



Accident de l'hélicoptère GUIMBAL - CABRI - G2
immatriculé **F-HGRE**
survenu le 18 février 2022
à Grenoble-Isère (38)

Heure	Vers 13 h 40 ¹
Exploitant	FHATO Flight Training Center
Nature du vol	Instruction solo
Personne à bord	Élève pilote
Conséquences et dommages	Élève pilote blessé, hélicoptère détruit

**Perte de contrôle en lacet lors de la translation, collision
avec un poteau, en instruction solo**

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues du calculateur de l'écran de pilotage multifonction (EPM) installé à bord de l'hélicoptère, des témoignages, des enregistrements des radiocommunications et des enregistrements des caméras de vidéo-surveillance.

L'élève pilote décolle de l'aérodrome de Grenoble-Le Versoud (38) vers 13 h 15 à destination de l'aérodrome de Grenoble-Isère (38) pour son deuxième vol de navigation en solo. Il se présente en longue finale pour la piste 27.

Après l'atterrissage, le pilote vire à gauche pour libérer la piste puis translate sur le taxiway S3. Il se dirige ensuite vers le point de stationnement A7 qui lui a été attribué par le contrôleur, et translate sur le parking au cap 160° avec une vitesse sol d'environ 10 kt (voir Figure 1, point ❶). À l'approche de l'intersection pour rejoindre A7, l'hélicoptère se dirige progressivement vers la gauche (point ❷). Quelques secondes plus tard le taux de lacet à gauche augmente (point ❸) et l'élève pilote contre le mouvement par ses actions sur les commandes. Puis l'hélicoptère tourne de nouveau en lacet à gauche (point ❹), cette fois-ci plus franchement. L'élève pilote appuie sur le palonnier droit sans atteindre la butée puis tire sur la commande de pas collectif. L'hélicoptère s'élève d'une vingtaine de mètres en continuant de tourner sur lui-même à gauche (voir Figures 1 et 2, point ❺), puis redescend. Pendant cette phase, l'action au palonnier diminue et s'inverse pour atteindre la butée à gauche.

Après six rotations complètes l'hélicoptère heurte un pylône d'éclairage de l'aéroport, situé à côté de la pompe à carburant, puis tombe à la verticale du pylône (voir Figures 1 et 2, point ❻).

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

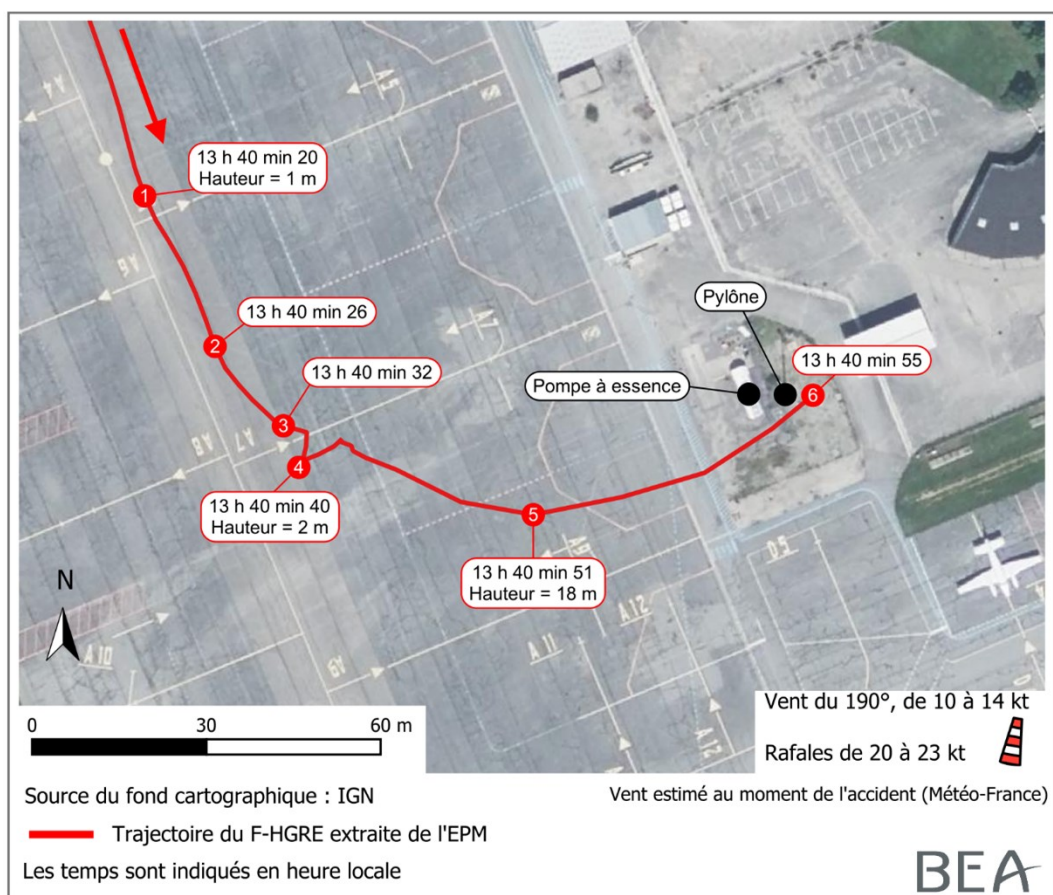


Figure 1 : fin de la trajectoire du F-HGRE



Figure 2 : photomontage de la fin de la trajectoire du F-HGRE

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et l'épave

L'épave de l'hélicoptère repose sur son flanc droit en bordure de l'aire de stationnement de l'aéroport, à proximité de la citerne de carburant, au pied d'un pylône d'éclairage. Elle est complète. La poutre de queue de l'aéronef est rompue et sa partie arrière est retrouvée à quelques mètres de l'épave principale de l'autre côté du poteau.

Les endommagements sur le poteau montrent que l'hélicoptère a heurté ce dernier à une hauteur d'environ cinq mètres.

Les déformations observées sur la cellule sont cohérentes avec la collision de l'hélicoptère avec le poteau d'éclairage puis le sol. La continuité des commandes de vol a été vérifiée.

L'examen de l'épave n'a pas mis en évidence de défaillance pouvant expliquer la perte de contrôle en lacet.

2.2 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Grenoble-Isère est un aérodrome contrôlé ouvert à la circulation aérienne publique. Il dispose d'une piste revêtue orientée 09/27 d'une longueur de 3 050 m.

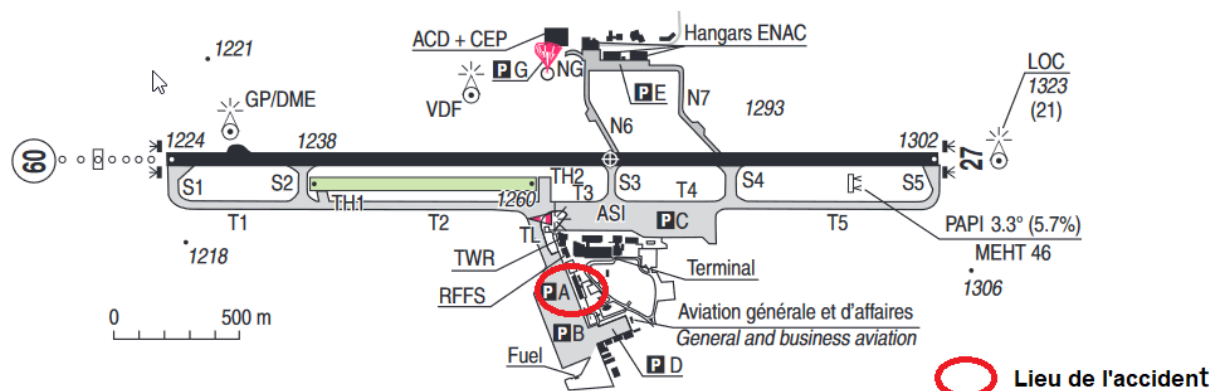


Figure 3 : extrait de la carte VAC de l'aérodrome de Grenoble-Isère (Source : SIA)

2.3 Renseignements sur le pilote

L'élève pilote, âgé de 32 ans, était en cours de formation pratique en vue de l'obtention de la licence de pilote privé hélicoptères PPL(H), depuis mai 2021. Au moment de l'accident, il totalisait 50 heures de vol dont 46 en double commande et 3 en solo, toutes sur Cabri G2. Il indique avoir déjà atterri une fois lors d'un vol d'instruction sur l'aérodrome de Grenoble-Isère et ajoute qu'il n'avait jamais volé par vent fort ou en conditions aérologiques turbulentes.

Il avait réalisé son premier vol de navigation en solo le matin-même, qui consistait en un aller-retour entre l'aérodrome de Grenoble-Le Versoud (38) et celui d'Albertville (73). Il indique que le vent était faible. Il a ensuite préparé le vol vers l'aérodrome de Grenoble-Isère sous la supervision de son instructeur. Il a notamment consulté les observations et prévisions météorologiques disponibles.

L'élève pilote relate qu'il était en translation sur le taxiway S3 lorsque le contrôleur tour lui a annoncé sur la fréquence radio un renforcement du vent. Il précise que, lors de la translation sur le parking en direction du poste de stationnement A7, les palonniers étaient en position proche du neutre. Il indique avoir ressenti le renforcement du vent lorsque l'hélicoptère se situait au niveau de A4 (voir Figure 1). Il se souvient ensuite d'un « roulement » de l'hélicoptère vers la gauche, causé selon-lui probablement par une rafale. Il explique avoir corrigé en appuyant sur le palonnier droit, en actionnant la commande de pas cyclique vers la droite et en tirant légèrement la commande de pas collectif. Il indique que l'hélicoptère s'est ensuite mis à tourner autour de son axe de lacet vers la gauche. Il a tenté de contrer la rotation en agissant sur le palonnier droit tout en tirant sur la commande de pas collectif pour éviter de toucher le sol.

Il ajoute qu'il avait connaissance des Lettres de service (SL) du constructeur, Hélicoptères Guimbal², sur le contrôle du lacet, qu'un instructeur lui avait présentées (SL 12-001 – Contrôle du lacet en approche et SL 19-002 A – Contrôle du lacet à bas régime rotor, voir § 2.7).

2.4 Renseignements sur les conditions météorologiques

2.4.1 Informations disponibles avant le vol

Le METAR de 13 h de l'aérodrome de Grenoble-Isère (LFLS), consulté par le pilote avant son vol, indiquait CAVOK et un vent variable de 3 kt.

Le TAF de l'aérodrome de Grenoble-Isère de 9 h, prévoyait :

- un vent moyen du 080° pour 6 kt ;
- un vent évoluant entre 12 h et 14 h vers un vent moyen du 210° pour 10 kt ;
- temporairement entre 16 h et 19 h un vent moyen du 210° pour 20 kt avec des rafales allant jusqu'à 30 kt.

2.4.2 Conditions météorologiques estimées au moment de l'accident

Les METAR automatiques de l'aérodrome de Grenoble-Isère mentionnaient les informations de vent suivantes :

METAR LFLS	13 h	13 h 30	14 h
Vent moyen	3 kt	10 kt	09 kt
Rafales	-	-	19 kt
Direction du vent moyen	-	190°	210°
Vent variable	-	070° à 230°	150° à 250°

Tableau 1 - METAR de LFLS

Les METAR se terminaient par la prévision de tendance « NOSIG³ », signifiant l'absence de changement significatif prévu dans les deux heures suivant l'heure d'observation.

² Communément appelé Guimbal.

³ La tendance, pour les METAR AUTO, est établie à partir des prévisions TAF. Elle est disponible dans les METAR pendant la période de prévision du TAF. Ici, la prévision de vent à 20 kt et les rafales étant prévues dans le TAF à partir de 16 h, les METAR ne mentionnaient pas l'évolution.

D'après Météo-France, le vent s'est orienté au secteur sud-ouest à partir de 13 h 15 en se renforçant, avec la survenue de rafales supérieures à 20 kt à partir de 13 h 17. Ces rafales proviennent probablement de phénomènes turbulents générés sous le vent du relief du plateau de Chambaran, situé à quelques kilomètres au sud de l'aérodrome, et se propageant dans le sens du vent jusqu'à l'aérodrome. Les phénomènes turbulents mentionnés sont la conséquence des fortes rafales présentes sur le plateau.

Météo-France estime un vent moyen au sol de 10 à 14 kt et des rafales de 20 à 23 kt sur l'aérodrome au moment de l'accident, ainsi qu'un vent de 15 kt à 20 mètres de hauteur et de 20 kt à 50 mètres de hauteur.

2.5 Communications ATC

À 13 h 29, le contrôleur de la tour de Grenoble-Isère indique au pilote un vent du 200° pour 8 kt, puis l'autorise à réaliser une approche directe pour la piste 27.

À 13 h 33, le pilote s'annonce en longue finale piste 27 puis est autorisé par le contrôleur à l'atterrissage. Le contrôleur mentionne un vent du 190° de 10 à 16 kt. Le pilote accuse réception.

À 13 h 35, le contrôleur avise le pilote que le vent est du 200° de 13 à 20 kt. Le pilote accuse réception.

À 13 h 36, lorsque l'hélicoptère est en translation sur la piste, le contrôleur demande au pilote de libérer la piste par le taxiway S3 et de se diriger vers le point de stationnement A7.

2.6 Renseignements sur l'hélicoptère

Le Cabri G2 est un hélicoptère léger biplace, dont la masse à vide est de 420 kg, équipé d'un moteur à pistons délivrant une puissance de 160 ch. Il dispose d'un rotor principal tripale tournant dans le sens horaire et d'un rotor arrière de type fenestron caréné dans une grande dérive. Cette dernière permet d'assurer une stabilité en lacet en vol d'avancement. D'après le constructeur, son profil aérodynamique avec un calage vers la gauche produit la majorité de la portance latérale nécessaire en vol d'avancement pour contrer le couple du rotor principal, et améliore ainsi l'efficacité globale.

Le Cabri G2 est un hélicoptère « école », exploité par de nombreux organismes de formation pour la formation initiale des pilotes.

2.7 Contrôle du lacet

2.7.1 Publications de Guimbal sur le contrôle en lacet

Guimbal a publié trois Lettres de service dont le but est d'attirer l'attention sur le risque de perte de contrôle en lacet sur le Cabri G2 :

- en 2012, la SL 12-001⁴ sur le contrôle en lacet en approche, lorsque la vitesse de l'hélicoptère diminue, en transition du vol d'avancement (30-60 kt) vers le stationnaire ;
- en 2019, la SL 19-001⁵ sur la gestion des gaz en simulation de panne moteur ;
- en 2019, la SL 19-002⁶ sur le contrôle en lacet à bas régime rotor.

⁴ <https://extranet.guimbal.com/link/F1Sx57TKVP7MMY5>

⁵ <https://extranet.guimbal.com/link/mO1sZu3yPEAJzJd>

⁶ <https://extranet.guimbal.com/link/V5eZ5vjsdOOP2ZE>

La SL 12-001 avertit le pilote sur l'importance de la vigilance à avoir lors de la réduction de vitesse. Elle indique que « [...]si le pilote ne maintient pas un dérapage nul, une réduction de la vitesse entraîne l'augmentation de l'incidence de la dérive pour maintenir l'équilibre couple / anti-couple : [en l'absence d'action du pilote,] le nez de l'hélicoptère se dirige progressivement vers la gauche. » La SL 12-001 précise également que le vent venant du travers droit est un facteur significativement aggravant. Le lacet vers la gauche décrit ci-dessus et le dérapage correspondant peuvent être masqués au pilote. De plus, lors de la réduction de vitesse puis de l'arrondi, le pilote fait face simultanément à une augmentation rapide de la puissance consommée par le rotor principal, et donc du besoin de poussée anti-couple, et à une diminution rapide de la portance latérale de la dérive. Si l'action au palonnier est insuffisante, ou si le pilote tarde à agir, l'hélicoptère subira une accélération supplémentaire vers la gauche, comparable à un empannage, lorsque le fenestron passera l'axe du vent. Cet effet est amplifié sur un hélicoptère doté d'un fenestron en raison de la taille et la forme de la dérive. Si le pilote lève le pas collectif, par exemple par volonté de s'écarter du sol, l'augmentation rapide de puissance peut provoquer une baisse du régime du rotor principal et par conséquent une diminution de la poussée du rotor arrière et ainsi une augmentation du taux de lacet.

La SL 12-001 concerne uniquement le contrôle du lacet en approche. Toutefois, quelle que soit la phase de vol, un départ involontaire en lacet vers la gauche demande une action immédiate au palonnier droit et d'amplitude adaptée.

2.7.2 Spécificités du fenestron

La SL 12-001 indique que : « Comparé au rotor arrière équipant les hélicoptères légers, le Fenestron du Cabri G2 a une charge au disque plus élevée ainsi qu'une carène, lui donnant une grande capacité de poussée, mais avec une forme de courbe Position de pédale / Poussée du rotor différente [de celle d'un rotor anti-couple (RAC) conventionnel (voir Figure 4)] ».

La Figure 4 ci-dessous montre que pour un besoin de poussée identique (par exemple en cas de départ en lacet à gauche), l'amplitude nécessaire de débattement sur le palonnier droit est supérieure avec un fenestron.

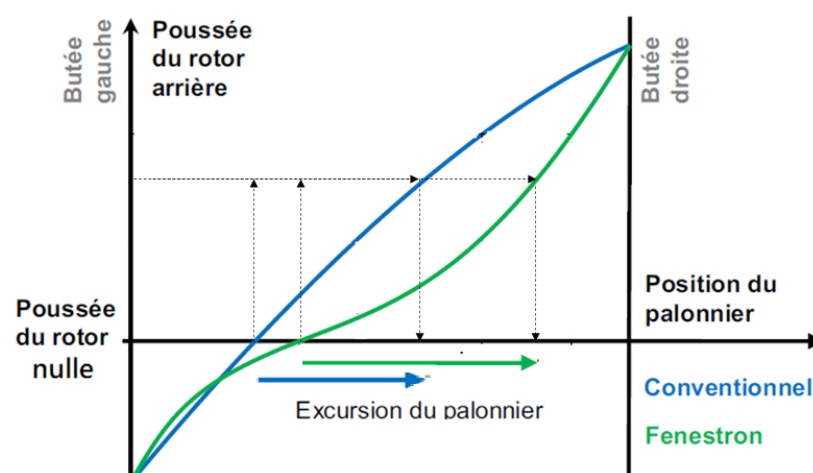


Figure 4 : comparaison des courbes de poussées pour des rotors de performance identique conventionnel / fenestron (Source : Guimbal SL 12-001)

2.7.3 Témoignages de pilotes

D'après les témoignages de pilotes expérimentés et d'instructeurs, le Cabri G2 a la réputation d'être exigeant en termes de pilotage de par sa sensibilité en lacet et la réactivité nécessaire aux palonniers.

2.8 Exploitation des données de l'EPM et de l'enregistrement vidéo

L'EPM installé sur la planche de bord du Cabri G2 est conçu pour visualiser des données de vol et du moteur. Différents paramètres de vol sont enregistrés. La Figure 5 ci-dessous représente les paramètres pertinents vis-à-vis du contrôle en lacet dans les 35 dernières secondes de vol. Le cap et la position de la commande de pas collectif n'étaient pas enregistrés et n'ont pas pu être représentés.

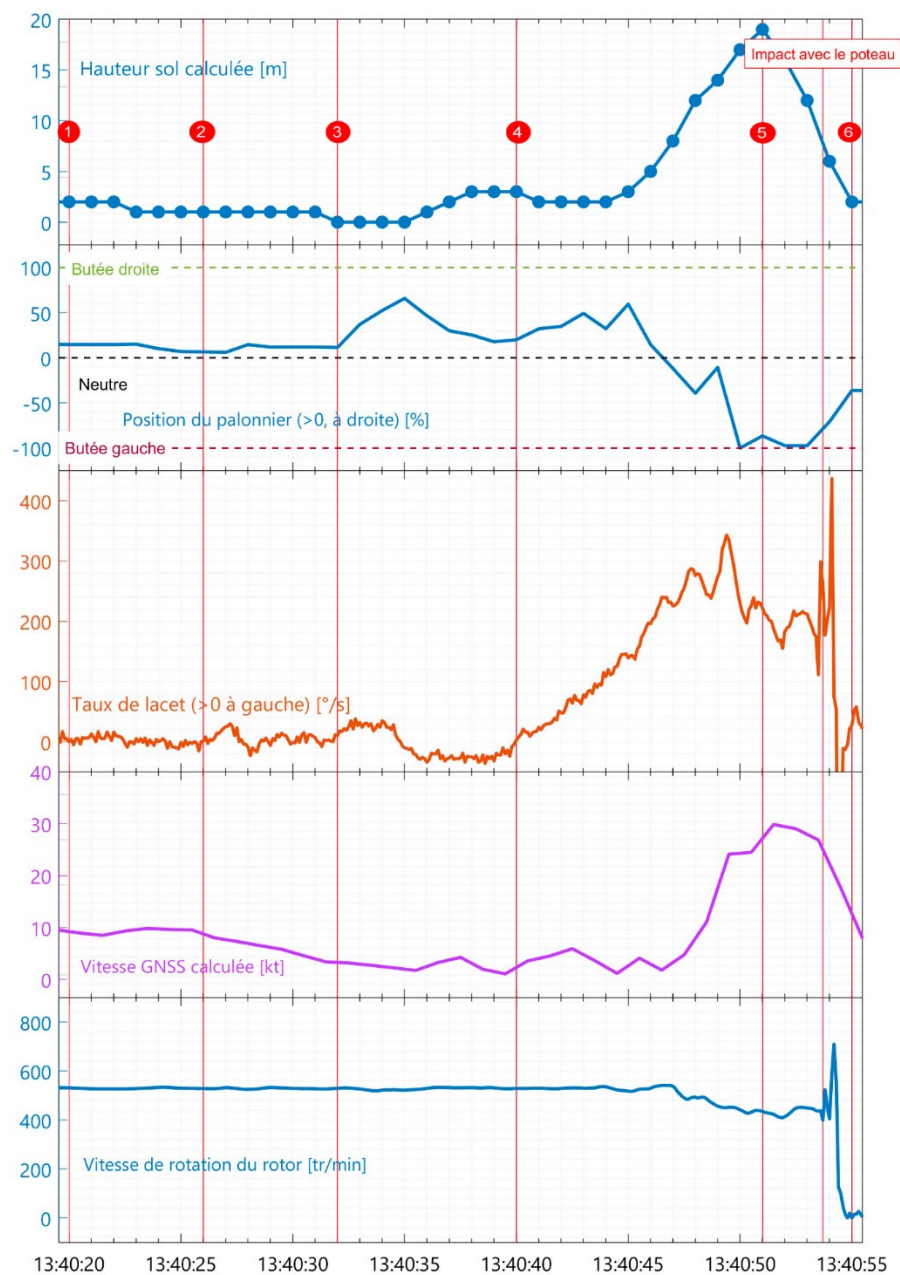


Figure 5 : évolution des paramètres de vol issus des données de l'EPM (Source : BEA)

Lors de la translation sur le parking (voir Figure 5, point ①⁷), la vitesse sol de l'hélicoptère est d'environ 11 kt. Le vent est de secteur avant droit, en moyenne de 10 à 14 kt, avec des rafales à plus de 20 kt. Le pilote appuie légèrement sur le palonnier droit. En effet, la vitesse air de l'hélicoptère ainsi que la direction du vent limitent le besoin de poussée du rotor arrière car l'action anti-couple est assurée en grande partie par la dérive.

À partir de 13 h 40 min 26 (point ②), l'hélicoptère se dirige progressivement vers la gauche tandis que sa vitesse sol diminue. La position des palonniers reste similaire et le vent est alors plein travers droit.

À 13 h 40 min 32 (point ③), la vitesse sol a diminué jusqu'à 3 kt, le taux de lacet à gauche augmente (jusqu'à 35 °/s). Le pilote appuie sur le palonnier droit, le nez de l'hélicoptère repart vers la droite (taux de lacet à droite de 25 °/s pendant quatre secondes), puis le pilote diminue son action sur le palonnier droit. Sa hauteur augmente de quelques mètres très probablement en réponse à une action à tirer du pilote sur la commande de pas collectif.

À partir de 13 h 40 min 40 (point ④), l'hélicoptère part de nouveau en lacet vers la gauche. Lors des cinq premières secondes, le pilote applique une action aux palonniers à droite jusqu'à environ 50 % de la butée. Cet ordre est insuffisant pour contrer le mouvement en lacet. Dans cette période, le taux de lacet passe de 0 à 150 °/s. Guimbal indique qu'une action sur le palonnier droit jusqu'à la butée, tant que la vitesse de rotation du rotor est dans la plage nominale (supérieure ou égale à 515 tours/min), permet d'interrompre le mouvement de lacet à gauche.

Durant les cinq secondes suivantes, le pilote inverse progressivement son action aux pieds jusqu'à atteindre la butée à gauche. Dans cette période, le taux de lacet augmente jusqu'à 335 °/s. La hauteur de l'hélicoptère augmente jusqu'à 18 m (point ⑤), ce qui est cohérent avec une action à tirer sur la commande de pas collectif pour s'écarter du sol. Cette action augmente le couple moteur et par conséquent le besoin d'appliquer une action à droite aux palonniers. Le régime rotor diminue jusqu'à 430 tours/min. L'hélicoptère redescend jusqu'à ce qu'il entre en collision avec le pylône à environ cinq mètres de hauteur, puis tombe au pied du pylône (point ⑥).

2.9 Formation aux spécificités du fenestron

2.9.1 Guimbal Instructor Factory Training (IFT)

Guimbal a mis en place à partir de 2020 la formation IFT destinée aux instructeurs qualifiés sur Cabri G2. Elle vise à améliorer leurs connaissances de l'hélicoptère, de ses systèmes et des procédures d'urgence. Guimbal en fait la promotion auprès des exploitants et des écoles de formation et la propose aux nouveaux exploitants de Cabri G2. Un chapitre du support de formation est dédié au fenestron et au contrôle en lacet, reprenant les explications et conseils de pilotage exprimés dans les Lettres de service.

En particulier, Guimbal recommande de :

- ne pas hésiter à appuyer sur le palonnier droit jusqu'à la butée. Guimbal précise que tant que le régime de rotation du rotor principal est dans la plage de régime nominal, l'action en butée arrêtera la rotation ;

⁷ Les points de la Figure 5 correspondent à ceux des Figures 1 et 2.

- être vigilant lorsque le vent vient de la droite lors de l'approche ;
- anticiper l'augmentation de puissance et la perte d'efficacité de la dérive qui peut en résulter, sans jamais laisser le nez partir vers la gauche.

Le responsable pédagogique de la base de Grenoble-Le Versoud de FHATO Flight Training Center, également responsable de l'instruction sol (CKTI⁸), indique que les instructeurs de l'organisme de formation approuvé (ATO) n'avaient pas suivi cette formation dont ils n'avaient d'ailleurs pas connaissance avant l'accident. Le responsable pédagogique et un instructeur ont participé à la session de formation délivrée par Guimbal fin octobre 2022.

2.9.2 Données d'adéquation opérationnelle (OSD⁹)

L'*OSD Flight Crew*¹⁰, document obligatoire pour le constructeur dans le cadre de la certification de type d'un aéronef, approuvé par l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA), contient en particulier les données relatives à la formation des pilotes considérées comme importantes pour la sécurité des opérations. L'OSD contient notamment des exigences relatives au programme de formation. Des formations spécifiques (TASE¹¹) peuvent être identifiés.

L'*OSD Flight Crew* du Guimbal Cabri G2¹² intègre le contrôle du lacet en phase d'approche dans les TASE et impose aux ATO de :

- porter une attention particulière au contrôle du lacet en approche, lors de la transition du vol d'avancement vers le stationnaire, particulièrement si le pilote est habitué à des hélicoptères équipés de rotors arrière conventionnels ;
- étudier de près la SL 12-001 ;
- faire la démonstration, en vol d'instruction, des différents besoins d'amplitude sur les palonniers en fonction du vent.

L'OSD ne comporte pas de précision sur la manière d'enseigner, sur les plans théorique et pratique, les spécificités du fenestron sur le contrôle en lacet du Cabri G2. Par ailleurs, la SL 12-001 de Guimbal décrit des situations typiques pouvant amener à des pertes de contrôle en lacet lors de la phase d'approche uniquement et ne donne pas d'indication sur les manières de prendre en compte ces particularités en instruction.

2.9.3 Programme de formation et de renouvellement de la QT Cabri G2 de la FFH¹³

Le paragraphe de l'OSD est repris tel quel et sans indication complémentaire en préambule du chapitre « Programme des cours en vol » du modèle de programme de formation à la QT Cabri G2¹⁴ établi par la FFH et approuvé par la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC). Il est précisé que « le programme devra être adapté en fonction des instructions ou recommandations de l'Autorité et/ou du constructeur, notamment les TASE définies dans le cadre de l'OSD de l'hélicoptère CABRI. »

Le modèle de programme de la FFH peut être repris par les ATO adhérents afin de faciliter l'approbation de leur programme de formation par la DSAC.

⁸ Chief Theoretical Knowledge Instructor.

⁹ Operational Suitability data.

¹⁰ Équipage de conduite.

¹¹ Training Areas of Special Emphasis.

¹² Version du 29 avril 2016 en vigueur au moment de l'accident.

¹³ Fédération Française d'Hélicoptère.

¹⁴ Version 3 du 19 février 2021 en vigueur au moment de l'accident.

2.9.4 Lettre de la DGAC de 2017

La Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a adressé fin 2017 une lettre aux responsables pédagogiques des ATO hélicoptères. Considérant que « le niveau de connaissances des pilotes concernant les spécificités des fenestrons est probablement insuffisant », elle demandait, au-delà du cadre des OSD et à titre complémentaire, que le contenu des formations théoriques et pratiques en la matière soit accentué. Elle recommandait « de développer plus foncièrement les caractéristiques aérodynamiques du fenestron et ses conséquences directes sur la manœuvrabilité en lacet des hélicoptères en stationnaire. » De plus, cette lettre suggère qu'« un espace de temps complémentaire soit également ménagé et réservé à ces spécificités à l'occasion des prorogations ou des renouvellements de qualifications de type. »

La DSAC indique que la prise en compte des recommandations de cette lettre a pu être étudiée ponctuellement en 2018 lors d'actions de surveillance réalisées auprès de certains exploitants. Elle ajoute que cet axe de surveillance spécifique n'a pas été reconduit les années suivantes.

2.9.5 Témoignage du responsable pédagogique de l'ATO

Le responsable pédagogique de la base de Grenoble-Le Versoud de FHATO Flight Training Center indique qu'avant l'accident, le programme de formation pour l'obtention du PPL(H) (et de la qualification de type sur Cabri G2) était basé sur les standards réglementaires du règlement européen (UE) n°1178/2011¹⁵ (dit *AirCrew*), sans spécificités particulières adaptées au Cabri G2. Le cours sur le RAC était un cours standard ne traitant pas de l'ensemble des particularités liées au fenestron. Les Lettres de service de Guimbal étaient mentionnées aux élèves pilotes en complément. Le responsable pédagogique précise également qu'il n'était pas prévu de vol dans des conditions de vent spécifiques dans le cadre de la formation pratique.

Il indique par ailleurs que certains aérodromes utilisés en instruction et certaines zones géographiques sont sujets à des conditions et phénomènes aérologiques particuliers sans que les élèves n'y soient systématiquement sensibilisés.

2.10 Accidents liés à une perte de contrôle en lacet

Sur la période 2015-2022, le BEA a recensé huit autres événements (sept accidents et un incident) survenus en France impliquant des Cabri G2, dont six sont en rapport avec des pertes de contrôle en lacet. Parmi celles-ci :

- deux ont pour cause directe une action insuffisante sur le palonnier droit, l'une lors d'une approche en instruction (2019), et l'autre en translation (2022) ;
- trois sont liées à une chute du régime rotor entraînant une perte d'efficacité du RAC en situation d'exercice de panne moteur ou régulateur, en instruction.

Le constructeur Guimbal estime que, depuis la mise en service du Cabri G2, plus de 50 % des accidents de Cabri G2 dans le monde sont associés à des pertes de contrôle en lacet. Il indique que la moitié d'entre elles sont dues à une action insuffisante du pilote sur le palonnier droit, suivie parfois d'une action à tirer sur le collectif, tandis que l'autre moitié concerne des cas de perte de régime du rotor se produisant principalement lors de manœuvres réalisées en instruction.

¹⁵ Règlement (UE) de la commission du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

En 2022, dans le monde, sur les treize accidents de Cabri G2, neuf ont conduit à une perte de contrôle en lacet.

À titre de comparaison, on dénombre pour l'hélicoptère Robinson R22¹⁶, en France sur la période 2015-2022, trois accidents de Robinson R22, sur un total de neuf, en lien avec un départ imprévu en lacet, dont un en instruction lors d'un exercice d'autorotation et lors duquel l'instructeur est parvenu à remettre l'hélicoptère dans l'axe.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

Lorsque l'élève pilote s'est présenté en longue finale sur l'aérodrome de Grenoble-Isère, les conditions aérologiques étaient en évolution. Le vent se renforçait, en changeant de direction, accompagné de turbulences et de fortes rafales. Ces dernières n'étaient pas prévues aux horaires du vol dans le message TAF du matin.

Lors de la translation vers le poste de stationnement, avec un vent de travers droit, l'hélicoptère a commencé à tourner sur son axe de lacet vers la gauche. L'élève pilote a dans un premier temps appuyé sur le palonnier droit sans atteindre la butée et n'est pas parvenu à contrer le mouvement. La rotation en lacet à gauche a ensuite été amplifiée par l'action du pilote à tirer sur la commande de pas collectif pour s'écarter du sol, puis par l'appui sur le palonnier gauche du pilote probablement désorienté par le fort taux de lacet. Après plusieurs tours, l'hélicoptère est entré en collision avec un pylône puis est tombé verticalement jusqu'au sol.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la perte de contrôle en lacet de l'hélicoptère :

- un programme de formation à la qualification de type insuffisant au sein de l'organisme de formation approuvé (ATO), n'abordant pas suffisamment les spécificités du fenestron et ses conséquences en termes de manœuvrabilité sur le Cabri G2. Cela a pu contribuer à ce que l'élève pilote n'effectue pas les actions adéquates dans une situation de départ involontaire en lacet à gauche ;
- l'absence de sensibilisation de l'élève pilote au cours de sa formation sur les phénomènes aérologiques locaux fréquemment présents sur certains aérodromes.

Enseignement de sécurité

L'anticipation d'évolution rapide de conditions météorologiques n'est pas toujours évidente. Toutefois, informer au plus tôt au cours de la formation de phénomènes locaux et fréquents pourrait permettre aux instructeurs d'aider les élèves pilotes à anticiper ou à se préparer à la gestion de certaines situations imprévues au cours de leurs vols.

¹⁶ La flotte de R22 en France est environ 25 % supérieure à celle du Cabri G2.

4 MESURES PRISES PAR L'ATO ET LE CONSTRUCTEUR

Mesures prises par l'ATO

Après l'accident, les mesures suivantes ont été décidées par FHATO Flight Training Center :

- l'élaboration d'une fiche pédagogique spécifique sur le contrôle en lacet sur Cabri G2 et l'influence du fenestron ;
- l'élaboration d'un cours dédié sur le sujet ;
- la réalisation d'un vol par vent traversier supérieur à 20 kt dans le cadre de la formation PPL(H), lorsque les conditions de vent le permettent. Ce vol n'est pas intégré formellement dans le programme de formation ;
- la réalisation, dans le cadre de la formation PPL(H), d'une démonstration par l'instructeur d'un départ en lacet avec rotation complète à droite et de son arrêt, par vent de travers supérieur à 15 kt ;
- la diminution des normes de vent maximal autorisé pour les vols solo : 10 kt au lieu de 15 kt pour le lâché, et 15 kt incluant les rafales pour les navigations solo.

Note : La démonstration d'un départ en lacet avec rotation complète est effectuée avec une rotation à droite ; l'ATO a indiqué au BEA qu'il ne souhaitait pas prendre le risque de provoquer une rotation volontaire à gauche dans des conditions de fort vent de travers.

Depuis la participation du responsable pédagogique et d'un instructeur à l'IFT en octobre 2022, il a été décidé de compléter les mesures prises par la mise en place d'un exercice pratique en instruction, consistant à faire la démonstration d'un départ rapide à gauche et de sa récupération.

Le responsable pédagogique de l'ATO ajoute par ailleurs que l'existence de guides ou de recommandations du constructeur ou d'une autorité auraient facilité leurs démarches avant et après l'accident.

Mesure prises par le constructeur

Hélicoptères Guimbal a indiqué au BEA avoir procédé en janvier 2023 à une mise à jour de la formation complémentaire destinée aux instructeurs (IFT, voir § 2.9.1) en y intégrant notamment :

- un exercice pratique avec une rotation en lacet à gauche et son interruption par une action sur le palonnier droit jusqu'à la butée. Le constructeur a indiqué son intention de généraliser cet exercice dans la formation de tous les pilotes de Cabri G2 (QT, PPL, CPL) ;
- une démonstration de décrochage de la dérive en approche lorsque le pilote n'agit pas sur le palonnier. Cette démonstration est exclusivement faite par les pilotes internes de Guimbal et n'a pas vocation à être généralisée.

Hélicoptères Guimbal indique que les mesures suivantes sont en cours ou prévues en 2023 :

- la création d'un « Guide de l'instructeur Cabri G2 », reprenant les principaux éléments de l'IFT concernant la réalisation des exercices pratiques ;
- la création d'un manuel de formation à la QT Cabri G2, qui sera soumis à la DSAC pour approbation ;
- la mise à jour de documents de formation à la QT Cabri G2.

Ces documents seront mis gratuitement à la disposition des exploitants.

Dans un temps ultérieur, Guimbal envisage la mise à jour de l'OSD et en particulier des TASE, en y incluant une référence au Guide de l'instructeur concernant la réalisation des exercices pratiques.

5 RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

Améliorations de la formation sur le contrôle en lacet sur Cabri G2

La conception du Cabri G2 équipé d'un fenestron induit des particularités dans le contrôle en lacet de cet hélicoptère, requérant du pilote davantage de réactivité dans ses actions aux palonniers. Une vigilance accrue est nécessaire pour des pilotes peu expérimentés et/ou habitués à des rotors arrière conventionnels.

L'analyse des accidents de Cabri G2 montre que plus de la moitié concernent des pertes de contrôle en lacet. Ces dernières sont, pour la plupart, dues :

- à une gestion inadaptée d'exercices en instruction, conduisant à une baisse du régime rotor ayant une influence directe sur l'efficacité du fenestron et donc de l'action aux palonniers ;
- à une action insuffisante en amplitude et/ou en réactivité du pilote sur le palonnier droit en cas de départ imprévu en lacet à gauche.

Le sujet de la contrôlabilité en lacet est traité par Guimbal dans trois Lettres de service (SL) relatives à des situations particulières de vol (approche, simulation de panne moteur, bas régime rotor). Par ailleurs, Guimbal a intégré ce sujet dans un cours destiné aux instructeurs et proposé aux exploitants. Les instructeurs de FHATO Flight Training Center n'étaient pas informés des premières ni n'avaient suivi le second.

Le contrôle du lacet en approche est par ailleurs mentionné dans l'*OSD Flight Crew* du Guimbal Cabri G2 comme thème de formation spécifique devant faire l'objet d'une attention particulière des organismes de formation. Cependant, l'*OSD* renvoie aux Lettres de service de Guimbal qui décrivent le phénomène mais ne donnent pas d'indications sur la manière de le prendre en compte en instruction théorique et pratique. L'enquête a mis en évidence le besoin d'indications plus précises pour concevoir un programme d'instruction théorique et pratique sur le sujet.

Le modèle de programme de formation sur Cabri G2 de la FFH approuvé par la DSAC ne contient pas de précisions supplémentaires par rapport au contenu de l'*OSD*. Les spécificités associées au fenestron et leurs conséquences sur le contrôle en lacet de l'hélicoptère ont pourtant été identifiées en 2017 comme facteurs de risques par la DGAC qui relevait une connaissance insuffisante des pilotes sur le sujet.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **Considérant le nombre d'accidents de Cabri G2 liés à une perte de contrôle en lacet et leur proportion sur le nombre total d'accidents ;**
- **Considérant la formation des pilotes parfois insuffisante voire absente sur les spécificités du fenestron et leurs conséquences en termes de manœuvrabilité dans le contrôle en lacet ;**

- *En l'absence de spécifications dans l'OSD du Cabri G2 sur la manière d'enseigner les particularités du contrôle en lacet en instruction ;*
- *Considérant l'ensemble des mesures prises par Hélicoptères Guimbal pour la formation des instructeurs et des pilotes de Cabri G2 ;*
- *Considérant que certaines de ces mesures pourraient ne concerner que des organismes de formation français ;*
- *Considérant que l'ATO concerné par le présent accident n'avait pas connaissance de la formation proposée par Hélicoptères Guimbal aux instructeurs et instaurée en 2020 ;*
- *Considérant le besoin d'accompagner les organismes de formation dans l'amélioration des programmes théoriques et pratiques et le développement des supports de formation associés ;*

Hélicoptères Guimbal fournisse à tous les organismes de formation plus de précisions ou recommandations sur la manière d'enseigner, sur les plans théorique et pratique, le contrôle en lacet sur Cabri G2 [FRAN-2023-004].

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.