

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 Sommaire

Concernant le présent incident grave, une enquête sommaire a été conduite selon l'article 46 de l'ordonnance du 17 décembre 2014 sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT), état le 1er juillet 2024 (RS 742.161). Le seul objectif de l'enquête sur un accident ou un incident grave est la prévention des accidents ou des incidents graves. L'enquête de sécurité et le présent rapport n'ont expressément pas pour but d'établir une culpabilité ou une responsabilité. Si ce rapport est utilisé à d'autres fins que la prévention des accidents, il convient d'en tenir compte.

Type d'aéronef	Guimbal Cabri G2				HB-ZOW
Exploitant	Aéroclub de Genève, route H.CForestier 38, CH-1217 Meyrin				
Propriétaire	Aéroclub de Genève, route H.CForestier 38, CH-1217 Meyrin				
Instructeur	Citoyen suisse, né en 1992				
Licence	Pilote professionnel d'hélicoptères (<i>Commercial Pilot Licence Helicopter</i> – CPL(H)) selon l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (<i>European Union Aviation Safety Agency</i> – EASA), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)				
Heures de vol	Total	537 h	au cours des	90 derniers jour	rs 56 h
	Sur le type en cause	268 h	au cours des	90 derniers jour	rs 56 h
Elève	Citoyen suisse, né en 1986				
Licence	Aucune (en formation)				
Heures de vol	Total	60:07 h	au cours des	s 90 derniers jou	i rs 3:35 h
	Sur le type en cause	60:07 h	au cours des	s 90 derniers jou	irs 3:35 h
Lieu	Duillier (VD)				
Cordonnées	506 453 / 140 546 (<i>Swiss Grid</i> 1903) altitude 458 m/M N 46° 24' 35" / E 006° 13' 19" (WGS¹ 84)				
Date et heure	4 septembre 2023, 12 h 10 (LT ² = UTC ³ + 2 h)				
Type d'exploitation	Ecolage				
Règles de vol	Règles de vol à vue (Visual Flight Rules – VFR)				
Lieu de départ	Genève Aéroport (LSGG)				
Destination	Genève Aéroport (LSGG)				
Phase de vol	Atterrissage				
Nature de l'incident grave	t Perte de contrôle en vo	l			

¹ WGS: World Geodetic System, système géodésique mondial

² LT: *Local Time*, heure locale

³ UTC: *Universal Time Coordinated*, l'heure universelle coordonnée

Personnes blessées	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes	
Légèrement blessé	0	0	0	
Pas blessés	2	0	sans objet	
Dommages à l'aéronef	Légèrement endommagé	Extrémité de pales endommagées, poutre de queue légèrement endom- magée, arceaux des patins déformés.		
Autres dommages	Aucun			

Renseignements de base et constatations

Déroulement de l'incident grave

L'hélicoptère Guimbal Cabri G2, immatriculé HB-ZOW, décolle de l'aéroport de Genève (LSGG) à 10 h 58 avec un élève et un instructeur à bord. Il se rend dans la région entre Borex (VD) et Cheserex (VD), où il effectue 4 à 5 exercices d'entrainement à l'autorotation. Peu avant midi, pour minimiser les nuisances sonores, l'équipage se déplace à l'ouest du village de Duillier (VD) et se prépare à effectuer une répétition de l'exercice d'autorotation. Le terrain choisi est un champ non cultivé avec peu de végétation basse.

Après le début de l'exercice d'autorotation à environ 1100 ft AGL⁴, l'instructeur ferme la poignée des gaz et l'hélicoptère commence la descente. Dans la phase finale de l'exercice, avant l'arrondi, l'instructeur observe une vitesse indiquée (*Indicated Air Speed* – IAS) de 50 kt et que les tours rotor (*Rotor Revolution Per Minute* – RRPM) se trouvent dans la partie jaune (haute) de l'indicateur entre 560 – 570 RRPM. Pour réduire et ramener les tours du rotor dans le secteur vert, qui corresponds a 515 – 540 RRPM, l'instructeur augmente légèrement le pas collectif. Par la suite, les RRPM diminuent et l'instructeur réalise que la poignée des gaz est en position fermée. L'instructeur reprends immédiatement les commandes, ouvre la poignée des gaz et abaisse le pas collectif pour essayer d'augmenter les RRPM, qui sont trop bas à ce moment-là. L'hélicoptère prend contact durement avec le sol, rebondit et commence à basculer vers l'avant droite avec un mouvement de lacet à gauche avant de s'arrêter sur les patins.

L'instructeur vérifie si la balise de détresse (*Emergency Locator Beacon* – ELT) s'est enclenchée, et ne voyant pas le témoin d'émission conclu qu'elle ne s'est pas activée. Après avoir réduit la poignée des gaz au ralenti, sans éteindre le moteur et sans arrêter le rotor, l'instructeur effectue une inspection visuelle extérieure de l'hélicoptère. Ne constatant aucun dommage, il remonte à bord, vérifie la réponse de l'hélicoptère aux commandes en vol stationnaire et ne percevant aucune vibration anormale, rentre à l'aéroport de Genève. Le survol dure environ une quinzaine de minutes.

De retour à l'aéroport, l'équipage entends la communication d'un avion qui signale au contrôle du trafic au sol (Geneva Ground) la réception d'un signal radio ELT. A ce moment l'instructeur réalise que l'ELT du HB-ZOW est en fonction et l'éteint.

Ni l'aéroport ni le centre de coordination de recherches et secours n'a reçu les signaux de l'ELT.

_

⁴ AGL: Above Ground Level, Au-dessus du niveau du sol

Dégâts à l'hélicoptère et travaux de réparation

Après avoir arrêté le moteur et le rotor, l'équipage constate la présence de traces d'impact sur l'extrémité des trois pales (voir Figure 1), sur la poutre de queue de l'hélicoptère (voir Figure 2), sur les arcs du train d'atterrissage (voir Figure 3) et prévient les responsables de l'Aéroclub de Genève.



Figure 1: Dégât sur une des pales du rotor principal, non détectable avec le rotor en mouvement.



Figure 2: Dégât superficiel sur la poutre de queue.



Figure 3: Dégât sur le train d'atterrissage sous forme d'une déformation de l'arc des patins avec griffure de la peinture suite à l'impact avec la cellule.

Lors des travaux de réparation effectués par un atelier autorisé, les 3 extrémités de pale ont été réparées, la poutre de queue a été retouchée, l'arc antérieur et l'arc postérieur du train d'atterrissage ont été remplacés et une retouche de peinture a été faite au niveau du compas du rotor (voir Figure 4).

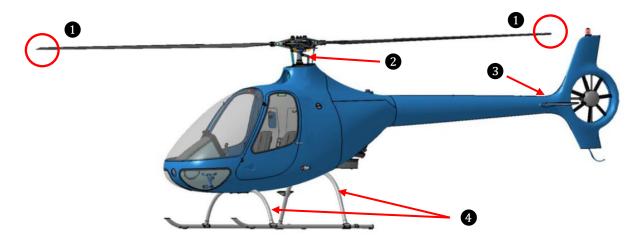


Figure 4: Image virtuelle d'un hélicoptère Guimbal Cabri G2 avec les positions des dégâts et réparations suite à l'incident grave. 1 bout des pales (pour des raisons d'illustration seulement 2 des 3 pales sont représentées); 2 compas; 3 position de l'endommagement de peinture sur la poutre de queue; 4 arc antérieur et postérieur du train d'atterrissage.

Météorologie

Selon les dires de l'instructeur, le vent lors de la phase finale de l'exercice d'autorotation au cours duquel s'est produit l'incident grave, venait face à l'hélicoptère avec environ 5 kt.

Procédure d'entrainement à l'autorotation

L'instructeur possède plusieurs documents décrivant comment enseigner les exercices d'autorotation, notamment le manuel de formation (*Training Manual*) de l'école de pilotage, le manuel de vol du Cabri G2 (*Aircraft Flight Manual* - AFM) et le guide pour les instructeurs (*Flight Instructeur Guide*) du constructeur Guimbal.

Ce guide décrit quatre méthodes pour l'exécution de l'entrainement des autorotations (voir les Annexes A, B, C et D à ce rapport) :

- L'autorotation sans fermeture de la poignée des gaz (power ON autorotation) ;
- L'autorotation avec réouverture de la poignée des gaz avant l'arrondi (autorotation with throttle recovery before the flare), avec vérification à une hauteur de 300 ft AGL que les paramètres RRPM, vitesse indiquée, angle de descente, terrain d'atterrissage soient corrects et une prise de décision si continuer ou interrompre la manœuvre;
- L'autorotation avec réouverture de la poignée des gaz pendant l'arrondi (autorotation with throttle recovery during the flare). Le constructeur ne recommande pas l'utilisation de cette technique pendant les entrainements mais seulement comme procédure à appliquer pendant une situation d'urgence ou en cas de récupération d'une autorotation jusqu'au sol manquée (in case of an emergency or as recovery of a missed full down autorotation).
- L'autorotation jusqu'au sol (*full down autorotation*), sans réouverture de la poignée des gaz.

L'instructeur avait consulté les manuels au cours des jours précédant l'incident grave. Quelques jours plus tard, un examen de renouvellement de sa licence d'instructeur était prévu et au cours duquel un des sujets centraux envisagés était les exercices d'autorotation.

Mitigation des risques pendant l'entrainement de manouvres d'urgence

L'instruction de manœuvres d'urgence fait partie des tâches que les instructeurs doivent effectuer régulièrement. L'instruction aux autorotations en hélicoptère est particulièrement critique car les instructeurs ont une marge d'erreur très réduite. Ceci compte tenu du fait qu'un élève, par son statut et sa faible expérience de vol, peut parfois faire des erreurs pendant l'exercice.

Lors du cours de formation pour instructeurs les candidats sont préparés, entre autres, aux techniques d'instruction de l'autorotation de façon théorique et pratique.

Dans ce contexte, la bonne pratique est de toujours effectuer les exercices d'autorotation sur des terrains permettant de poursuivre la manœuvre jusqu'au sol, ceci en prévision d'un possible problème moteur lors de l'ouverture de la poignée des gaz. Ouverture qui doit être initiée à une hauteur clairement prédéfinie et suffisante pour permettre à l'instructeur de prendre des mesures correctives afin de mener à bien la manœuvre voire l'atterrissage.

Certaines organisations de formation rajoutent de façon volontaire des conditions supplémentaires qui permettent de mitiger les risques. Par exemple en indiquant aux instructeurs d'effectuer les exercices d'autorotation en fermant la poignée des gaz seulement dans les phases de la descente initiale, mais pas pendant l'arrondi, tout en respectant les recommandations et limites publiées par le constructeur.

L'organisation de formation concernée par l'incident grave a introduit une telle condition supplémentaire comme mesure de mitigation du risque suite à l'analyse de l'événement dans le cadre de son système de gestion de la sécurité.

Installation et fonctionnement de la balise de détresse ELT

L'ELT est un appareil qui sert à la localisation en cas de détresse. Il dispose de deux modes de fonctionnement, un manuel et un automatique. Dans le premier cas, l'activation se fait manuellement via un interrupteur directement sur l'appareil ou avec une commande à distance. Dans le second cas, s'il est armé, le transmetteur s'active automatiquement en cas de choc, par exemple suite à un atterrissage dur.

Sur le Cabri G2, l'ELT est fixé sur le fond du compartiment à bagages, se trouvant du coté droite de l'hélicoptère, entre la cloison principale du fuselage et la cloison pare-feu. L'antenne de transmission est située derrière le siège du pilote. Elle est installée contre la partie avant de la cloison principale du fuselage, construite en polymère renforcé avec fibre de carbone (carbon fibre reinforced polymer – CFRP⁵).

L'interrupteur de commande à distance ainsi que le voyant d'activation sous la forme d'une diode lumineuse rouge sont situés sur la cloison principale entre les sièges du pilote et du passager/instructeur, hors de la vue vers l'avant.

Sur ce type d'hélicoptère une poche à documents située entre les deux sièges appuie partiellement sur l'avant la commande à distance et cache le voyant lumineux de l'ELT.

_

⁵ Les matériaux CFRP sont entre autres conducteur d'électricité et peuvent faire fonction d'écran pour les ondes électromagnétiques comme les ondes radio.

Analyse

Avant l'exercice au cours duquel s'est produit l'incident grave l'équipage a répété plusieurs fois la manœuvre d'autorotation sans rencontrer de problèmes particuliers tout en appliquant les recommandations du constructeur.

Après avoir changé de terrain d'entrainement, pendant la dernière répétition de l'exercice et au début de l'arrondi (*flare*), l'instructeur constate que la poignée des gaz est toujours en position fermée. Il ouvre la poignée des gaz alors que la commande du pas collectif se trouve dans une position intermédiaire à cause de sa précédente correction des RRPM trop élevés. Cette position intermédiaire de l'angle de pas collectif a généré une résistance aérodynamique du rotor et donc un couple que le moteur n'est pas parvenu à contrer avec l'ouverture tardive de la poignée des gaz. La conséquence a été une perte de RRPM et de portance, ce qui a amené au contact dur avec le sol et endommagé l'hélicoptère. Un cas similaire est décrit dans un rapport sommaire du SESE⁶.

Une grande partie des accidents d'aviation se produit pendant des phases du vol dans lesquelles la charge de travail dans le poste de pilotage est élevée. Un exercice d'autorotation représente une telle situation⁷. Une déviation des paramètres de vol nécessitant des actions correctives comme dans le cas en objet, cumulée à d'autres facteurs comme la fatigue qui augmente au fur et à mesure de la leçon et le changement de terrain d'entrainement, peuvent amener à une saturation mentale temporaire de l'équipage. Cette situation favorise le possible oubli d'effectuer des actions importantes pour le vol telle la réouverture au moment opportun de la poignée des gaz. L'instructeur n'avait pas encore une grande expérience d'instruction, ceci a pu influencer la charge de travail admissible.

Le fait que l'instructeur a effectué un contrôle des dégâts sur le terrain avec le rotor en mouvement n'a pas permis d'analyser correctement la situation (voir Figure 1). Un collapse du train d'atterrissage ne peut jamais être exclus après un atterrissage dur, ce qui représente un danger important pour toutes personnes se trouvant à proximités de l'hélicoptère.

Reprendre le vol après un contact dur avec le sol ou d'autres événements imprévus sans une vérification par du personnel spécialisé peut amener à des conséquences catastrophiques⁸.

L'absence de détection de l'activation de l'ELT par l'équipage et les autorités compétentes est probablement due aux facteurs suivants:

- installation de la poche porte-documents couvrant partiellement la commande à distance de l'ELT et son voyant lumineux;
- absence d'une procédure de surveillance de la transmission sur la fréquence internationale de secours par l'équipage suite à un contact dur avec le sol et à l'arrêt de l'hélicoptère:
- installation de l'antenne de l'ELT contre la cloison principale construite en matériel CFRP qui atténue le signal émis.

Conclusions

L'incident grave au cours duquel l'hélicoptère a pris contact durement avec le sol et a été endommagé aux extrémités de pales, à la poutre de queue et aux arceaux des patins, est dû au fait que, lors d'un exercice d'autorotation, la poignée des gaz n'a été ouverte que pendant la phase d'arrondi avec les RRPM réduits, ce qui a entraîné une perte de contrôle de l'hélicoptère.

⁶ Voir le <u>rapport sommaire du SESE HB-ZWC</u>.

⁷ Voir aussi le rapport final du SESE n° 2417.

⁸ Voir le rapport final du SESE n° 2258 et le rapport sommaire du SESE HB-CHX.

En retournant avec l'hélicoptère à l'aérodrome de décollage après le contact dur avec le sol, sans effectuer une inspection par du personnel qualifié, l'équipage s'est exposé à un risque évitable.

Berne, le 7 octobre 2024

Service suisse d'enquête de sécurité

Annexe A

Flight Instructor Guide

Helicopteres Guimbal CABRI G2

3.4 Power ON Autorotation

Why?

To perform autorotation training without managing the twist grip, which is easier and less risky than a full down autorotation.

Cabri specifics

The Cabri G2's engine governor manages the engine RPM even when the needles are split, allowing this maneuver.

How to demonstrate

- Begin at 1000 ft AGL minimum,
- Lower the collective and maintain fully down,
- Maintain 50 KIAS.
- o Raise the collective slightly ONLY if rotor RPM reaches the upper yellow arc,
- At 300 ft AGL, check parameters (RPM > 530, IAS between 50 and 60 kt, glidepath) and landing spot then decide whether the maneuver should be continued or aborted,
- o At 60 ft begin flare with aft cyclic,
- Level the helicopter then raise collective.

TEM

- Yaw kick to the left when needles rejoin
- Twist grip blocked by the student

8 Issue 01

Annexe B

Helicopteres Guimbal CABRI G2

Flight Instructor Guide

3.5 Autorotation with Throttle Recovery Before the Flare

Why?

To practice a simulated engine failure without the engine sound and with larger needles split, allowing lower rotor RPM situations.

Cabri specifics

Twist grip might be a bit stiff on some aircraft. Twist grip range is larger than on other piston engine helicopter.

How to demonstrate

- Begin at 1000 ft AGL minimum,
- o Lower the collective and maintain fully down then reduce throttle to idle,
- Maintain 50 KIAS,
- o Raise the collective slightly ONLY if rotor RPM reaches the upper yellow arc,
- At 300 ft AGL, check parameters (RPM > 530, IAS between 50 and 60 kt, glidepath) and landing spot then decide whether the maneuver should be continued or aborted,
- Continue as a Power ON autorotation.

TEM

- · Yaw kick to the left when needles rejoin
- · Twist grip blocked by the student
- Engine overspeed

Annexe C

Flight Instructor Guide

Helicopteres Guimbal CABRI G2

3.6 Autorotation with Throttle Recovery During the Flare

Why?

This technic is NOT recommended by HG for training, it should be performed only in case of an emergency or as recovery of a missed full down autorotation.

How to demonstrate

- o Begin at 1000 ft AGL minimum,
- Lower the collective and maintain fully down then reduce throttle to idle,
- Maintain 50 KIAS,
- o Raise slightly the collective ONLY if rotor RPM is in the upper yellow arc,
- At 300 ft AGL, check parameters (RPM > 530, IAS between 50 and 60 kt, glidepath) and landing spot then decide whether the maneuver should be continued or aborted,
- At 60 ft begin flare with aft cyclic then open throttle to >2000 RPM,
- Level the helicopter then raise collective.

TEM

- Loss of rotor RPM
- Loss of control in yaw
- Several accidents happened that way
- Twist grip blocked by the student
- Engine overspeed

10 Issue 01

Annexe D

Helicopteres Guimbal CABRI G2

Flight Instructor Guide

3.7 Full Down Autorotation

Why? / Cabri specifics

The Cabri G2 is an easy and forgiving aircraft to practice this maneuver with, however it remains a delicate maneuver that should be performed with care and proper technic.

How to demonstrate

- Final to runway at ≥1000 ft AGL and GOV ON,
- Lower the collective then close and compress the throttle twist grip (see SL 19-001),
- Maintain 50 KIAS,
- Raise slightly the collective ONLY if rotor RPM is in the upper yellow arc,
- At 300 ft AGL, check parameters (RPM > 530, IAS between 50 and 60 kt, glidepath) and landing spot then decide whether the maneuver should be continued or aborted,
- At 60 ft begin flare with aft cyclic,
- Level the helicopter then raise collective.

TEM

- · Hard landing due to improper flare/collective management
- Runway excursion following excessive airspeed at touchdown
- Throttle opening due to correlation cam if twist grip is not completely closed (see SL 19-001)

Issue 01 11