensable sur CAP 10C, pour sortir rapidement d'une vrille plate ou stabilisée. Dans le cadre de l'entraînement à la voltige, les vrilles durent moins d'un tour et demi et n'ont pas le temps de se stabiliser. Une action à piquer est réalisée pendant la figure afin de répondre aux critères de notation utilisés en compétition.

Plusieurs voltigeurs ont indiqué que la vrille à plat est un phénomène mal connu et perçu comme dangereux, et par conséquent peu pratiqué en instruction.

2.9 Formation à la pratique de la voltige

2.9.1 Règlementation nationale

L'annexe de l'arrêté du 2 juillet 2007⁽⁸⁾ présente les enseignements en vol qu'il convient de dispenser. Notamment, la formation à la voltige élémentaire inclut l'enseignement en vol de « *la maîtrise des vrilles* :

- identification des divers types de vrille autorisés sur l'aéronef utilisé (ventre piquée et plate, piquée dos) ;*
- vrilles prolongées ;*
- exécution des sorties de vrille (ventre piquée et plate, piquée dos) ;*
- décrochage dos* ».

Note : les pilotes titulaires d'une qualification d'instructeur FI(A) qui sont par ailleurs aptes à la pratique de la voltige avancée peuvent dispenser des vols d'instruction à la voltige.

2.9.2 Règlementation européenne

Le règlement (UE) n°1178/2011 du 3 novembre 2011⁽⁹⁾ fixe les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile (FCL). Les exigences relatives à la pratique de la voltige et de l'instruction à la voltige, mises en application depuis le 8 avril 2018, n'étaient pas appliquées à la date de l'accident.

Dans les moyens de conformité de ce règlement (AMC1 FCL800 (f)) il est indiqué que pour l'obtention d'une qualification voltige, il faut avoir suivi une formation pratique incluant des mises en vrille et leur récupération. Il n'est cependant pas précisé les types de vrilles devant être réalisées.

Dans le paragraphe FCL.905.FI (f) il est précisé que pour instruire la voltige, un instructeur doit être qualifié à la voltige et avoir « *fait la preuve de son aptitude à dispenser une instruction* » pour la voltige à un instructeur qualifié. Les modalités ne sont pas définies.

2.10 Zone de voltige de Darois

La zone de voltige de Dijon Darois se situe à la verticale de l'aérodrome suivant un axe 02/20 (orientation de la piste). Le plancher est fixé à une hauteur de 1 650 ft et le plafond au FL045. Dans les conditions du jour ce plafond était à une hauteur d'environ 2 970 ft, ce qui permettait d'évoluer verticalement sur 1 320 ft.

La fréquence à utiliser est celle d'auto-information de l'aérodrome.

⁽⁸⁾ Arrêté fixant les conditions et les modalités de la formation spéciale des pilotes d'avions et de planeurs pour la pratique de la voltige aérienne, abrogé en décembre 2017.

⁽⁹⁾ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1178-20140403&from=FR>

⁽¹⁰⁾<https://www.bea.aero/les-enquetes/les-evenements-notifies/detail/event/perte-de-contrôle-en-voltige-evacuation-sous-parachute-de-leleve-collision-avec-le-sol-en-instruction/>

⁽¹¹⁾Institut pour l'Amélioration de la Sécurité Aérienne. L'IASA a cessé son activité mais la vidéo est toujours disponible sur <https://vimeo.com/195447859>

2.11 Événement antérieur

Le 4 juin 2010 le Cap10C immatriculé F-GRRR⁽¹⁰⁾ s'est écrasé lors d'un vol d'instruction à la voltige. L'enquête de sécurité a montré que l'accident était dû à la perte de contrôle de l'avion par l'équipage lors de l'exécution d'un exercice de vrille à plat, en raison de l'application erronée de la procédure de sortie de vrille.

Ont contribué à cet accident :

- les changements de stratégie répétés au cours de la tentative d'arrêt de la figure ;
- une hauteur de début de figure insuffisante et l'absence d'une hauteur de sécurité définie ;
- l'application d'une procédure de sortie de vrille correspondant à un autre type d'avion.

Lors de l'enquête il avait été constaté que l'exercice particulier de la vrille plate n'était pas pratiqué spontanément par tous les instructeurs voltige car cet exercice était considéré comme risqué.

À la suite de cet accident, l'IASA⁽¹¹⁾ a produit et diffusé une vidéo pédagogique sur la vrille, rappelant notamment les hauteurs minimales de sécurité qu'il convient de respecter pour débiter l'exercice ou décider de l'évacuation en cas de non sortie de la vrille.

2.12 Renseignements supplémentaires

Le message d'observation météorologique de Dijon Longvic de 17 h 00 mentionnait un vent du 030° pour 12 kt, une visibilité supérieure à 10 km et l'absence de nuage significatif.

L'autopsie du corps de l'instructeur n'a pas révélé d'élément susceptible d'expliquer l'événement.

L'avion était équipé d'un accéléromètre qui enregistre notamment la durée de chaque vol et les dépassements de seuils de facteur de charge (G). Sur les 125 rapports de vol il n'y a aucun dépassement de seuil d'enregistré hormis pour le vol de l'accident. Ce dernier a duré 13 min 48 s dont 6 min 36 s en évolutions de voltige. Les facteurs de charge maximaux enregistrés sont de +7,1G et de -7,8G. Compte tenu de leurs importances, ils sont vraisemblablement liés à la collision avec le sol.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Scénario

L'enquête n'a pas permis d'établir formellement quel était l'exercice prévu ni à quelle hauteur il a été débuté. Le transpondeur de l'avion n'étant pas activé il n'a pas été possible d'obtenir une trajectoire radar.

Néanmoins les témoignages recueillis semblent indiquer que l'exercice prévu était bien un exercice de vrille et que cette dernière ne résulte pas d'une perte de contrôle lors d'une autre figure de voltige.

Les témoignages indiquent que la vrille était stabilisée et plate. Étant donnée la hauteur disponible pour réaliser la vrille, il est vraisemblable que cette configuration n'ait pas été volontaire. Elle pourrait être due à un braquage des ailerons, non détecté en raison du décalage du manche (lorsqu'il est positionné au milieu des jambes du pilote, les ailerons ne sont pas au neutre). Il n'a pas été possible de déterminer qui était aux commandes au moment de l'accident.

Les observations du site et de l'épave montrent que lors de la collision l'avion ne tournait plus sur son axe de lacet, et était donc sorti de vrille. La hauteur disponible au moment de la sortie de vrille n'a pas permis de réaliser une ressource.

Une fois la vrille établie, le temps nécessaire pour en sortir est long et peut atteindre deux tours en maintenant les actions correctes sur les commandes. De plus la vrille à plat est un phénomène très dynamique et désorientant, ce qui peut rendre difficile son identification et retarder l'application de la procédure de sortie.

L'instructeur avait pour habitude d'enseigner la sortie d'une vrille ventre en mettant le manche légèrement en secteur avant et au neutre en gauchissement. Cette pratique était enseignée dans le cadre d'enchaînements de figures lors desquelles les vrilles ne sont pas stabilisées. Cette technique permet de sortir rapidement de ce type de vrille et répond au besoin des enchaînements de figures, en compétition notamment. Lors du stage qu'il avait suivi en 2012 il avait pratiqué la vrille plate stabilisée et il lui avait été rappelé la procédure actuelle de sortie de vrille plate notamment avec le roulis à fond pour et la profondeur à fond à cabrer. Cependant d'après les témoignages recueillis il ne pratiquait pas de vrille à plat et il est donc peu probable que la procédure optimisant la sortie ait été appliquée lors de cet accident.

3.2 Évacuation

D'après le témoignage recueilli l'avion a fait six à sept tours de vrille. La perte de hauteur étant d'environ 400 ft par tour, l'exercice a probablement débuté à une hauteur d'environ 3 000 ft, plafond de la zone de voltige.

Après trois ou quatre tours, la vrille plate est établie et la vitesse verticale peut atteindre 6 000 ft/min. Compte tenu de la vitesse verticale et de la hauteur de début d'exercice, il n'était plus envisageable de procéder à l'évacuation de l'aéronef.

3.3 Enseignement

Toute prolongation d'une vrille entraîne une augmentation du temps de sortie une fois les actions appliquées. Dans ces circonstances, la réalisation d'un exercice de vrille se fait avec des marges de sécurité pouvant se réduire rapidement. Compte tenu de la hauteur des plafonds habituels des zones de voltige, les marges de sécurité sont très faibles lorsqu'une vrille s'aplatit involontairement. Il est donc indispensable qu'un pilote de voltige puisse identifier rapidement une vrille à plat et appliquer sans délai la procédure de sortie afin de ne pas laisser la vrille se stabiliser. Il convient pour cela de connaître les procédures décrites dans le manuel de vol.

En situation d'apprentissage il est toujours possible qu'une action inappropriée de l'élève, notamment par une action réflexe, conduise à faire évoluer la vrille vers une vrille à plat. Cette dernière peut se traduire rapidement par des vitesses verticales importantes pouvant atteindre 6 000 ft/min. Compte tenu des plafonds habituels des zones de voltige, l'aplatissement d'une vrille présente un risque élevé de collision avec le sol. Il apparaît donc important que les modalités de réalisation de l'exercice, tels que les critères de fin d'exercice et de reprise des commandes par l'instructeur, limitent ce risque.

La vrille à plat est un phénomène mal défini au niveau aérodynamique, affecté par de nombreux paramètres (centrage, effets moteurs, aérologie notamment) dont les interactions augmentent la variabilité du comportement de l'avion. Elle est par conséquent perçue comme risquée et peu pratiquée, y compris par les instructeurs. Ce manque de pratique peut retarder l'identification par l'instructeur d'un aplatissement involontaire d'une vrille. Il est impératif qu'un instructeur soit formé spécifiquement sur les particularités des vrilles et les mesures à mettre en œuvre pour optimiser la sortie d'une vrille quel qu'en soit le type. Les prescriptions réglementaires européennes prévoient que les pilotes souhaitant devenir instructeur voltige démontrent leur aptitude à instruire la voltige auprès d'un instructeur voltige déjà qualifié (FCL.905.FI (f)). Cette démonstration d'aptitude peut être l'occasion de vérifier le niveau de connaissance de la vrille d'un instructeur souhaitant enseigner la voltige.