



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapport final n° 2414

du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'accident
de l'hélicoptère Cabri G2, HB-ZDQ,

survenu le 15 juin 2022

Aérodrome de Gruyère (LSGT)

Service suisse d'enquête de sécurité SESE
3003 Berne
Tel. +41 58 466 33 00, Fax +41 58 466 33 01
info@sust.admin.ch
www.sese.admin.ch

Remarques générales sur le présent rapport

Conformément

à l'art. 3.1 de la 12^e édition de l'annexe 13, entrée en vigueur le 5 novembre 2020, de la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, entrée en vigueur pour la Suisse le 4 avril 1947, état au 18 juin 2019 (RS 0.748.0);

à l'article 24 de la loi fédérale sur l'aviation du 21 décembre 1948; état au 1^{er} septembre 2023 (LA, RS 748.0);

à l'art. 1, ch. 1 du règlement (UE) 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 et abrogeant la directive 94/56/CE, entré en vigueur pour la Suisse le 1^{er} février 2012 sur décision du Comité mixte des transports aériens Union européenne/Suisse et en vertu de l'accord entre la Communauté européenne et la Confédération suisse sur le transport aérien conclu le 21 juin 1999 (accord aérien);

et à l'art. 2, al. 1 de l'ordonnance du 17 décembre 2014 sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports ; état au 1^{er} septembre 2023 (OEIT, RS 742.161);

l'enquête sur un accident d'avion ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête et le présent rapport ne visent donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des responsabilités civiles.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Toutes les informations contenues dans ce rapport, sauf indication contraire, se réfèrent au moment où s'est produit l'accident.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure normale valable pour le territoire suisse (*Local Time – LT*) qui, au moment où s'est produit l'accident, correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*Central European Summer Time – CEST*). La relation entre LT, CEST et l'heure universelle coordonnée (*Coordinated Universal Time – UTC*) est : $LT = CEST = UTC + 2 \text{ h}$.

Résumé

Type d'aéronef	Cabri G2	HB-ZDQ		
Exploitant	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Propriétaire	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Pilote	Citoyen suisse, né en 1957			
Licence	Licence de pilote privé d'hélicoptères (<i>Private Pilot Licence Helicopter – PPL(H)</i>) selon l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)			
Heures de vol	total	106:56 h	au cours des 90 derniers jours	11:50 h
	sur le type on cause	97:05 h	au cours des 90 derniers jours	8:35 h
Lieu	Aérodrome de Gruyère (LSGT)			
Cordonnées	---		Altitude	--- m/M
Date et heure	15 juin 2022, 14h00 LT			
Type d'exploitation	Privé			
Règles de vol	Règles de vol à vue (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)			
Lieu de départ	Aérodrome Gruyère (LSGT)			
Destination	Aérodrome Gruyère (LSGT)			
Phase de vol	Décollage et vol de montée			
Nature de l'accident	Perte de contrôle			
Personnes blessées				
Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	1	1	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	1	0	1	sans objet
Total	1	1	2	0
Dommmages à l'aéronef	Fortement endommagé			
Autres dommages	Aucun			

1 Renseignements de base

1.1 Faits antécédents et déroulement du vol

1.1.1 Généralités

La description du déroulement du vol repose sur la déposition du pilote et de deux films enregistrés sur un téléphone portable par un témoin depuis le sol.

Les données du calculateur embarqué Floice¹ et Garmin GTN 650 ont permis de déterminer le cheminement de l'hélicoptère après le décollage. L'EPM² installé sur l'hélicoptère accidenté portant le numéro de série 1051 n'enregistre aucun paramètre.

1.1.2 Faits antécédents

Le 15 juin 2022, le pilote arrive vers 13 heures à l'aérodrome, rencontre le responsable de la base, convient d'emporter 60 l de carburant puis procède à la préparation du vol. Il remplit un avis de vol sur lequel figure le trajet Jaunpass – Lenk – Col du Pillon – Aigle – Lausanne puis retour à l'aérodrome de Gruyère avec une passagère. Ce document contient également les conditions météorologiques avec un vent de 15 kt à 5000 ft au-dessus du niveau moyen de la mer (*Above Mean Sea Level* – AMSL) provenant du secteur ouest (cap de 250°) avec une température de 19 °C soit ISA³ + 14 °C. Le devis de masse et centrage est établi et situe la masse au décollage de l'hélicoptère à 627 kg.

Une fois le contrôle prévol terminé, le pilote installe sa passagère et lui explique le maniement de la ceinture de sécurité.

1.1.3 Déroulement du vol au cours duquel s'est produit l'accident

La mise en marche du moteur est accomplie à l'aide de la liste de contrôle. Après une annonce radio, le pilote débute le décollage à bord de l'hélicoptère de type Cabri G2, immatriculé HB-ZDQ, avec un vol stationnaire puis un virage de 180° à droite pour se diriger vers le seuil de la piste 35 (voir figure 1) pour rejoindre le secteur E.

Alors que l'hélicoptère se trouve à une hauteur d'environ 50 mètres, le pilote effectue un virage à gauche dans le but de survoler la piste en herbe. Au cours de cette manœuvre, il ne parvient pas à stopper la rotation à gauche selon l'axe de lacet. Dans sa déposition, le pilote estime que l'hélicoptère volait à une vitesse indiquée comprise entre 40 et 50 kt au moment du virage à gauche pour survoler la piste. L'engagement de ce virage a été rapide alors que le pilote appliquait du pied droit et que le manche cyclique était positionné à droite.

Un enregistrement vidéo permet d'établir que l'appareil tourne plusieurs fois sur lui-même à gauche avant que les rotations stoppent avec une attitude nez bas. Le pilote ne peut pas dire combien de rotations à gauche ont eu lieu mais que lorsqu'il a repoussé le manche collectif de moitié, l'hélicoptère s'est arrêté de tourner sur lui-même à gauche. Le pilote redresse sa machine qui vole à très basse hauteur de vol rectiligne, franchit la piste puis s'engage à nouveau dans un virage à gauche

¹ Système embarqué d'aide à la détection de trafics et d'obstacles qui, à l'aide du système GPS, calcule et émet aux trafics avoisinants la trajectoire future de l'aéronef qu'il équipe. Il capte également les Flarm des trafics évoluant dans un rayon de quelques km, en prévoit les déplacements et émet des alertes visuelles et sonores si ceux-ci sont potentiellement conflictuels.

² EPM : *Electronic Pilot Monitor*, système d'affichage électronique : A partir du numéro de série 1260, le modèle d'hélicoptère Guimbal Cabri G2 est équipé d'un EPM qui surveille 36 paramètres et les enregistre dans un enregistreur de données intégré.

³ ISA : *International Standard Atmosphere*, atmosphère standard de l'aviation

suivi d'un atterrissage brutal dans un champ sur les patins qui se brisent. Puis la trajectoire à gauche s'est poursuivie à faible hauteur et le pilote n'a pu empêcher le Cabri G2 de tourner à nouveau en lacet à gauche lors du 1^{er} contact avec la surface du champ.

Une fois au sol, l'hélicoptère redécolla brièvement pour se reposer durement à proximité. Le pilote coupe le moteur, arrête le rotor principal et s'extrait indemne de l'habitacle.

La durée du vol est d'une minute.

La balise de détresse (*Emergency Locator Transmitter* – ELT) s'est enclenchée lors des impacts avec le sol ; aucun incendie ne se déclare. La passagère se plaint de douleurs au dos et est transportée à l'hôpital où elle restera hospitalisée plus de 48 heures.

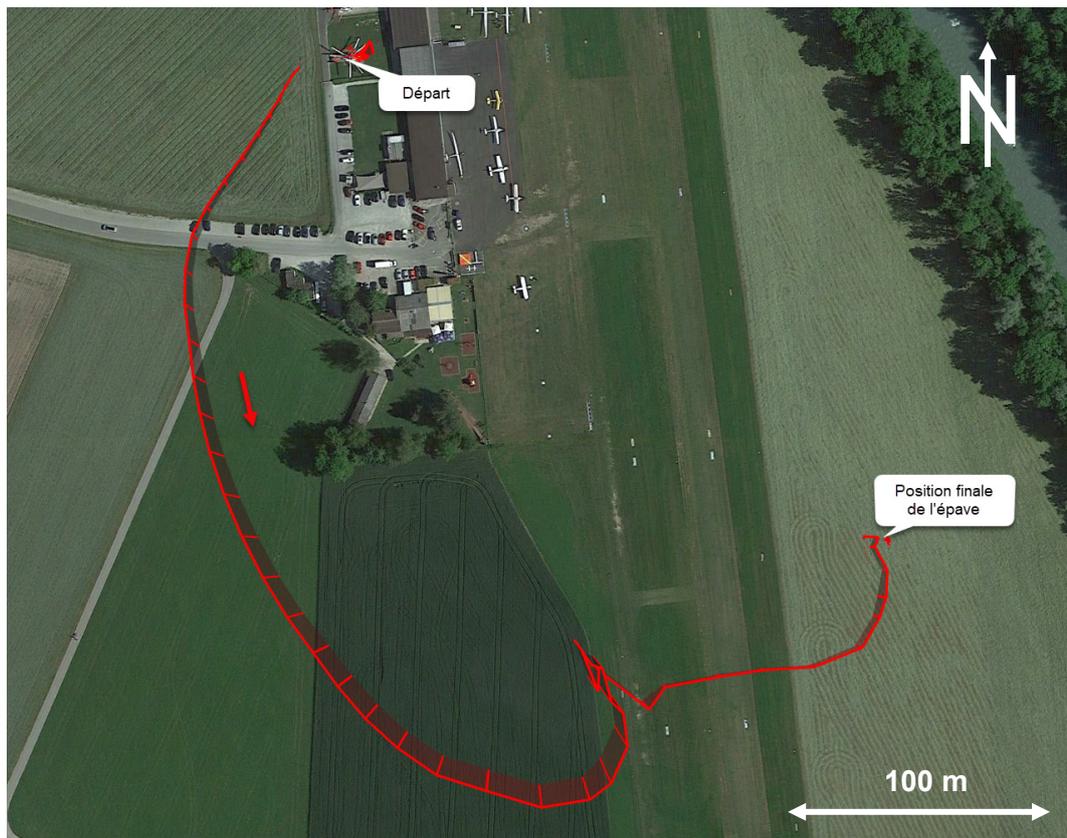


Figure 1 : Vue de dessus du trajet complet de l'hélicoptère enregistré par le système Garmin GTN 650

1.2 Renseignements sur l'aéronef

1.2.1 Généralités

Le Cabri G2 est un hélicoptère biplace doté d'un train d'atterrissage à patins avec un rotor principal tripale tournant dans le sens horaire et un rotor anti couple de type fenestron du constructeur Hélicoptères Guimbal avec une masse maximale au décollage de 700 kg. Au moment du décollage la masse calculée était de 627 kg.

L'hélicoptère HB-ZDQ avait subi un contrôle des 100 heures le 23 mai 2022 au cours duquel le moteur et la boîte de transmission principale avaient été remplacés en raison de leur limite de potentiel.

Le dernier contrôle technique des 25 heures datait du 5 juin 2022.

Au moment de l'accident, la masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites selon le manuel d'exploitation de l'aéronef (*Aircraft Flight Manual – AFM*).

1.2.2 Données du constructeur

Le constructeur a publié trois lettres de service dans le but d'attirer l'attention sur le risque de perte de contrôle en lacet du Cabri G2 :

- en 2012, la lettre service n° 12-001 sur le contrôle en lacet lors de l'approche, lorsque la vitesse de l'hélicoptère diminue, en transition du vol d'avancement (30 à 60 kt) vers le vol stationnaire (voir figure 2) ;

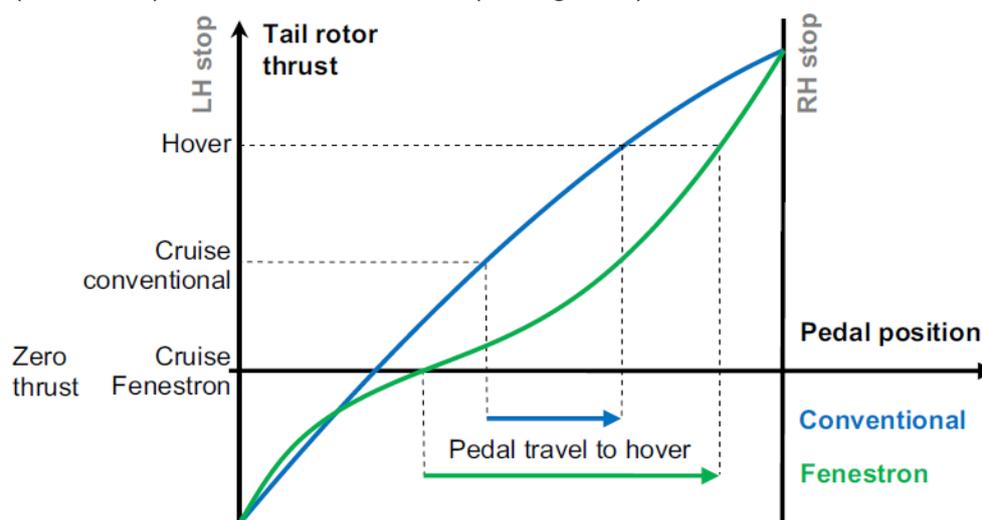


Figure 2 : Comparaison des courbes de poussée pour des rotors de queue (conventionnel / fenestron) de performances identiques (source : SL n° 12-001)

La lettre service n° 12-001 mentionne entre autres que le vent venant du travers arrière droit est un facteur particulièrement aggravant.

Bien que cette lettre service concerne uniquement le contrôle du lacet en approche, quelle que soit la phase de vol, un départ involontaire en lacet vers la gauche demande une action immédiate au palonnier droit d'une amplitude importante en raison de la taille et de la forme de la dérive du fenestron.

- en 2019, la lettre service n° 19-001 sur la gestion des gaz en simulation de panne moteur ;
- en 2019, la lettre service n° 19-002 sur le contrôle en lacet à bas régime rotor.

1.3 Renseignements dégâts et examens concernant l'hélicoptère

L'examen visuel de l'épave de l'hélicoptère in situ (voir figure 3) a permis de constater les faits suivants :

- Le train d'atterrissage était disloqué et l'appareil reposait sur la cellule ;
- La cabine paraissait intacte et le rotor principal tournait librement ;
- Le fenestron reposait à plat sur le sol et sa fixation était rompue au niveau du stabilisateur ;
- Toutes les commandes de vol étaient raccordées à l'exception de l'arbre de transmission arrière qui était cassé ;
- Les doubles commandes de la place gauche étaient démontées.



Figure 3 : Position finale de l'hélicoptère sur le site de l'accident

L'épave du HB-ZDQ a été transportée dans le hangar du SESE de façon à l'examiner de manière plus approfondie.

Le constructeur a été contacté pour confirmer les constatations et apporter leur point de vue sur l'épave.

Les éléments suivants ont été relevés par les experts en présence des enquêteurs du SESE :

- La continuité de la chaîne de commande du rotor arrière est confirmée ;
- La position des butées de commandes du rotor arrière était correcte ;
- La commande de puissance du moteur était en ordre et les indications de puissance affichées au cockpit étaient correctes ;
- La rupture de l'arbre de transmission arrière est la conséquence de l'impact du fenestron lors du 1er impact avec le sol ;
- Les commandes des systèmes cyclique et collectif ne présentaient pas de défaut ;
- La balise de détresse ELT a été activée.

L'enquête n'a pas mis en évidence d'élément technique ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à son déclenchement.

1.4 Renseignements sur le pilote

La formation aéronautique du pilote a débuté le 29 août 2018 sur l'aéroport de Belp chez Swiss Helicopter puis s'est poursuivie à Bâle chez Helitrans AG et s'est déroulée exclusivement sur le type Cabri G2. Cette formation a été accomplie selon les syllabus des compagnies respectives. D'après Swiss Helicopter, la lettre service n° 12-001 a été traitée lors du *Ground Course*. Selon le manuel de formation, une attention particulière doit être portée au contrôle du lacet en approche, lors de la transition au vol stationnaire, surtout si le pilote est habitué à utiliser un rotor anti couple conventionnel. De plus, les instructeurs doivent démontrer que l'amplitude de la course des pédales varie en fonction du vent.

Le vol d'examen (*skilltest*) en vue de l'obtention de la licence de pilote privé pour hélicoptères a eu lieu le 11 décembre 2019 avec un total de 74 heures de vol. Au cours de ce vol, le pilote a dû répéter une grande partie des épreuves de pannes simulées échouées lors du 1^{er} essai.

Le 26 mai 2020, le pilote était aux commandes d'un hélicoptère de type Cabri G2 immatriculé HB-ZTT avec un passager. Après le survol d'Adelboden, il a perdu le contrôle de l'hélicoptère qui a atterri durement sur une route communale. Aucun occupant n'a été blessé (voir [rapport sommaire](#)).

Ensuite le pilote a continué ses vols principalement aux commandes du type Cabri G2. Son dernier vol de contrôle (*proficiency check*) avec un instructeur date du 21 mai 2022.

Lors de sa déposition suite à l'accident faisant l'objet de la présente enquête, le pilote a déclaré qu'il n'avait pas connaissance de la lettre service n° 12-001 (voir chapitre 1.2.2).

1.5 Conditions météorologiques

1.5.1 Situation générale

L'anticyclone déterminant le temps, qui s'étend du proche Atlantique jusqu'à l'Europe de l'Est, est temporairement quelque peu réduit. Un courant d'altitude modéré d'ouest amène de l'air plus chaud, un peu plus humide et à stratification instable vers l'espace alpin.

1.5.2 Conditions météorologiques sur les lieux et à l'heure de l'accident

Les informations suivantes sur les conditions météorologiques au moment et sur le lieu de l'accident sont basées sur les mesures effectuées à l'aérodrome de Gruyère, à deux stations de mesure situées en altitude ainsi que sur des analyses de modèles.

Temps/Nuages	Cumulus sur le relief, sinon sans nuage et sec
Visibilités	Environ 50 km
Vent	270 degrés, 8 kt avec rafales jusqu'à 15 kt selon les mesures de l'aérodrome de Gruyère, 241 degrés, 11 kt avec rafales jusqu'à 20 kt à 1042 m/M, 277 degrés, 15 kt avec rafales jusqu'à 25 kt à 1974 m/M
Température / point de rosé mesurés à l'aérodrome de Gruyère (LSGT)	31 °C / 11 °C
Pression atmosphérique (QNH ⁴)	1017 hPa
Danger	Température maximale de deux côtés des Alpes autour de 30 degrés.

⁴ QNH : pression réduite au niveau de la mer, calculée selon l'atmosphère standard de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)

1.5.3	Données astronomiques		
	Position du soleil	Azimut : 196°	Hauteur : 66°
	Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.6 Incidents similaires

Le 18 février 2022, un élève-pilote décolle de l'aérodrome de Grenoble-Le Versoud pour son deuxième vol de navigation en solo aux commandes d'un Cabri G2 immatriculé F-HGRE (voir [rapport final](#)). Après son approche, l'élève pilote reçoit l'instruction de libérer la piste 27 par la gauche puis de se déplacer en air taxi sur un point de stationnement nécessitant un virage à gauche.

Au cours de ce dernier virage, l'élève pilote perd le contrôle en lacet alors qu'un vent du secteur arrière droit souffle à environ 14 kt avec des rafales jusqu'à 23 kt. Après six rotations complètes à gauche, l'hélicoptère heurte un pylône d'éclairage de l'aéroport puis tombe à la verticale sur le tarmac.

Pour la période de 2015 à 2022, le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (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 rotor anti-couple en situation d'exercice de panne moteur ou régulateur, en instruction.

Le constructeur Hélicoptères 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.

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

1.7 Recommandation de sécurité du BEA

Le rapport d'enquête de l'accident du Cabri F-HGRE (voir [rapport final](#)) contient en son point 5 une recommandation de sécurité visant à améliorer la formation sur le contrôle en lacet pour le Cabri G2.

En effet, le BEA relève que l'analyse des accidents de Cabri G2 montre que plus de la moitié concerne 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.

En conséquence, le BEA recommande que le constructeur Hélicoptères Guimbal fournisse à tous les organismes de formation plus de précisions ou

recommandations sur la manière d'enseigner, sur le plan théorique et pratique, le contrôle en lacet sur le Cabri G2 (voir chapitre 4.1).

Les données d'adéquation opérationnelles (*Operational Suitability Data – OSD*) approuvées par l'Agence Européenne de la Sécurité (AESAs) 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 lettre service n° 12-001 du constructeur décrit des situations typiques pouvant amener à des pertes de contrôle en lacet lors de l'approche uniquement et ne donne pas d'indication sur les manières de prendre en compte ces particularités en instruction.

De ce fait, le programme de formation établi par la Fédération française d'Hélicoptère et approuvé par la direction de la Sécurité de l'Aviation Civile pour la formation sur le type Cabri G2 reprend tel quel le paragraphe de l'OSD et sans indication complémentaire en préambule du chapitre « Programme des cours en vol »

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête n'a pas mis en évidence d'élément technique ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à son déclenchement.

2.2 Aspects opérationnels et humains

Le pilote s'est engagé dans un virage à gauche à faible vitesse en présence d'un vent provenant d'abord de la droite puis du secteur arrière. Il a été surpris par l'engagement soudain de l'hélicoptère dans ces rotations involontaires à gauche en descente significative.

Son action de réduire le pas collectif de moitié lui a permis de reprendre momentanément le contrôle de sa machine qui s'est retrouvée très proche de la surface du champ adjacent à la piste ; il est vraisemblable que son intention a été de se reposer au plus vite après folle cabriole.

Au moment de ralentir le HB-ZDQ pour l'atterrissage, le mouvement de rotation à gauche a recommencé en raison d'une action insuffisante sur le palonnier droit.

Pour ce type d'hélicoptère équipé d'un fenestron, un départ involontaire en lacet vers la gauche requiert une action immédiate au palonnier droit et de grande amplitude (voir figure 2), particulièrement lors d'une baisse de régime du rotor principal. Le pilote n'avait pas connaissance du contenu de la lettre service n° 12-001 traitant de ce phénomène (voir chapitre 1.2.2).

Comme le montre le cas présent, la perte de contrôle en lacet peut également se produire en vol de montée et pas seulement lors de l'approche. Le SESE considère que la recommandation du BEA (voir chapitre 1.7) est également pertinente par rapport au déficit de sécurité existant et ne voit donc pas la nécessité d'émettre une recommandation de sécurité supplémentaire (voir chapitre 4.1).

L'anticipation d'évolution rapide des conditions météorologiques, notamment de l'évolution du gradient de vent en fonction de la hauteur, n'est pas toujours évidente (cf. chapitre 1.5). Toutefois, informer dès le début de la formation des phénomènes locaux et fréquents pourrait permettre aux instructeurs de sensibiliser les élèves pilote à anticiper ou à se préparer à la gestion de certaines situations imprévues au cours de leurs vols.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'appareil était admis à la circulation règles de vol à vue (*Visual Flight Rules – VFR*).
- Au moment de l'accident, la masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites selon le manuel d'exploitation de l'aéronef (*Aircraft Flight Manual – AFM*).
- L'enquête n'a pas mis en évidence d'élément technique ayant pu provoquer l'accident ou contribuer à son déclenchement.
- Le dernier contrôle de 100 h de l'hélicoptère a été effectué le 23 mai 2022 au cours duquel le moteur et la boîte de transmission principale ont été remplacés.
- La balise de détresse (*Emergency Locator Transmitter – ELT*) s'est déclenchée.

3.1.2 Pilote

- Les documents fournis indiquent que le pilote était titulaire d'une licence adéquate.
- Aucun élément n'indique que le pilote ait été affecté dans son état de santé lors de la survenue de l'accident.
- Son dernier vol de contrôle (*proficiency check*) avec un instructeur date du 21 mai 2022.
- Le pilote n'avait pas connaissance de la lettre service n° 12-001 publiée en 2012 par le constructeur.

3.1.3 Déroulement du vol au cours duquel s'est produit l'accident

- Le pilote désirait rejoindre le secteur E et dans ce but a décollé en direction du seuil de piste 35
- Lors du virage à gauche destiné au survol de la piste, il a perdu le contrôle de l'hélicoptère qui s'est engagé dans plusieurs rotations à gauche selon l'axe de lacet.
- En réduisant le pas collectif de moitié, il est parvenu à stopper ces rotations. L'hélicoptère a poursuivi son vol d'abord de façon rectiligne puis par un virage à gauche à très faible hauteur.
- Au cours de cette dernière manœuvre, le pilote ne parvient pas à contrôler l'hélicoptère qui s'engage à nouveau dans une rotation à gauche en lacet au moment du 1^{er} atterrissage brutal sur les patins qui cèdent.
- Quelques secondes plus tard l'hélicoptère redécalle brièvement en tournoyant pour se reposer à proximité.

3.1.4 Conditions cadre

- La lettre service n° 12-001 mentionne entre autres que le vent de travers venant de la droite est un facteur aggravant pour le contrôle en lacet en raison de la taille et la forme de la dérivation du fenestron.

- Le pilote avait connaissance d'un vent du secteur ouest de 15 kt à une altitude de 5000 ft AMSL.
- Lors du virage à gauche vers l'est destiné à survoler la piste 35, l'hélicoptère s'est retrouvé avec une composante de vent arrière droit provenant du secteur ouest accompagné de rafales.

3.2 Causes

Dans le but d'accomplir sa mission de prévention, tout service d'enquête de sécurité doit se prononcer sur les risques et les dangers qui ont impacté l'incident examiné et doivent être évités à l'avenir. Les termes et formules utilisés ci-après s'entendent donc exclusivement dans une perspective préventive. La désignation des causes et facteurs ayant contribué à un accident n'implique aucune attribution de faute ni détermination de la responsabilité administrative, civile ou pénale.

L'accident est dû à une perte de contrôle en lacet à faible vitesse et hauteur en présence de vent arrière soufflant en rafales.

Le facteur suivant a contribué à l'accident:

- Un manque de connaissance des caractéristiques du rotor anti-couple de type fenestron.

4 Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident

4.1 Recommandations de sécurité

Selon les bases juridiques internationales⁵ et nationales⁶, toutes les recommandations de sécurité sont adressées à l'autorité de surveillance de l'état responsable. En Suisse, il s'agit de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) ou de l'Agence supranationale de la sécurité aérienne de l'Union européenne (AESA). L'autorité de surveillance compétente doit décider dans quelle mesure ces recommandations doivent être mises en œuvre. Cependant, toutes les organisations, entreprises et personnes sont invitées à améliorer la sécurité aérienne conformément aux objectifs poursuivis par les recommandations de sécurité.

Le SESE publie les réponses de l'office fédéral compétent ou des autorités de surveillance étrangères sur son site (www.sust.admin.ch), offrant de la sorte un aperçu quant au degré de mise en œuvre de la recommandation de sécurité correspondante.

Dans le cadre de l'enquête menée par le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) sur l'accident du Cabri G2 immatriculé F-HGRE du 18 février 2022 (voir [rapport final](#)), la recommandation de sécurité [FRAN-2023-004] a été formulée en ce qui concerne l'amélioration de la formation sur le contrôle en lacet pour le type Cabri G2 comme suit :

« [...] 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 [Operational Suitability Data] 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 [Approved Training Organisation] 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 ;*

⁵ Annexe 13 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et article 17 du règlement (UE) 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 et abrogeant la directive 94/56/CE.

⁶ Article 48 de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT) du 17 décembre 2014, état le 1^{er} septembre 2023 (OEIT, RS 742.161).

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. »

Le SESE considère que cette recommandation de sécurité est également pertinente par rapport au déficit de sécurité existant et ne voit donc pas la nécessité d'émettre une recommandation de sécurité supplémentaire.

4.2 Avis concernant la sécurité

Aucun

4.3 Mesures prises après l'accident

Les mesures prises et dont le SESE a connaissance sont décrites ci-après sans autre commentaire.
--

4.3.1 Swiss Helicopter

Par lettre du 8 juin 2023, l'entreprise d'hélicoptères a informé le SESE des mesures prises mentionnées ci-dessous :

« Après l'accident, Swiss Helicopter AG a revu les processus internes relatifs à l'affrètement et a notamment prévu les mesures suivantes :

- Avant la conclusion d'un contrat d'affrètement sur la base concernée et donc avant le début de l'activité aérienne dans l'exploitation charter de Swiss Helicopter SA, une évaluation systématique de l'activité aérienne et de la formation du pilote est effectuée et documentée. En fonction de cela, le pilote sera dans un premier temps encadré plus étroitement ou ne pourra voler au début qu'avec un instructeur de vol en tant que pilote de safety.*
- La surveillance des autorisations, des formations, des vols de contrôle et de la validité des licences des pilotes charter a été centralisée au sein de Swiss Helicopter AG sur toutes les bases.*
- Un duty manager sur chaque base, en général un instructeur de vol, encadre les pilotes lors des vols charter. Un soutien consultatif est offert sur place lors de la préparation et de l'exécution du vol. »*

De plus, Swiss Helicopter a complété le syllabus de formation sur Cabri G2 en intégrant la consigne de sécurité (*safety instruction*) émanant du constructeur Guimbal (voir annexe 1).

4.3.2 Constructeur Guimbal

Le 19 juin 2023, le constructeur Guimbal a publié un guide à l'intention des instructeurs pour la formation sur le Cabri G2. Ce guide décrit les exercices les plus usuels et la manière de les exécuter basée sur l'expérience du constructeur et des accidents enregistrés.

Le contenu de ce guide consiste en quatre heures de théorie et deux heures de vol.

La leçon 3.3 de ce guide se nomme « Récupération du contrôle de l'hélicoptère après une brusque rotation sur la gauche selon l'axe de lacet (*recovery from a high rate of left yaw*).

Le but de cet exercice est de montrer la pleine autorité du rotor arrière : la déflexion complète de la pédale droite arrêtera toujours le mouvement de lacet vers la gauche pour autant que le régime du rotor principal se trouve dans l'arc vert.

De plus, cet exercice permet de sensibiliser l'élève sur trois points :

- De remarquer la grande course du palonnier, la déflexion complète de la pédale droite est éloignée de la position neutre,
- De comprendre que cette position plein pied droit en stationnaire ne va pas endommager l'hélicoptère,
- De créer une manœuvre de correction chez l'élève en cas de perte de contrôle vers la gauche selon l'axe de lacet.

Ce rapport final a été approuvé par la commission du Service suisse d'enquête de sécurité SESE (art. 10 lit. h de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports du 17 décembre 2014).

Berne, 7 mai 2024

Service suisse d'enquête de sécurité

Annexe 1: Consigne de sécurité concernant un mouvement de lacet imprévu



Safety instruction - Unanticipated yaw

- Watch first 2 minutes of this video: <https://www.youtube.com/watch?v=mg5WtathVyc> (EASA – UNANTICIPATED YAW)

- Student and flight instructor discuss the following basic information together:
Unanticipated yaw happens often at low altitude and during the approach/landing phase. It can also happen in any other flight phase where the helicopter is at low air speed and high collective position.

Unanticipated yaw happens much more often than tail rotor failure or tail rotor control failure. It can happen to any helicopter equipped with single main rotor. Unanticipated yaw is one of the main reasons for helicopter accidents.

Wind plays a main factor at unanticipated yaw. Especially if you have a wind direction from the power pedal side (For clockwise turning helicopters this is wind from the right). The wind supports the tail rotor during approach. During deceleration of air speed, there is always a moment where the effect of wind is gone and a lot of tail rotor force is required. Meaning the pilot has quickly to deflect power pedal.

Furthermore, tail wind conditions and gusty winds from any direction need special awareness to the pilot. Be ready to keep the helicopter in trim with pedal deflection (helicopter nose in flight direction) in other words ANTICIPATE with the pedals the greater force on the tail-rotor required.

Rules:

- Keep the nose of the helicopter straight by applying enough pedal - anticipate.
- Never allow the nose of the helicopter to turn in the direction of the non-power pedal during transition (yaw to the left at clockwise turning helicopters)
- Be ready to apply full power-pedal deflection until the detent. Keep this deflection until the yaw rate has stopped. Be aware the helicopter needs some time to react.
- In climb and descent, don't fly below 50kts.
- Control your air speed actively. Take special focus in transition to the low speed range. Aviate first!

Why do pilots fail to stop unanticipated yaw?

A too small amplitude on pedal deflection, too slow and not maintained reaction is most probably the cause.

Pilots believe they applied full pedal and kept it, but in reality, they didn't.

- Read and discuss Guimbal service letter "SL 12-001 Yaw Control in Approach"

Safety instruction – unanticipated yaw
Version 1-0; 12.12.2023

Page 1 of 2



- Discuss the special case – “power limited”:
When power is limited and more power pedal is applied, the RPM drops, the helicopter sinks and the unanticipated yaw cannot be stopped.
Therefore, if you are power limited, you have to avoid getting into unanticipated yaw even more. Especially when you turn into the direction of non-power pedal, the required amount of tail rotor force will be too big.

Conclusion:

- Before doing a spot turn, check your remaining power (MLI, FLI).
- Whenever you are at the power-limit, only turn into the direction of the power-pedal.
- In case you yaw in direction of the non- power pedal side, you have to make sure you have remaining power.

- Optional: Video, 28 minutes: <https://www.youtube.com/watch?v=MGC0ieDUD9Q> (The myth of losing tail rotor effectiveness - EASA Rotorcraft & VTOL Symposium 2019)
- FI: Scan and save this document in the student's folder on the server. Give the original paper version to the student.
- This instruction shall be given to the student, before the first solo.

Place, Date: _____

Name of Student: _____

Name of flight instructor: _____

Signature of Student: _____

Signature of flight instructor: _____