

Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

Rapport d'enquête de sécurité



A-2022-26-A

Date de l'évènement
Lieu
Type d'appareil
Organisme

16 décembre 2022
Les Églises-d'Argenteuil (Charente-Maritime)
Grob 120
Armée de l'Air et de l'Espace

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, l'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités.

L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale.

Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

CRÉDITS

		Page de garde
Figure 1	armée de l'Air et de l'Espace	7
Figures 2 à 6	Google Earth et RESEDA	11 à 16
Figures 7 et 8	BEA-É	17
Figure 9	Grob Aircraft	17
Figure 10	BEA-É	18
Figure 11	armée de l'Air et de l'Espace	18
Figure 12	BEA-É	18
Figure 13	DGA EV	19
Figure 14	DGA TA	21
Figure 15	Grob Aircraft et BEA-É	21
Figure 16	RESEDA et BEA-É	22
Figure 17	DGA EV	24
Figures 18 à 21	BEA-É	25 à 27
Figure 22	DGA EV	29

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. RENSEIGNEMENTS DE BASE.....	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	8
1.6. Renseignements sur l'aéronef	9
1.7. Conditions météorologiques	10
1.8. Aides à la navigation	10
1.9. Télécommunications	10
1.10. Renseignements sur l'aéroport	10
1.11. Enregistreurs de bord.....	10
1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'accident.....	11
1.13. Renseignements médicaux.....	12
1.14. Incendie	12
1.15. Questions relatives à la survie des occupants et à l'organisation des secours	12
1.16. Essais et recherches	13
1.17. Renseignements sur les organismes.....	13
1.18. Renseignements sur la vrille	14
1.19. Renseignements sur l'abandon de bord	18
2. ANALYSE.....	21
2.1. Expertises techniques.....	21
2.2. Séquence de l'évènement.....	29
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	30
3. CONCLUSION	37
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	37
3.2. Causes de l'évènement	37
4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ	39
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	39
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	40

GLOSSAIRE

AFAE	Airbus Flight Academy Europe
ARCC	<i>Aeronautical rescue coordination centre</i> – centre de coordination des sauvetages aéronautiques
BA	Base aérienne
DGA EP	Direction générale de l’armement – Essais propulseurs
DGA EV	Direction générale de l’armement – Essais en vol
DGA TA	Direction générale de l’armement – Techniques aéronautiques
DRHAAE	Direction des ressources humaines de l’armée de l’Air et de l’Espace
EAC	École de l’aviation de chasse
EFPN	École de formation du personnel navigant
EIV	Escadron d’instruction en vol
ELT	<i>Emergency locator transmitter</i> – balise de détresse
FI	<i>Flight instructor</i> – instructeur en vol
ft	<i>Feet</i> – pieds. 1 pied vaut 30,48 centimètres
hPa	Hectopascal
kt	<i>Knots</i> - nœuds. 1 nœud vaut 1,852 kilomètre par heure
QNH	Valeur de la pression atmosphérique ramenée au niveau moyen de la mer suivant les caractéristiques de l’atmosphère standard
RESEDA	Restitution des enregistreurs d’accidents
UPRT	<i>Upset prevention and recovery training</i> – formation à la récupération de positions inusuelles

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 16 décembre 2022 à 12h46 (11h46 temps universel)

Lieu de l'évènement : Les Églises-d'Argenteuil (Charente-Maritime)

Autorité d'emploi : armée de l'Air et de l'Espace (AAE)

Commandement organique : direction des ressources humaines de l'armée de l'Air et de l'Espace (DRHAAE) / écoles de formation du personnel navigant (EFPN)

Unité : école de l'aviation de chasse (EAC) 00.315 / escadron d'instruction en vol (EIV) 2/12 « PICARDIE »

Aéronef : Grob G 120A-F¹ immatriculé F-GUKO

Organisme : Airbus Flight Academy Europe (AFAE)

Nature du vol : instruction

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 16 décembre 2022, un Grob 120, qui a décollé de la base aérienne (BA) de Cognac, effectue un vol d'instruction au profit d'un élève-pilote sur un axe de voltige au nord-est de Saint-Jean-d'Angély. Lors d'un exercice de vrille, les actions aux commandes de l'élève-pilote ne permettent pas de sortir de vrille. L'instructeur reprend les commandes et, malgré plusieurs tentatives, ne parvient pas à récupérer le contrôle de l'appareil. L'avion étant toujours en vrille, l'instructeur ordonne alors l'évacuation et largue la verrière. L'élève-pilote puis le commandant de bord abandonnent l'appareil et atterrissent sous voile, alors que l'aéronef s'écrase au sol.

Les deux pilotes sont légèrement blessés. L'aéronef est totalement détruit.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un directeur d'enquête de sécurité adjoint (BEA-É) ;
- un enquêteur technique (BEA-É) ;
- un enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur Grob 120 ;
- un parachutiste d'essai ;
- un médecin breveté en médecine aéronautique et spatiale.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP) / Restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) ;
- Direction générale de l'armement – Techniques aéronautiques (DGA TA) ;
- Direction générale de l'armement – Essais en vol (DGA EV) ;
- Météo-France.

¹ Appelé Grob 120 dans la suite du rapport.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne militaire à vue (CAM V)

Type de mission : vol d'instruction

Point de départ : aéroport de Cognac Châteaubernard (LFBG), BA 709 Cognac Châteaubernard

Heure de départ : 12h22

Point d'atterrissage prévu : aéroport de Cognac Châteaubernard (LFBG)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le vol s'inscrit dans la deuxième phase de la formation des pilotes militaires dispensée à l'école de l'aviation de chasse sur Grob 120. Il correspond au troisième vol du module de perfectionnement au pilotage (PIL3). L'équipage se retrouve à 10h30 pour le briefing qui est conduit par l'élève-pilote. Les différents exercices de la mission sont présentés dont la vrille, qui est le premier des exercices programmés dans la fiche pédagogique après la rejointe de l'axe de travail. Deux tours de vrille par la droite sont alors prévus. Le plancher de la zone d'évolution et l'altitude de décision d'évacuation en cas de perte de contrôle sont calculés en fonction du QNH² du jour et de l'altitude moyenne du secteur de travail.

Après avoir déjeuné, les deux membres d'équipage rejoignent le parking des avions. Ils s'équipent chacun d'un harnais porte-équipements de survie et d'un parachute de sauvetage. Le commandant de bord prend en compte le Grob 120, puis effectue la visite avant vol tandis que l'élève-pilote s'installe en place droite.

1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

L'équipage, avec l'indicatif MOLOCH 75, décolle à 12h22 de la piste 05 avec l'élève-pilote aux commandes. Ce dernier contacte le contrôleur du secteur ouest de la zone R49 et monte sur son axe de travail situé au nord-est de Saint-Jean-d'Angély jusqu'au plafond du secteur au niveau de vol FL 90. L'élève-pilote rappelle les actions aux commandes à effectuer pour la mise en vrille, son maintien et sa sortie. Après avoir réalisé les actions vitales avant voltige, il effectue à 120 kt³ un virage de sécurité de 360° par la droite à 45° d'inclinaison. Il sort face à Saint-Jean-d'Angély qu'il a pris comme repère pour compter les tours de vrille.



Figure 1 : reconstitution 3D de la trajectoire de l'aéronef

² QNH : valeur de la pression atmosphérique ramenée au niveau moyen de la mer suivant les caractéristiques de l'atmosphère standard.

³ *Knots* - nœuds. Un nœud vaut 1,852 kilomètre par heure.

1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

À 12h44'40'', stable au cap 250°, l'élève-pilote initie la réduction de vitesse en plaçant la manette des gaz en position plein réduit. Tout en maintenant le palier, il compense⁴ l'avion avec le trim de profondeur jusqu'à 100 kt. Arrivant à 85 kt, il engage la direction à droite et ramène de manière franche le manche plein arrière. L'avion décroche et entre en vrille par la droite. Après avoir compté deux tours, l'élève-pilote engage la gouverne de direction dans le sens opposé à la vrille, met du manche en gauchissement à droite dans le sens de la vrille et vers l'avant. Constatant que l'avion ne sort pas de vrille, l'instructeur annonce qu'il reprend les commandes. Ce dernier fait alors plusieurs tentatives pour sortir de vrille, dont des manœuvres consistant à ramener la profondeur plein arrière puis en avant, mais il ne parvient pas à reprendre le contrôle de l'appareil. Arrivant à l'altitude plancher de 3 000 ft de la zone d'évolution, il ordonne l'évacuation du Grob 120 et largue la verrière. L'élève-pilote évacue l'aéronef par la droite puis l'instructeur évacue à son tour par la gauche. Les deux pilotes se retrouvent sous voile alors que l'aéronef s'écrase à 12h46. L'instructeur puis l'élève-pilote atterrissent chacun dans un champ.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Charente-Maritime (17)
 - commune : Les Églises-d'Argenteuil
 - coordonnées géographiques : N 45°57'37'' / O 000°25'32''
- Moment : milieu de journée
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Saint-Jean-d'Angély (LFIY)

1.2. Dommages corporels

Le pilote instructeur et l'élève-pilote sont légèrement blessés.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'aéronef est totalement détruit.

1.4. Autres dommages

L'aéronef s'est écrasé en bordure d'une truffière, endommageant une clôture sur une dizaine de mètres et provoquant une pollution du sol (carburant et carbone) centrée sur le point d'impact.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. Commandant de bord

- Âge : 46 ans
- Unité d'affectation : brigade aérienne d'assaut et de projection (BAAP)
- Fonction dans l'unité : instructeur abonné⁵ au sein de l'EAC
- Formations :
 - qualification : CPL (A)⁶, FI (A)⁷, SEP⁸
 - école de spécialisation : école de l'aviation de transport (EAT) à Avord (2000/2001)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120
Total	4530 h	1830 h	10h30	10h30	1h20	1h20

⁴ Maintenir par un système mécanique une gouverne dans une position permettant l'équilibre de l'avion à une vitesse donnée.

⁵ Personnel navigant affecté en dehors d'une unité navigante mais qui doit maintenir un socle d'activité minimale en vol. Il réalise cette activité aérienne de manière ponctuelle.

⁶ *Commercial pilot licence (aeroplane)* – licence de pilote professionnel (avion).

⁷ *Flight instructor (aeroplane)* – instructeur en vol (avion).

⁸ *Single engine propeller* – mono moteur à hélice.

- Date du précédent vol sur Grob 120 : 25 novembre 2022
- Date du précédent vol sur Grob 120 comportant une vrille : 16 juillet 2021
- Date du précédent vol sur Grob 120 aux commandes comportant une vrille : 20 juin 2019
- Date du précédent entraînement à l'évacuation : 14 octobre 2022
- Date du précédent entraînement au passage sous voile : 10 mars 2022

1.5.2. Élève-pilote

- Âge : 22 ans
- Unité d'affectation : EAC 00.315/ EIV 2/12 « PICARDIE »
- Fonction dans l'unité : élève-pilote
- Formations :
 - qualification : titulaire d'une licence PPL⁹ (A) (2018) dans le secteur civil
 - école de spécialisation : centre de formation aéronautique militaire initiale à Salon (2021/2022)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120	sur tout type	dont Grob 120
Total	197 h	3h15	8h00	3h15	2h40	2h40

- Date du précédent vol sur Grob 120 : 12 décembre 2022
- Date du précédent entraînement à l'évacuation : 6 décembre 2022
- Date du précédent entraînement au passage sous voile : 7 novembre 2022

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Airbus Flight Academy Europe (AFAE)
- Autorité d'emploi et commandement d'appartenance : armée de l'Air et de l'Espace - DRHAAE
- Aérodrome de stationnement : base aérienne 709 de Cognac Châteaubernard
- Unité d'affectation : EAC 00.315
- Type d'aéronef : Grob G 120A-F

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales (h)	Heures de vol (h) depuis dernière	Heures de vol (h) depuis dernière visite 100h
Cellule	Grob G 120A-F	85049	7401	GV ¹⁰ : 1 569	90
Moteur	Lycoming AEIO-540-D4D5	L-31958-48E	6076	RG ¹¹ : 789	90
Hélice	Hartzell HC-C3YR-1RF	DY7064B	6605	RG ¹² : 690	90

1.6.1. Maintenance

La maintenance et la mise en œuvre des Grob 120 est réalisée par AFAE. L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur. L'aéronef est navigable.

1.6.2. Performances

Les performances de l'aéronef dans les conditions du jour sont compatibles avec la mission.

⁹ Private pilot licence (aeroplane) – licence de pilote privé (avion).

¹⁰ Grande visite, effectuée toutes les 3000 heures de vol.

¹¹ Révision générale, effectuée toutes les 1400 heures de fonctionnement ou 12 ans.

¹² Révision générale, effectuée toutes les 1000 heures de fonctionnement ou 6 ans.

1.6.3. Masse et centrage

La masse de l'aéronef au décollage est de 1465 kg et de 1440 kg au moment de l'évènement. Le centrage longitudinal de 2,723 m est dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-18 (AVGAS 100 LL)
- Quantité de carburant au décollage : 212 litres
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 178 litres

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques sur 24 heures émises par le service météorologique de la BA 709 de Cognac Châteaubernard à 09h00 prévoient un vent du 040° pour 15 kt et des conditions CAVOK¹³.

1.7.2. Observations

Le message d'observations automatique émis par la station de la BA 709 à 12h00 indique un vent moyen du 030° pour 18 kt, des conditions CAVOK, une température de 4 °C, un point de rosée de -4 °C et un QNH de 1012 hPa. Au moment de l'évènement, la visibilité observée par l'équipage est excellente. Le vent est orienté au 040° pour 15 kt au sol et au 060° pour 30 kt à 3000 ft.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Le Grob 120 dispose de deux boîtiers radio VHF¹⁴ et d'un boîtier radio UHF¹⁵. Au moment de l'évènement, l'équipage est en contact avec l'approche sur la fréquence de travail des secteurs ouest en UHF et en écoute de la fréquence transit en VHF.

1.10. Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport est situé sur la base aérienne 709 de Cognac Châteaubernard sur laquelle sont stationnés plusieurs types d'aéronefs : Grob 120, PC 21, Cirrus SR 22 et Reaper. La base comprend notamment un escadron des services de la circulation aérienne.

1.11. Enregistreurs de bord

Le Grob 120 est équipé d'un enregistreur de bord qui mémorise une partie des données de vol à une fréquence de 1 Hz¹⁶, cependant sur le F-GUKO, les données audio¹⁷ ne sont pas enregistrées sur la mémoire durcie. Ces paramètres de vol ainsi que les données audio sont enregistrés sur un support non durci (carte SD) facilement extractible.

Seule la mémoire durcie de l'enregistreur a pu être exploitée.

¹³ *Ceiling and visibility OK* – plafond et visibilité OK : visibilité supérieure ou égale à 10 km, pas de nuage en dessous de l'altitude la plus élevée entre une hauteur de 5000 ft au-dessus de l'aérodrome ou l'altitude minimale de secteur, pas de phénomène significatif, pas de cumulonimbus ou de cumulus bourgeonnant.

¹⁴ *Very high frequency* – très haute fréquence.

¹⁵ *Ultra high frequency* – ultra haute fréquence.

¹⁶ Hertz - un hertz est égal à un cycle par seconde.

¹⁷ La version logicielle de l'enregistreur a la capacité d'enregistrer les données audio mais cela nécessite une modification de la configuration initiale.



Figure 2 : enregistreur de vol et carte SD

1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'accident

L'épave de l'aéronef est concentrée dans un périmètre très restreint. Seuls quelques éléments plus denses sont retrouvés à une vingtaine de mètres du point d'impact (bouchon réservoir carburant, trappe de visite, ...). L'aéronef a percuté le sol quasi verticalement, légèrement sur le dos. Les ailes et le fuselage sont disloqués, l'empennage arrière est détaché et la dérive est rompue. L'hélice et le moteur se sont enfoncés d'environ 80 cm dans la terre. La verrière, qui a été éjectée lors de la procédure d'évacuation, se trouve à 70 m de l'aéronef, sous le vent. Le parachute de l'instructeur est à une distance de 135 m de l'épave, celui de l'élève-pilote à 645 m. Le casque de l'élève-pilote se trouve à 110 m de l'épave. La balise de détresse ELT¹⁸ est détruite. Aucune émission n'a été perçue par l'ARCC¹⁹.

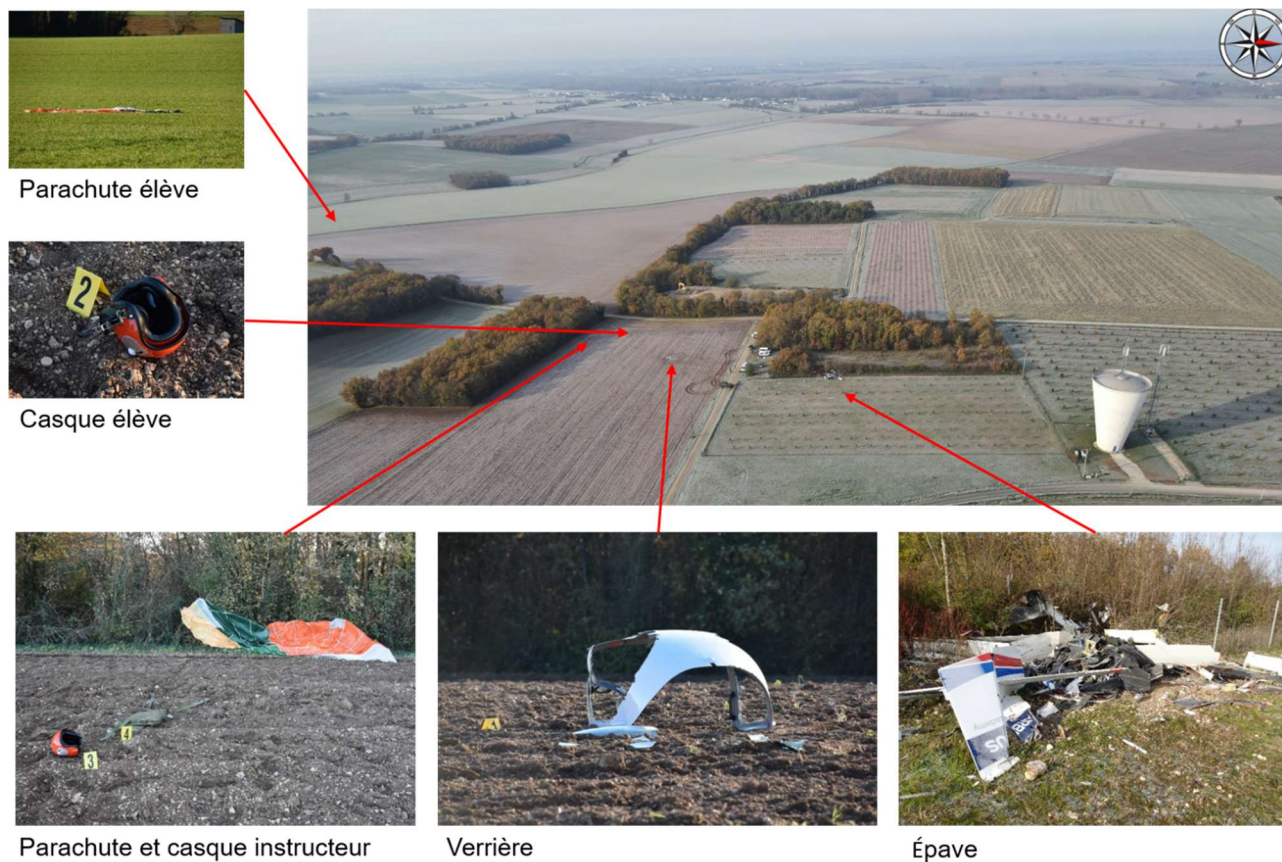


Figure 3 : zone de l'accident

¹⁸ Emergency locator transmitter – balise de détresse.

¹⁹ Aeronautical rescue coordination centre – centre de coordination des sauvetages aéronautiques.



Figure 4 : balise de détresse ELT

1.13. Renseignements médicaux

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite d'aptitude semestrielle (en référence à la visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN)²⁰ du 24 juin 2021)
 - date : 13 décembre 2022
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : légères

1.13.2. Élève-pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN)
 - date : 21 juillet 2022
 - résultat : apte
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : légères

1.14. Incendie

L'aéronef n'a pas pris feu après l'impact.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants et à l'organisation des secours

1.15.1. Abandon de bord

- Évacuation en vol : oui
- Données morphologiques commandant de bord :
 - taille : 1,75 m
 - poids : 76 kg (98 kg équipé)
- Données morphologiques élève-pilote :
 - taille : 1,73 m
 - poids : 65 kg (87 kg équipé)
- Éléments au moment de l'évacuation :
 - avion en vrille avec un taux de descente de l'ordre de 8 000 ft/min
 - altitude de l'évacuation : entre 2 400 ft et 1 800 ft
- Conséquences : les deux pilotes évacuent l'aéronef avec succès sans le heurter. L'élève-pilote perd son casque lors de l'évacuation et son harnais le blesse légèrement lors de l'ouverture du parachute. Ils atterrissent chacun dans un champ. Le commandant de bord se blesse légèrement lors de l'atterrissage.

²⁰ Arrêté du 12 février 2021 relatif aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'Air.

1.15.2. Organisation des secours

À 12h48, soit deux minutes après l'impact du Grob 120 avec le sol, le contrôleur, en charge du suivi des aéronefs dans les secteurs de travail Ouest, constate la perte du contact radar avec MOLOCH 75. Il essaie de le contacter à plusieurs reprises sur la fréquence de travail puis sur la fréquence de détresse 121.5 MHz. Le contrôleur en charge du suivi des avions dans les secteurs de travail Est essaie de le contacter sur la fréquence de détresse 243.0 MHz. N'obtenant aucune réponse, le contrôleur demande à MOLOCH 61, un Grob 120 évoluant à proximité, d'essayer de prendre contact avec MOLOCH 75 sur la fréquence particulière de l'escadron.

À 12h49, le commandant de bord de MOLOCH 75 contacte le directeur des vols, avec son téléphone portable, pour rendre compte de l'accident, qu'il va bien et qu'il n'a pas d'information sur l'élève-pilote. Ce dernier contacte à son tour le directeur des vols à 12h52 qui lui demande de rester sur place en position assise.

À 12h52, le contrôleur demande à un autre Grob 120, MOLOCH 62, de se rendre sur l'axe de travail pour localiser la zone de l'accident et l'équipage. Au même moment, le contrôle prévient l'ARCC de Lyon Mont-Verdun, qui donne l'ordre à l'hélicoptère Caracal d'alerte SAR²¹ de la BA 120 de Cazaux de décoller pour rallier la zone de l'accident.

À 12h58, MOLOCH 62 indique avoir repéré un parachute et un pilote en vie, puis localise l'épave de l'avion une minute plus tard. Les coordonnées géographiques de la position de l'accident sont alors notées par le contrôleur. Un message de déclenchement d'une phase de détresse (DETRESFA) est émis par les services du contrôle de la BA 709.

À 13h03, MOLOCH 62 annonce avoir le visuel du deuxième pilote qui se dirige vers la position du pilote précédemment repéré. Au même moment, l'ARCC demande la mise en œuvre d'un plan de sauvetage aéroterrestre (SATER²²) auprès de la préfecture de la Charente Maritime.

À 13h06, l'ARCC envoie un message GENDLOC²³ sur le téléphone portable du commandant de bord pour le localiser précisément puis prévient le CODIS²⁴.

Le commandant de bord rejoint l'élève-pilote à 13h22.

À 13h27, une équipe de pompiers de Saint-Jean-d'Angély arrive sur les lieux, soit 41 minutes après l'accident, et prend en charge les deux pilotes en dressant un premier bilan médical sur place.

Le Caracal arrive sur zone à 14h10 et dépose une équipe médicale qui effectue un deuxième bilan de l'équipage. Après une coordination avec le SAMU²⁵, les deux membres d'équipage sont évacués à 14h42 vers la BA 709 de Cognac par le Caracal. Ils sont pris en charge à leur arrivée à 15h00 par l'antenne médicale de la base.

1.16. Essais et recherches

L'expertise de la cellule et des commandes de vol a été réalisée par DGA TA.

Les données de l'enregistreur de vol ont été exploitées par DGA EP RESEDA.

L'expertise de l'évacuation en vol par l'équipage ainsi qu'une caractérisation en vol du comportement du Grob 120 en vrille ont été réalisées par DGA EV.

L'analyse des facteurs organisationnels et humains a été réalisée par le BEA-É.

1.17. Renseignements sur les organismes

L'EAC 00.315 est stationnée sur la BA 709 de Cognac Châteaubernard et assure une partie de la formation aéronautique des élèves-pilotes d'avion et des élèves-navigateurs de l'armée de l'Air et de l'Espace sur Grob 120 puis sur PC 21. Une partie de la formation des élèves-pilotes d'avions de la marine nationale y est également effectuée. La deuxième phase de la formation des pilotes militaires effectuée sur Grob 120, au sein de l'escadron d'instruction en vol 2/12 « PICARDIE », a pour objectifs d'orienter les stagiaires vers les filières « chasse » ou « transport » et de les amener au niveau nécessaire et suffisant pour poursuivre leur formation sur PC 21 ou Xingu.

²¹ *Search and rescue* – recherche et sauvetage.

²² Le plan SATER C ne sera finalement pas mis en œuvre, le lieu de l'accident étant rapidement connu.

²³ SMS envoyé par les secouristes sur le portable d'une victime permettant de renvoyer sa position GPS précise.

²⁴ Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours.

²⁵ Service d'aide médicale d'urgence.

1.18. Renseignements sur la vrille

1.18.1. Définition et types de vrille

La vrille est une autorotation entretenue de l'avion provoquée par un décrochage dissymétrique des ailes induisant un mouvement de lacet et de roulis vers l'aile décrochée. Lorsqu'elle est stabilisée, la vrille se caractérise par une vitesse de rotation constante autour de l'axe vertical, une assiette, un taux de descente et une vitesse relativement stables dans une trajectoire hélicoïdale quasi verticale. Les mouvements de l'avion peuvent entraîner un effet de surprise, être saccadés et la perte de repères extérieurs peut générer potentiellement une désorientation de l'équipage.

Plusieurs types de vrilles peuvent être rencontrés sur avions légers, en particulier :

- la vrille standard dans laquelle l'assiette est stable, de l'ordre de 45° à piquer avec une vitesse de rotation en lacet constante ;
- la vrille à plat dans laquelle l'assiette est stable, inférieure à 30° à piquer, avec une vitesse de rotation en lacet plus élevée que celle en roulis. La sortie d'une vrille à plat est plus longue que la sortie d'une vrille standard car il est nécessaire de repasser par une assiette à piquer pour en sortir ;
- la vrille agitée dans laquelle l'avion oscille de manière régulière en roulis et dans une moindre mesure en tangage ;
- la vrille dos dans laquelle l'incidence est négative.

Le virage engagé correspond à une évolution qui ressemble à la vrille, mais dans laquelle les ailes ne sont pas décrochées. La vitesse et le taux de descente sont en augmentation avec un rayon d'évolution de plus en plus élevé et un fort facteur de charge. Compte tenu des efforts pouvant être générés sur la cellule de l'avion, il est impératif d'effectuer sans délai les actions aux commandes pour en sortir (réduction des gaz, ailes à plat, ressource souple). En virage engagé, toutes les commandes aérodynamiques restent très efficaces, ce qui n'est pas le cas en vrille.

La vrille peut se décomposer en quatre phases : la mise en vrille (*departure*), le début de vrille (*incipient phase*), la vrille stabilisée (*developed phase*) et la récupération (*recovery*).

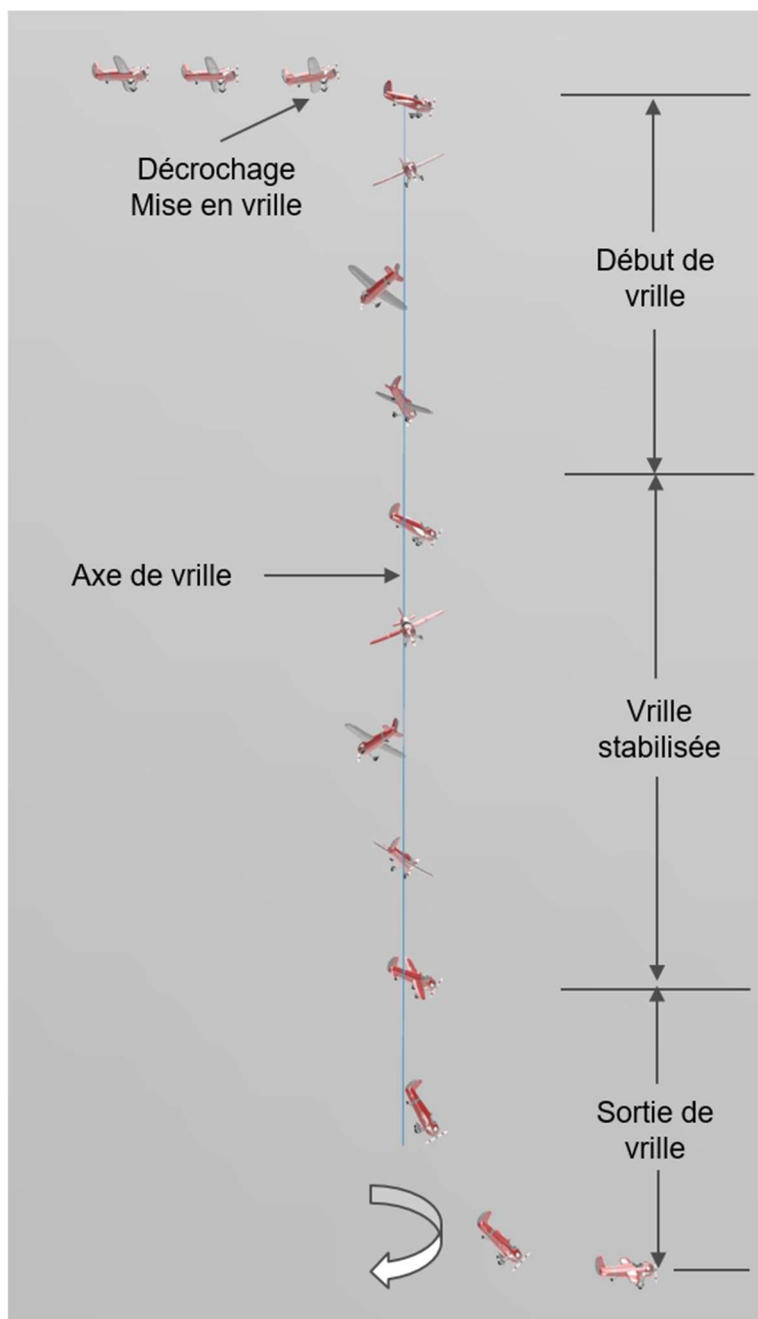


Figure 5 : les différentes phases de la vrille

1.18.2. Mise en vrille

La mise en vrille peut être initiée, lorsque la vitesse avoisine celle du décrochage, en engageant la gouverne de direction à fond d'un côté et en maintenant la profondeur sur l'arrière. La rotation en lacet, induisant du dérapage, diminue la vitesse de l'aile intérieure au virage et génère du roulis vers elle. Ces deux facteurs augmentent l'incidence de l'aile intérieure, ce qui provoque son décrochage.

1.18.3. Comportement de l'avion en vrille et facteurs d'influence

Le comportement en vrille est spécifique à chaque aéronef. Néanmoins, de façon générale, sur avion léger, en vrille stabilisée, le gauchissement « contre » (dans le sens opposé à la rotation de la vrille) a tendance à lever le nez de l'avion et donc à aplatir la vrille. À l'inverse, le gauchissement « pour » (dans le sens de rotation de la vrille) a pour effet de faire piquer la vrille. En vrille stabilisée, il arrive que la gouverne de profondeur soit aspirée vers sa position à cabrer compte tenu de la surpression créée sur l'intrados de la gouverne par

l'écoulement de l'air. Cela peut être le cas sur Grob 120. Par ailleurs, la dérive se trouve généralement masquée en partie par l'empennage horizontal, ce qui réduit l'efficacité de la gouverne de direction. Ce masquage est réduit lorsque la gouverne de profondeur est braquée à cabrer. C'est le cas sur Grob 120.

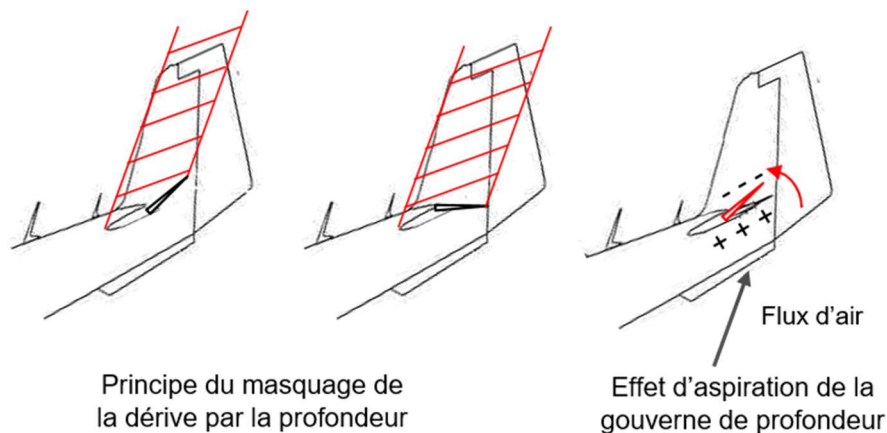


Figure 6 : phénomènes de masquage de la dérive et d'aspiration de la gouverne de profondeur

D'autres facteurs influent sur les caractéristiques des vrilles : le centrage longitudinal et latéral, la configuration (volets, becs et train), le sens de rotation et la puissance du moteur :

- un centrage longitudinal arrière tend à relever le nez de l'avion en vrille et rendre la sortie de vrille plus délicate.
- une dissymétrie latérale, due à une mauvaise répartition du carburant dans les ailes, peut générer des moments d'inertie pouvant altérer la capacité de sortie de vrille ;
- les volets sortis peuvent retarder la sortie de vrille ;
- sur les avions à hélice ayant un sens de rotation horaire vu du cockpit (cas du Grob 120), les vrilles à gauche sont généralement plus sévères.

Sur le plan de l'architecture, certains avions légers possèdent une quille à l'extrémité arrière du fuselage. Elle a pour effet, entre autres, de réduire la vitesse de rotation en vrille en augmentant la surface verticale, notamment celle non-masquée par le plan fixe et la profondeur durant la vrille. Le Grob 120 en est équipé.

1.18.4. Sortie de vrille

La sortie de vrille nécessite de raccrocher l'aile en augmentant l'assiette à piquer afin de diminuer l'incidence sur l'aile décrochée et de stopper la vitesse de rotation en lacet. Dans tous les cas, cela implique d'engager la direction à fond dans le sens inverse de rotation. Il est généralement préconisé de laisser le moteur en position plein réduit à la fois pour ne pas risquer de favoriser la vrille en fonction de son sens de rotation et pour éviter une survitesse de l'avion lors de la sortie. Les actions au manche en profondeur et en gauchissement dépendent de chaque type d'avion. La position idéale de la profondeur dépend du masquage aérodynamique de la dérive. Il est possible que cette position soit différente selon que la vrille soit stabilisée ou encore dans sa phase transitoire, ce qui est le cas sur Grob 120. Dès l'arrêt de la rotation, les commandes doivent être mises au neutre avant d'effectuer une ressource adaptée.

1.18.5. Vrille sur Grob 120

Le Grob G 120A-F est certifié dans les catégories utilitaire (*utility*) et voltige (*aerobatic*) suivant la norme JAR-23²⁶ amendement 1, du 1^{er} février 2001. La mise en vrille intentionnelle est autorisée sur Grob G 120A jusqu'à une masse maximale de 1440 kg, sans charge dans le compartiment à bagages, avec une différence maximale de 25 litres de carburant entre les réservoirs et avec les volets non sortis.

La section 3 « *emergency procedures* » du manuel de vol du Grob G 120A indique la procédure de sortie de vrille en cas de mise en vrille non intentionnelle ou de rattrapage immédiat c'est-à-dire lorsque la vrille n'est pas installée.

²⁶ Joint Aviation Requirements – Norme de certification pour les aéronefs en catégorie normale, utilitaire et acrobatique.

SIMPLE PROCEDURE FOR USE AFTER LESS THAN 1,5 TURN SPINNING ONLY

1. ThrottleCLOSED
 2. Rudder FULLY OPPOSITE TO SPIN DIRECTION
 3. Pause
 4. Elevator SLOWLY RELEASE
 5. Aileron NEUTRAL
 6. Rudder when spin stops NEUTRAL
- Recover from dive.

Figure 7 : procédure de sortie de vrille en phase initiale (*incipient phase*) du Grob 120

Le manuel de vol indique, dans la section 4 « *Normal procedures* », la procédure pour sortir de tous les cas de vrille (sauf la vrille dos) :

Normal spin recovery / Erect Spin

The aircraft recovers within one turn and a half after taking the following recovery actions. For altitude loss see Fig. 4.3.

1. Identify direction of spin TURN INDICATOR OR VISUAL
2. ThrottleCLOSED
3. Rudder FULLY OPPOSITE TO SPIN DIRECTION
4. Aileron IN SPIN DIRECTION
5. ElevatorFAST FORWARD TO STOP

If spin does not stop:

- 5a. Elevator PULL BACK TO STOP
 - keep rudder opposite to spin direction, aileron in spin direction and hold the full pulled stick for 2 sec
 - 5b. ElevatorPUSH FAST FORWARD TO STOP
 6. When spin stops CONTROLS NEUTRAL
- Recover from dive.

Figure 8 : procédure de sortie de vrille du Grob 120

Cette procédure fait l'objet d'un marquage à l'intérieur de la verrière à droite et à gauche.



Figure 9 : procédure de sortie de vrille affichée sur la verrière du Grob 120

1.19. Renseignements sur l'abandon de bord

1.19.1. Procédure d'évacuation en vol

La procédure d'évacuation en vol figure dans la check-list des procédures de secours (MCE143-00 version octobre 2018).

ABANDONING THE AIRCRAFT BY PARACHUTE CANOPY EMERGENCY JETTISON	
Engine.....	SHUT DOWN
Helmet visors	DOWN
Red locking lever.....	PULL
Open canopy handle and push backwards and up through the 90° position until it releases (approx. 170° position). Push the canopy simultaneously backwards and upwards.	
Radio cord.....	DISCONNECTED
Safety harness	RELEASE
Cockpit	ABANDON
Parachute.....	ACTUATE WHEN CLEAR OF THE A/C

Figure 10 : procédure d'évacuation en vol du Grob 120

1.19.2. Parachute de sauvetage

Les pilotes sont équipés d'un parachute dorsal AERAZUR type 357 UP. L'ouverture du parachute est commandée par une sangle d'ouverture automatique. Cette drisse relie la poignée chrono-barométrique située sur le harnais parachute à un point fixe de l'avion, un anneau métallique situé sur la bretelle gauche du harnais du siège pilote.



Figure 11 : harnais parachute et harnais siège

La poignée est réglée avec une temporisation à 0 seconde et comporte une capsule barométrique qui empêche le déclenchement au-dessus de 4 100 m d'altitude. Lorsque la drisse, d'une longueur de 5,5 m, se tend, elle provoque l'ouverture du sac à parachute et le jaillissement de l'extracteur. La voile, de forme hémisphérique et d'une surface de 52 m², assure une vitesse de descente inférieure à 7,5 m/s. Le parachute comporte deux fenêtres directionnelles en filet permettant un déplacement horizontal de l'ordre de 3 m/s. L'orientation du parachute s'effectue en tirant sur les anneaux de commande des suspentes situés sur les élévateurs.

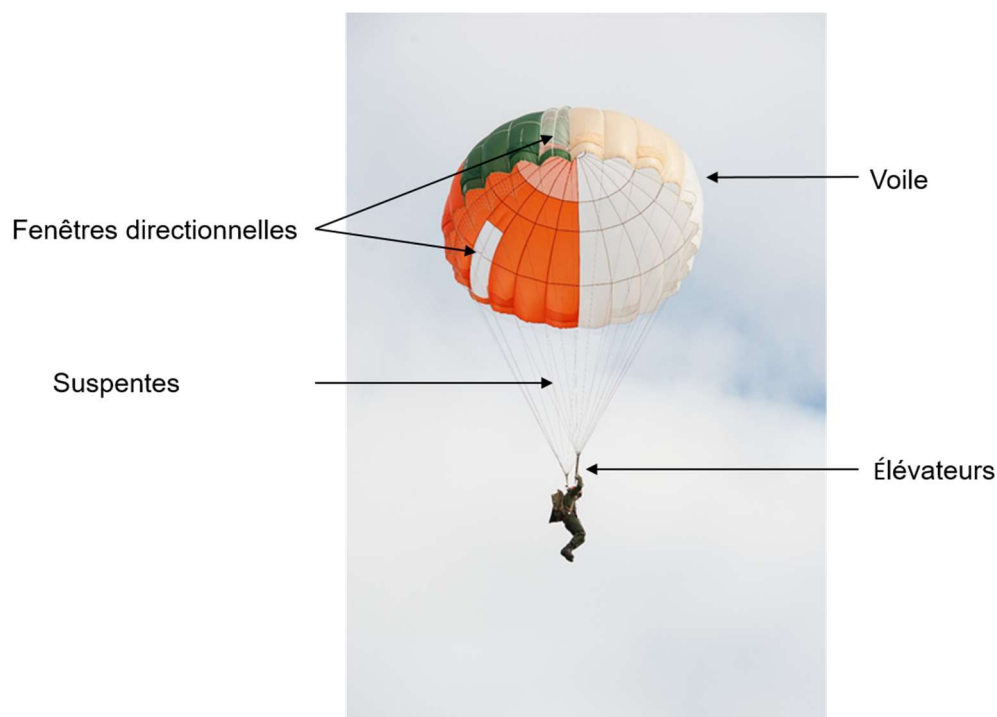


Figure 12 : parachute de sauvetage 357 UP

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Cellule et commandes de vol

L'ensemble des surfaces aérodynamiques (ailerons, volets, profondeur, dérive et quille) a été retrouvé parmi les débris de l'épave. Les différentes chaînes de commandes de vol en roulis, tangage et lacet ont été reconstituées. Elles présentent de multiples déformations et 19 ruptures : 11 sur la chaîne de direction, 4 sur la chaîne de gauchissement et 4 sur la chaîne de profondeur.



Figure 13 : reconstitution des commandes de vol

L'analyse, au microscope électronique à balayage, montre que ce sont toutes des ruptures statiques consécutives à l'impact avec le sol.

L'hypothèse qu'une perte d'une surface aérodynamique ou qu'un défaut sur l'une des chaînes de commandes de vol soit à l'origine de la non sortie de vrille du Grob 120 est écartée.

2.1.2. Configuration de l'aéronef

Les données de l'enregistreur de vol confirment que les volets et le train sont rentrés après le décollage et qu'ils sont restés dans cette position durant le reste du vol.

En début de vrille, la quantité de carburant dans les réservoirs est de 87 litres à gauche et 91 litres à droite. Cette différence est inférieure au maximum autorisé dans le manuel de vol (25 litres).

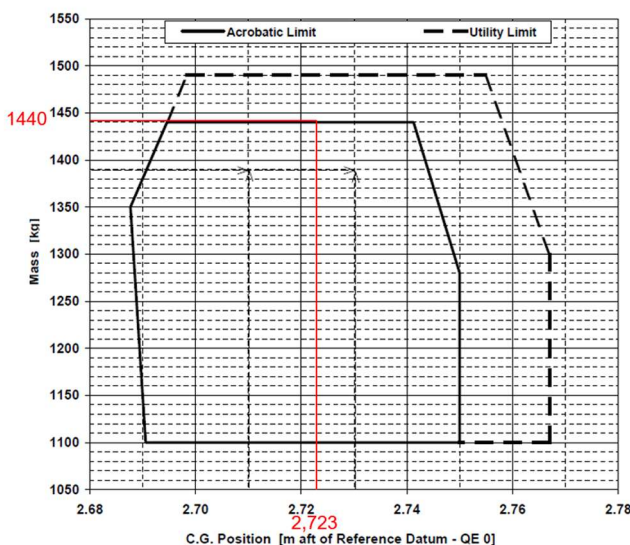


Figure 14 : masse et centrage de l'avion en début de vrille

Le centrage longitudinal de l'aéronef lors du début de vrille est de 2,723 m soit à 60 % du domaine de centrage certifié pour la catégorie voltige (le centrage devant être compris entre 2,695 et 2,742 m à la masse de 1440 kg).

L'hypothèse qu'une configuration particulière de l'avion ait favorisé la non sortie de vrille du Grob 120 n'est pas retenue.

2.1.3. Données de vol

L'exploitation des données de vol montre un début de vrille estimé à 12h44'58". Le taux de descente verticale en vrille est stable, de l'ordre de 8000 ft/min. En considérant que l'ordre d'évacuation est donné en arrivant à 3000 ft, l'aéronef reste 48 secondes en vrille avant que l'équipage évacue.

En tenant compte de la courbe de perte d'altitude par tour de vrille du manuel de vol du constructeur, l'avion a effectué au minimum 12 tours de vrille entre le début de la vrille et la décision d'évacuation.

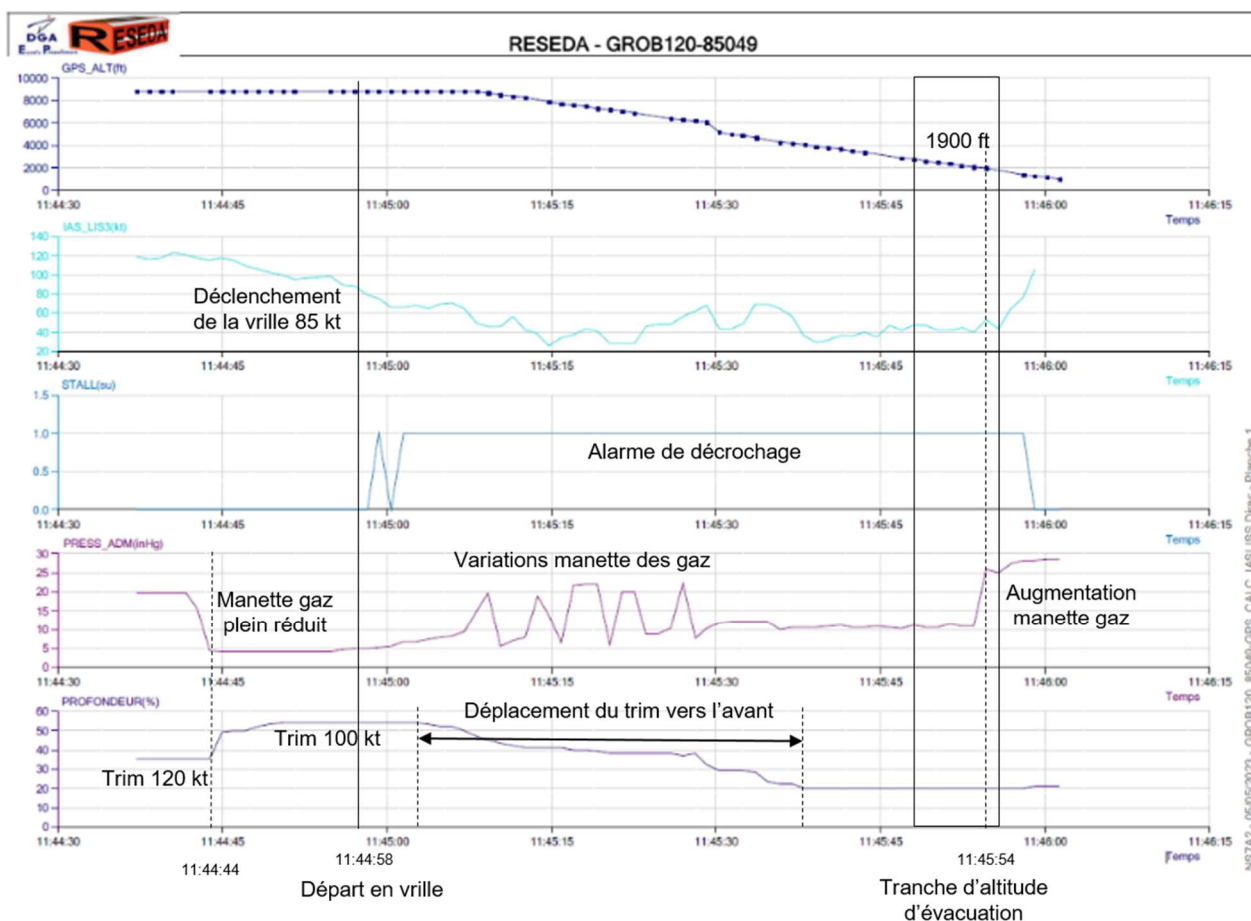


Figure 15 : données de vol de la vrille (heures locale – 1h)

Les données de vol indiquent des variations de la pression d'admission sur une période de 20 secondes débutant à 12h45'07", soit 7 secondes après le départ estimé en vrille. Cette série de cinq variations brèves traduit un déplacement de la manette des gaz par l'instructeur.

Par ailleurs, après le départ en vrille, on observe un déplacement progressif sur une période de 35 secondes du trim de profondeur jusqu'à une position de 20 % sur l'avant.

L'analyse des données montre qu'après l'évacuation de l'équipage, l'avion sort de vrille en accélérant jusqu'à 140 kt avant d'impacter le sol.

L'avion a effectué au minimum 12 tours de vrille, durant 48 secondes, entre le début de vrille et la décision d'évacuation.

2.1.4. Comportement du Grob 120 en vrille

Le comportement du Grob 120 en vrille est décrit dans les compte-rendu de certification et son étude a également fait l'objet de vols spécifiques dans le cadre de l'enquête. Cette description s'appuie aussi sur l'expertise de pilotes ayant une très grande expérience de la vrille sur cet aéronef.

2.1.4.1. Entrée en vrille sur Grob 120

Lors du départ en vrille, avec la manette des gaz sur plein réduit, le nez de l'avion se lève sous l'action de la profondeur pour réduire la vitesse indiquée puis l'aile, du côté où le pilote engage la direction au pied, décroche. L'avion prend une forte assiette à piquer, puis la rotation en lacet s'accélère par à-coups, avec des variations en roulis. Après 2 à 3 tours, le taux de rotation se stabilise et le nez de l'aéronef remonte ; la vitesse oscille sous les 60 kt. Sur le premier tour de vrille l'avion ne perd quasiment pas d'altitude.

Avec une vitesse de départ de 75 kt, la vrille met, en général, entre 3 à 4 tours pour s'établir en vrille stabilisée. Avec une vitesse d'entrée de 85 kt, le décrochage est plus franc, correspondant à une entrée en vrille déclenchée avec plus d'énergie initiale. L'avion se stabilise en vrille généralement au bout de 3 tours. Il est cependant déjà arrivé qu'un avion se stabilise au bout du 2^{ème} tour.

L'aéronef s'installe plus facilement en vrille stabilisée lorsque la vrille est effectuée à droite.

L'aéronef s'établit plus facilement en vrille stabilisée si elle est initiée par la droite et plus rapidement avec une vitesse initiale de 85 kt qu'avec une vitesse de 75 kt.

2.1.4.2. Vrille stabilisée sur Grob 120

Avec les conditions dans lesquelles les vols ont été effectués, les caractéristiques du Grob 120 en vrille stabilisée sont les suivantes :

- le taux de descente verticale est de 8000 ft/min avec un taux de rotation moyen entre 2,5 et 3 secondes par tour de vrille ;
- l'assiette est de l'ordre de 25 à 30° à piquer avec des oscillations régulières en tangage et en roulis ;
- la profondeur est aspirée vers l'arrière (cf. figure 6), c'est-à-dire que le manche reste dans cette position si on le relâche ;
- une action au gauchissement à l'opposé du sens de la vrille (manche contre) provoque un passage en vrille à plat : l'assiette est de l'ordre de 20 à 25° à piquer avec une amplitude plus réduite des oscillations en tangage et roulis que sur une vrille standard, le taux de rotation est similaire ;
- une action au gauchissement dans le sens de la vrille (manche pour) a tendance à accélérer le taux de rotation mais sans variation significative de l'assiette (pas de phénomène de vrille agitée).

En vrille stabilisée, le taux de rotation est stable avec un taux de vitesse verticale de l'ordre de 8000 ft/min et une assiette d'environ 30° à piquer.

2.1.4.3. Sortie de vrille sur Grob 120

La sortie de vrille lorsqu'elle n'est pas encore stabilisée nécessite environ ½ tour en appliquant la procédure simple de sortie de vrille (cf. figure 7), c'est-à-dire en mettant de la direction dans le sens opposé puis en relâchant le manche tout en maintenant le gauchissement au neutre.

Lorsque la vrille est stabilisée, après l'application des actions aux commandes (cf. figure 8), la vitesse de rotation en roulis et en lacet a tendance d'abord à accélérer dans le sens de la vrille. L'assiette à piquer augmente vers 50° à 60°, la vitesse arrête d'osciller, commence à augmenter et l'alarme de décrochage s'arrête tandis que la vitesse de rotation se réduit puis se stoppe. Le déplacement de la profondeur vers l'avant, une fois le neutre dépassé, peut nécessiter un certain effort, voire l'utilisation des deux mains pour certains pilotes.

La sortie de vrille stabilisée prend environ 2 tours après le début de l'application des actions aux commandes. Dans le compte-rendu des vols de certification du Grob 120, il est stipulé qu'une action à la profondeur lentement vers l'avant effectuée avant d'engager la direction dans le sens opposé à la vrille augmente très significativement le temps de sortie de vrille.

En cas de non sortie de vrille, c'est-à-dire en cas d'absence de réaction de l'avion ou de mauvaise application des actions aux commandes ou de vrille rapide, il est alors indiqué de ramener le manche plein arrière pendant 2 secondes puis en avant rapidement vers la butée tout en maintenant impérativement le pied à l'opposé de la vrille et du gauchissement dans la vrille. Cette procédure est reprise dans le manuel de vol (cf. figure 8). L'action de ramener le manche vers l'arrière permet d'augmenter la surface d'efficacité de la dérive (cf. figure 6). Les experts recommandent de maintenir le manche sur l'arrière jusqu'à observer une diminution de la vitesse de rotation.

La sortie d'une vrille stabilisée peut prendre 2 tours après le début de l'application des actions aux commandes. L'ordre et l'amplitude des actions aux commandes peuvent retarder significativement le temps nécessaire à la sortie d'une vrille.

2.1.5. Évacuation de l'aéronef

2.1.5.1. Expertise du matériel

2.1.5.1.1. Parachutes de sauvetage

Les deux parachutes sont à jour de leur révision semestrielle.

Les fourreaux des parachutes sont en bon état. L'expertise montre que le parachute de l'instructeur ne présente aucun défaut. En revanche sur la voile du parachute de l'élève, 4 des 24 fuseaux du panneau C (bande intermédiaire supérieure) sont déchirés. 3 rubans sont cassés, la zone déchirée présente une symétrie autour du ruban 22/23 qui est cassé environ 10 cm sous la jonction C/D.

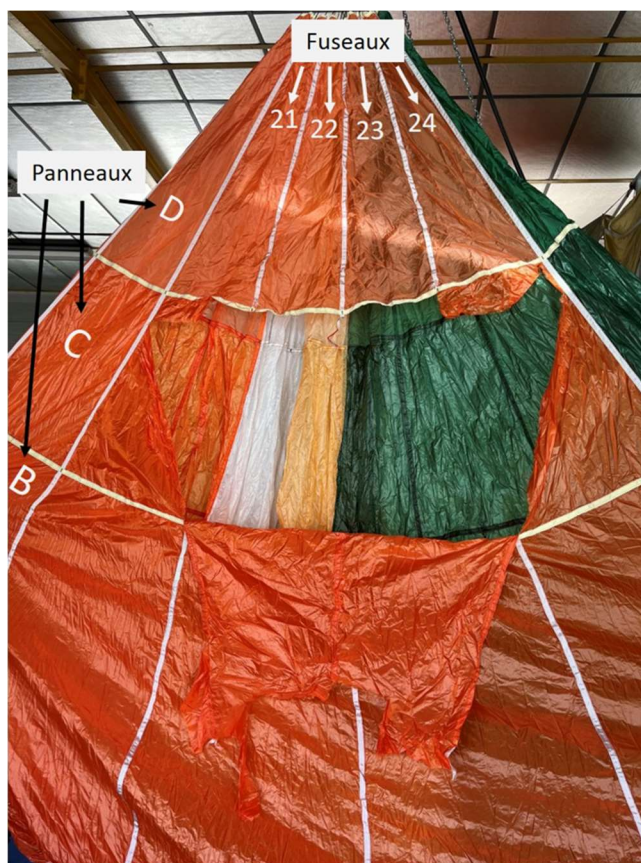


Figure 16 : parachute de l'élève-pilote

Compte tenu de la nature des déchirures, l'expertise s'oriente vers une détérioration de la voile soit de manière involontaire lors du transport du parachute après l'évènement, soit provoquée par un accrochage avec un élément extérieur au parachute lors d'une phase qui se situe entre la sortie du fourreau et le déploiement complet de la voile. Les deux objets physiques présents alors sont l'élève-pilote et l'avion. Le premier se trouve à plus de 6 m (longueur des suspentes et élévateurs) en-dessous lorsque la voile sort du

fourreau, ce qui écarte l'hypothèse d'une interaction entre l'élève-pilote et sa voile. En fonction de la position relative entre l'élève-pilote et l'avion dans les premiers instants de sa sortie, il est possible que l'extracteur ait bondi en direction de l'appareil, rapprochant le fourreau et donc la voile de ce dernier.

L'expertise des parachutes indique que celui de l'instructeur a fonctionné de manière nominale. Le parachute de l'élève-pilote présente une déchirure sur quatre panneaux potentiellement due à un contact en vol. Il n'est pas possible de conclure sur son origine mais un contact de la voile avec l'aéronef n'est pas exclu.

2.1.5.1.2. Casque de l'élève-pilote

Le casque de l'élève-pilote est retrouvé à 350 m de la position estimée de sortie de l'élève et 540 m de son point de posé. Le cordon radio est quant à lui resté accroché au harnais du parachute du pilote. Le casque a les deux visières relevées, la mentonnière est détachée, les deux fils internes des écouteurs sortent à l'extérieur du casque, l'écouteur gauche est en dehors de son logement. Des traces de chocs sont visibles sur l'enveloppe extérieure du casque. La fixation gauche de la visière fumée est cassée. Il est très probable que la visière se soit rétractée lors de l'impact. L'analyse du cordon radio met en évidence une rupture par traction ainsi qu'une déformation située à 9 cm de la base du cordon.

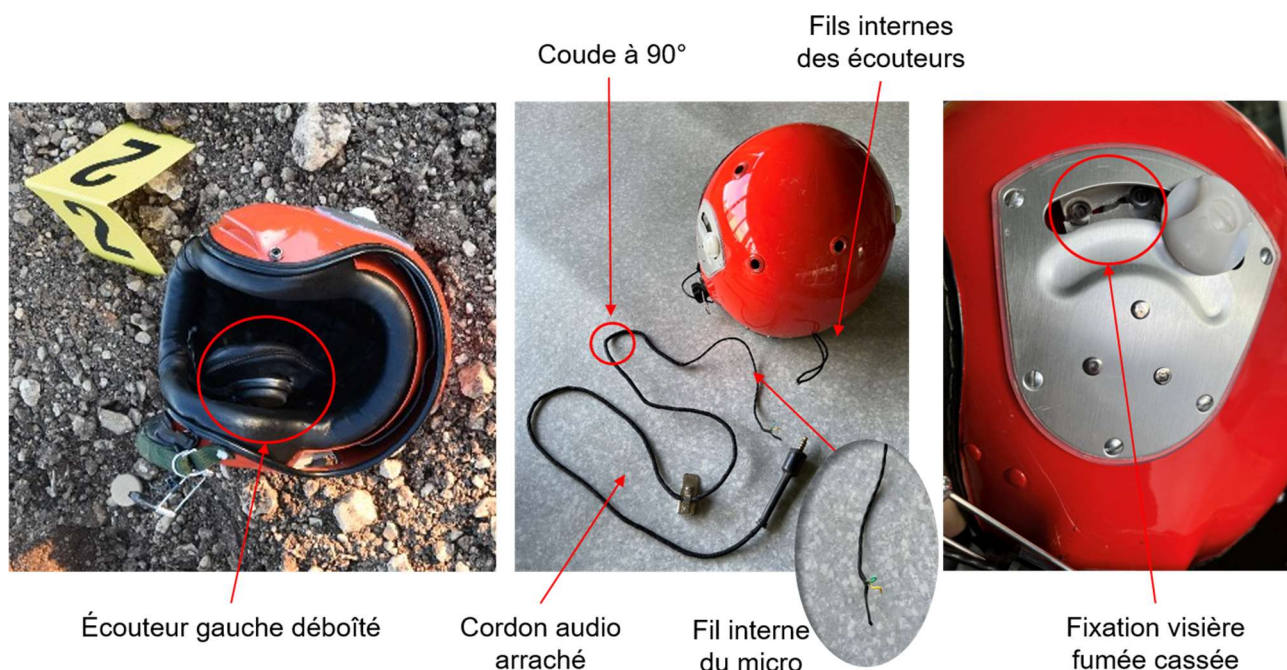


Figure 17 : casque de l'élève-pilote

Une fois que l'élève-pilote a déverrouillé la boucle ventrale de son harnais, il est probable que la bretelle supérieure gauche, rejetée en arrière, vienne interférer avec le cordon radio. Lorsque l'élève-pilote se lève de son siège, le système de serrage de la sangle du harnais retient alors le cordon radio, ce qui tire les fils de branchement du micro et des écouteurs du cordon radio vers l'extérieur. En se tournant de 90° sur sa droite pour évacuer, l'écouteur gauche se déboîte et le casque s'arrache. Cette hypothèse corrobore la déclaration de l'élève-pilote qui a la sensation que son casque part vers le haut au moment où il évacue l'avion. Il est possible qu'un réglage lâche de la mentonnière ait favorisé son ouverture, permettant au casque de s'arracher.

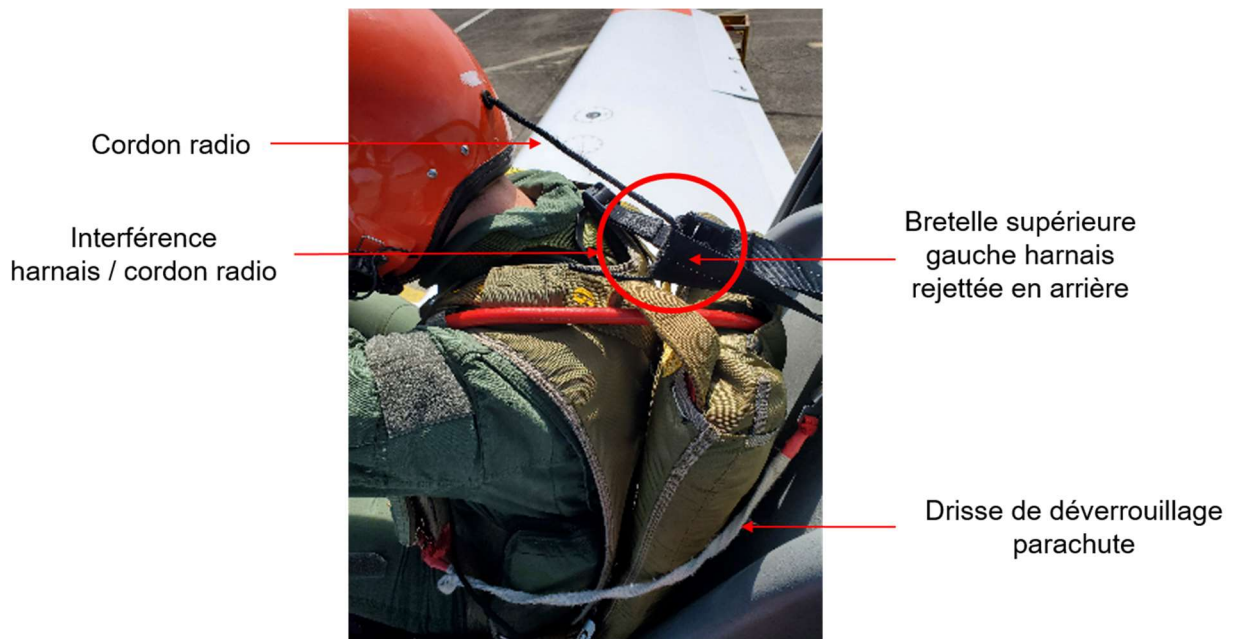


Figure 18 : accrochage du cordon radio avec le harnais

Pour autant, l'analyse balistique du casque n'est pas cohérente de la distance de 350 m entre la position à laquelle sort l'élève de l'avion et la position où est retrouvé le casque. Il est probable que le casque pende dans le dos de l'élève contre son harnais parachute et que le cordon radio, fragilisé lors de l'évacuation, finisse par céder lorsque l'élève-pilote dérive sous voile. Le casque tombe au sol, il est retrouvé sur la trajectoire de l'élève, alors que le cordon radio reste accroché sur lui.

Nota : si le cordon radio avait rompu lors de l'évacuation, le casque n'aurait très probablement pas été arraché.

Le casque de l'élève-pilote est arraché au moment de l'évacuation. Il est probable que le cordon radio ait été retenu par l'attache de réglage de la sangle supérieure gauche du harnais.

2.1.5.2. Application de la procédure d'évacuation

La procédure d'évacuation en vol est décrite dans la check-list des procédures secours (cf. figure 10).

L'instructeur largue la verrière, conformément à la procédure, en tirant sur la poignée rouge pour permettre de libérer le mécanisme de déverrouillage des pions de fixation inférieurs de la verrière puis en actionnant la poignée de déverrouillage de la verrière vers l'arrière et le haut.

La clé du sélecteur de démarrage est retrouvée sur la position du magnétomètre droit. Après l'évacuation de l'élève-pilote, l'instructeur se souvient d'avoir porté un regard d'ensemble sur le tableau de bord et pense avoir alors effectué une action mais ne se rappelle pas laquelle. Il est probable que l'instructeur, voulant couper le moteur, tourne la clé du démarreur vers la gauche, de la position BOTH à la position OFF, mais que son geste s'arrête sur la position R du magnétomètre droit, située juste avant la position OFF. Les données de vol indiquent que le moteur reste en fonction jusqu'à l'impact.



Figure 19 : sélecteur de démarrage en position magnétomètre droit

L'élève-pilote débranche son cordon radio avant d'évacuer.

La prise jack à l'extrémité du cordon radio de l'instructeur est arrachée, elle n'est pas retrouvée dans le boîtier de connexion mais la prise jack femelle de ce boîtier est manquante. Il est très probable que l'instructeur ne débranche pas son cordon radio au moment d'effectuer les actions de sécurité préalable à l'évacuation.

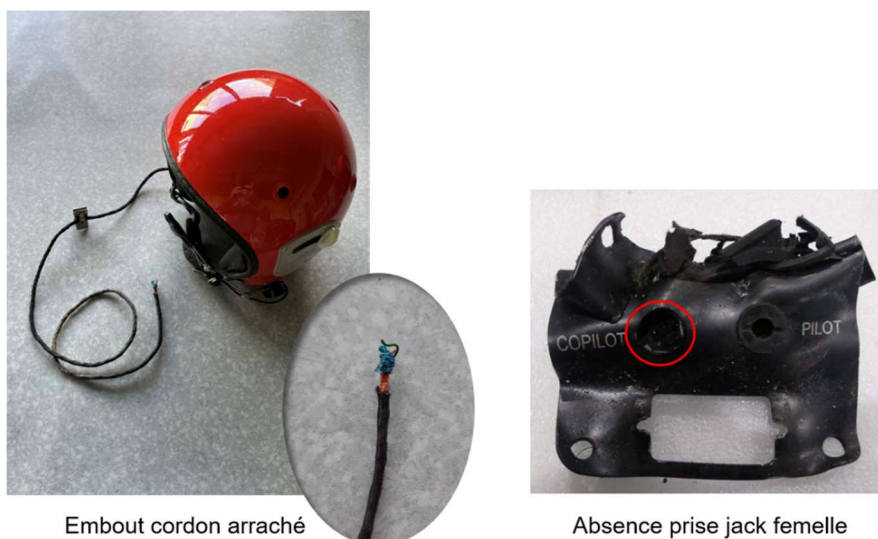
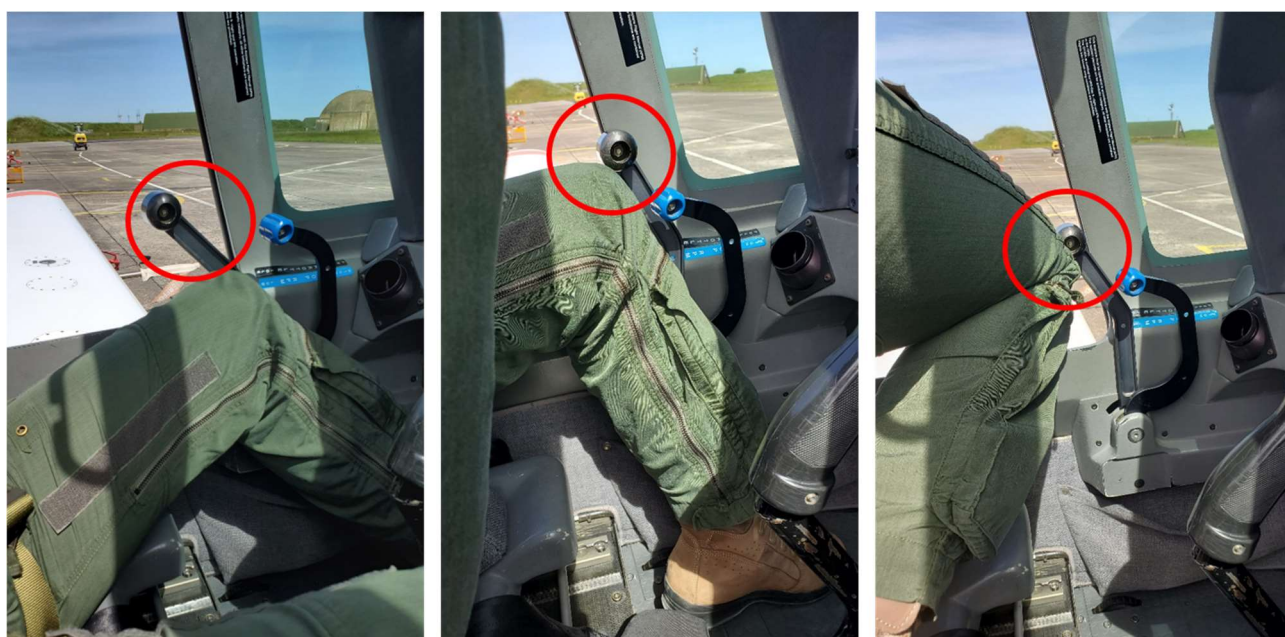


Figure 20 : casque de l'instructeur et boîtier de branchement

Les données de vol indiquent une augmentation franche de la pression d'admission à 12h45'54'' (cf. figure 14). A cet instant, l'altitude est de 1900 ft. Cette augmentation traduit un déplacement de la manette des gaz. Lorsque la manette des gaz est en position plein réduit, elle vient au-delà du montant gauche de la verrière. Elle peut facilement entrer en interférence avec le pilote lors de la sortie de l'aéronef ou en cas d'évacuation. Au moment d'évacuer, l'instructeur déplace la manette des gaz de gauche selon trois scénarios possibles :

- en reproduisant par automatisme ce qu'il fait en quittant l'aéronef ;
- de manière involontaire avec sa jambe gauche lorsqu'il se lève de son siège ;
- ou avec son genou droit lorsque qu'il évacue le cockpit.



Manette gaz plein réduit

Interférence manette gaz - jambe gauche

Interférence manette gaz - genou droit

Figure 21 : interférence avec la manette des gaz lors d'une évacuation du poste pilotage gauche

En ce qui concerne l'évacuation en vol, l'élève indique sortir perpendiculairement au fuselage en tournant le dos au vent relatif. L'instructeur lui plonge vers le bord de fuite de l'aile tout en s'écartant du fuselage. Aucun des pilotes n'interfère avec l'avion.

L'entraînement à la mécanisation de la procédure d'évacuation est réalisé par les pilotes à partir d'une maquette de Grob 120. La périodicité de cet entraînement est mensuelle pour les élèves-pilotes et trimestrielle pour les instructeurs. Les deux membres d'équipage sont à jour de leur échéance d'entraînement le jour de l'évènement. La procédure est illustrée sur un mur à proximité de la maquette du Grob 120 mais ne fait pas l'objet d'une documentation officielle.

L'application d'une procédure dépend à la fois de son niveau d'automatisation mais également des capacités cognitives du pilote au moment de l'appliquer. La décision d'évacuation étant consécutive à une situation de détresse, elle génère un stress important. Dans cette situation, les capacités cognitives des pilotes sont dégradées et peuvent alors provoquer des oublis ou des erreurs dans l'application des différentes actions.

Soumis à un fort niveau de stress, l'équipage applique partiellement les actions de sécurité préalables à l'évacuation en vol (absence de message radio, coupure partielle du moteur, cordon radio branché).

Au moment où l'instructeur évacue le cockpit par la gauche, il repousse par automatisme ou de manière involontaire la manette des gaz.

Néanmoins, l'entraînement régulier des pilotes de Grob 120 à la procédure d'évacuation en vol a permis à l'équipage de mobiliser les ressources nécessaires pour évacuer l'aéronef avec succès.

2.1.5.3. Altitudes d'évacuation

La détermination des altitudes d'évacuation est réalisée en prenant en compte la distance parcourue sous voile par chaque pilote, leur masse respective, le temps d'ouverture des parachutes, les conditions de vent dans les tranches d'altitude considérées et l'altitude des points de posé. Ainsi, l'analyse établit une altitude d'évacuation estimée à 2400 ft pour l'élève-pilote et à 1800 ft pour l'instructeur. Ces altitudes d'évacuation sont cohérentes avec la déclaration du commandant de bord qui indique avoir ordonné l'évacuation en voyant arriver le plancher d'évolution du secteur à 3000 ft et avec le moment où l'instructeur repousse la manette des gaz lorsqu'il se prépare à évacuer.

L'élève-pilote évacue l'aéronef en premier, à une altitude estimée à 2400 ft soit 5 à 7 secondes après l'ordre d'évacuation compte tenu de l'incertitude liée à l'altitude correspondante. Après s'être assuré de la sortie de l'élève, le commandant de bord évacue à son tour à une altitude estimée à 1800 ft, soit 5 secondes après.

2.1.5.4. Dérive sous voile et atterrissage

Les deux pilotes se retrouvent sous voile après le déclenchement de leur parachute par la sangle d'ouverture automatique. L'élève-pilote se place face au vent pour réduire sa vitesse par rapport au sol. L'analyse établit une distance de dérive de 850 m et un temps de dérive sous voile estimé d'environ 140 secondes avec une vitesse de descente de 4,5 m/s. Avant l'impact, il prend la position d'atterrissage (jambes fléchies, talons et genoux joints, coudes rentrés, menton collé au torse). Il atterrit en marche arrière dans un champ assez meuble, cultivé et plat. L'élève-pilote est traîné au sol sur quelques mètres puis il tire sur une des commandes des suspentes pour aider la voile à s'affaisser et il se libère de son parachute.

L'instructeur se retrouve sous voile avec des torsades dans les suspentes qu'il défait en écartant les deux élévateurs de la voile. L'analyse établit une distance parcourue de 250 m et un temps de dérive sous voile de 80 secondes avec une vitesse de descente de 5 m/s. Il prend la position pour amortir l'impact et atterrit dans un champ meuble, labouré, en légère pente descendante. Au moment de l'impact avec le sol, il bascule sur le côté droit puis est tracté sur le dos sur une quinzaine de mètres par la voile sans parvenir à ouvrir les mousquetons des sangles du parachute qui sont sous tension. La voile est stoppée par une rangée d'arbres et l'instructeur dégrafe alors son parachute.

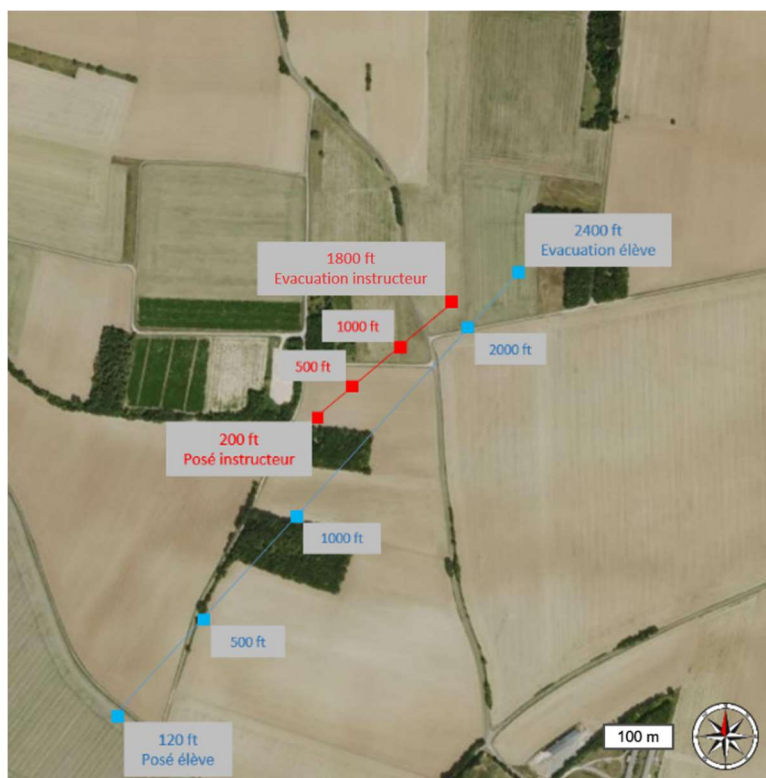


Figure 22 : reconstitution de la dérive sous voile des pilotes

L'entraînement au passage sous voile est réalisé annuellement par les pilotes avec un portique au sol. Les deux membres d'équipage sont à jour de leur échéance d'entraînement le jour de l'évènement.

Le vent fait dériver l'élève-pilote et l'instructeur respectivement d'environ 850 m durant 140 secondes et de 250 m durant 80 secondes. Leur impact avec le sol est absorbé à la fois par leur position prise avant l'impact et par la nature meuble du terrain.

2.2. Séquence de l'évènement

Le départ en vrille par la droite est effectué à une vitesse de 85 kt au niveau de vol FL 90.

Après deux tours de vrille, l'élève-pilote initie les actions de sortie de vrille. L'instructeur reprend les commandes avant la fin du troisième tour. L'avion est alors très stable en rotation avec une faible assiette à piquer. Ces paramètres sont caractéristiques d'un passage en vrille stabilisée.

Constatant que l'avion ne réagit pas aux commandes et que celles-ci offrent peu de résistance aérodynamique, l'instructeur tente à plusieurs reprises la manœuvre consistant à ramener le manche plein arrière puis en avant. Il donne également une série de coups de gaz. La hauteur de décision en cas de vol non contrôlé, fixée à 5 400 ft au calage standard, n'est pas annoncée par l'équipage.

Après environ une douzaine de tours de vrille, n'ayant pas repris le contrôle de l'avion et atteignant le plancher de la zone d'évolution de 3 000 ft, l'instructeur ordonne l'évacuation. Les actions de sécurité préalables sont partiellement exécutées (absence de message radio, coupure partielle du moteur, cordon radio branché). En revanche, l'évacuation, en elle-même, est réalisée avec succès par les deux pilotes, sans qu'ils n'interfèrent directement avec l'avion.

L'élève-pilote évacue à une altitude estimée à 2 400 ft. Après s'être assuré de la sortie de l'élève, le commandant de bord évacue à son tour à une altitude estimée à 1 800 ft, soit 5 secondes après lui.

L'élève-pilote, sous voile, se place face au vent et dérive d'environ 850 m pendant 140 secondes avant d'atterrir en marche arrière dans un champ assez meuble et plat puis de se libérer de son parachute.

Le commandant de bord se retrouve avec des torsades dans les suspentes qu'il parvient à défaire. Il dérive d'environ 250 m en 80 secondes avant d'impacter le sol dans un champ meuble et en pente. Il bascule sur le côté droit, est tracté sur le dos sur une quinzaine de mètres par la voile qui est stoppée par une rangée d'arbres puis se dégrafe de son parachute.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

Les causes de l'évènement sont recherchées dans le domaine technique et celui des facteurs organisationnels et humains.

2.3.1. Facteurs influençant la vrille

Plusieurs facteurs peuvent expliquer un passage en vrille stabilisée après seulement 2 tours de vrille.

2.3.1.1. Vitesse d'entrée en vrille

La vitesse d'entrée en vrille de 85 kt est supérieure à la vitesse préconisée dans le manuel de vol du constructeur qui recommande une vitesse d'entrée entre 65 et 75 kt. Cette vitesse est cependant inférieure à la limitation de 100 kt qui est fixée par le constructeur pour éviter des contraintes en fatigue sur la structure. La vitesse d'entrée, indiquée dans le manuel de vol à vue du Grob 120 de l'EAC, est passée de 75 à 85 kt dans la version 6.3 de mars 2022. Cette augmentation permet d'installer l'avion en vrille plus facilement compte tenue d'une énergie initiale plus importante, ce qui la rend plus démonstrative.

Par ailleurs, l'action aux commandes de l'élève-pilote est franche, ce qui favorise aussi une mise en vrille dynamique.

La vitesse d'entrée en vrille de 85 kt, supérieure au préconisation du manuel de vol du constructeur mais conforme au manuel de vol à vue de l'EAC, associée à une action franche aux commandes, a favorisé l'établissement de l'avion en vrille stabilisée.

2.3.1.2. Sens de la vrille

Une vrille réalisée par la droite s'installe généralement plus facilement en vrille stabilisée. Par la gauche, la phase d'entrée en vrille peut être plus longue, l'avion a plus de mal à s'établir en vrille, voire parfois ne s'y installe pas.

Le sens de la vrille à droite a favorisé l'établissement de l'avion en vrille stabilisée.

2.3.2. Niveau de maîtrise de la vrille

2.3.2.1. Formation et entraînement des instructeurs à la vrille

Les instructeurs sont formés à la vrille sur Grob 120 durant leur transformation initiale sur l'aéronef. La sortie d'une amorce de vrille (*incipient spin*) et celle après 4 tours de vrille font partie du programme de vol. La vrille est à nouveau abordée, de manière théorique et pratique, lors d'un vol quand ils passent la qualification d'instructeur (FI).

Avant 2018, le commandant de bord a réalisé des vols de transformation initiale sur Grob 120 au profit des futurs instructeurs. A cette occasion, il effectuait des sorties de vrille après 4 tours de vrille mais avec une vitesse d'entrée de 75 kt. À cette époque, il n'y avait pas de programme d'entraînement des instructeurs permettant d'assurer une pratique récurrente et minimale de la vrille aux commandes.

Depuis 2020, certains instructeurs peuvent passer la qualification instructeur UPRT²⁷. La formation correspondante prévoit l'actualisation de certaines connaissances théoriques, entre autres de la vrille, et deux vols comprenant chacun un exercice d'amorce de vrille avec sortie immédiate et un exercice de vrille avec 3 tours de vrille nécessitant l'application de la procédure de sortie standard (cf. figure 8). Une évaluation annuelle des instructeurs UPRT est également prévue. Celle-ci comporte, en théorie, la réalisation d'une vrille. Compte tenu de son expérience, l'instructeur a les prérequis pour suivre la formation d'instructeur UPRT mais ayant le statut d'abonné depuis l'été 2018, il n'a pas passé cette qualification.

N'étant pas qualifié instructeur UPRT, le commandant de bord n'a pas bénéficié de l'actualisation de la pratique de la vrille.

²⁷ Upset prevention and recovery training – formation à la récupération de positions inusuelles.

2.3.2.2. Expérience de la vrille stabilisée

Les consignes de formation des élèves au sein de l'EAC demandent aux instructeurs de limiter les exercices de vrille à deux tours maximum. Cela permet à la fois de diminuer le risque que l'avion ne s'installe en virage engagé mais également de réduire l'occurrence de passage en vrille stabilisée, voire en vrille à plat, ce qui augmenterait le temps nécessaire à la sortie et par conséquent la perte de hauteur. Ainsi limiter les vols d'instruction à deux tours de vrille permet de mécaniser les actions de mise en vrille, de maintien et de sortie de vrille, tout en limitant une perte de hauteur et donc de temps, ce qui serait préjudiciable à l'enchaînement optimisé des exercices. Dans ces conditions, les instructeurs ne sont pas ou très rarement confrontés à un passage en vrille stabilisée. Une action en mettant du pied à l'opposé du sens de la vrille et en relâchant la profondeur suffit dans ce cas à faire sortir l'avion.

Par ailleurs, la vitesse d'entrée de la mise en vrille a évolué quelques mois avant l'évènement en passant de 75 à 85 kt. En conséquence, le jour de l'évènement, l'instructeur effectuait pour la seconde fois seulement une mise en vrille avec une vitesse d'entrée de 85 kt, favorisant le passage en vrille stabilisée.

L'instructeur n'a pas ou a peu d'expérience du passage en vrille stabilisée en raison notamment de la limitation du nombre de tours associée au programme de formation des élèves-pilotes et de l'évolution récente de la vitesse d'entrée.

2.3.2.3. Évolutions de la documentation de l'exploitant

Le chapitre relatif à la vrille du manuel de vol à vue du Grob 120 de l'EAC a évolué en janvier 2019 (version 6). Les actions aux commandes ont été modifiées afin d'être conformes à la procédure du manuel de vol du constructeur de sortie de vrille (cf. figure 8). Dans la version précédente, il était demandé, après avoir vérifié que les gaz étaient plein réduits et avoir engagé la direction à fond dans le sens opposé de la vrille, d'engager légèrement le gauchissement dans le sens de la vrille et légèrement la profondeur vers l'avant. Dans la version 6, il est demandé d'engager le gauchissement dans le sens de vrille et la profondeur rapidement vers l'avant. Il est précisé que si la vrille ne s'arrête pas, il faut, conformément au manuel de vol du constructeur, ramener la profondeur vers l'arrière, conserver l'action aux commandes pendant 2 secondes puis engager rapidement la profondeur vers l'avant.

En janvier 2022, un équipage a rencontré une sortie de vrille particulièrement délicate lors d'un vol de formation d'instructeur UPRT. Il a souhaité partager, avec l'ensemble des pilotes, son expérience lors d'un briefing à l'escadron. Dans la continuité, le manuel de vol à vue du Grob 120 de l'EAC a encore évolué en mars 2022 (version 6.3). Les éléments suivants ont été rajoutés :

- un rappel de la position des commandes lors des différentes étapes de la vrille doit être fait au briefing et avant de débiter l'exercice. Des schémas illustrent le déplacement et la position des commandes ;
- conserver du gauchissement dans la vrille lorsque l'on effectue la manœuvre de secours consistant à ramener la profondeur vers l'arrière en la conservant ainsi pendant 2 secondes puis à l'engager à nouveau et rapidement vers l'avant et au maximum de débattement possible ;
- le comportement de l'avion en vrille installée (stabilisée) est décrit. En cas de vrille installée il faut s'attendre à observer une accélération après l'application des actions aux commandes pour en sortir, la rotation s'arrête après 1,5 à 2 tours supplémentaires ;
- le virage engagé (spirale) et la vrille à plat sont décrits.

En tant que pilote abonné, la présence de l'instructeur au sein de l'escadron est ponctuelle, quelques jours par mois. Ces conditions le privent d'une grande partie du partage d'expérience entre instructeurs, qu'il soit officieux ou officiel, lors de briefings escadron. En l'occurrence, il n'a pas pu participer au briefing de retour d'expérience sur la vrille réalisé début 2022. Les nouvelles versions du manuel de vol à vue font l'objet d'une diffusion vers l'ensemble des pilotes nécessitant une validation obligatoire de leur prise en compte pour pouvoir continuer à voler. Il est probable que la consultation effective mais non exhaustive des évolutions du manuel de vol à vue n'ait pas permis à l'instructeur d'intégrer l'ensemble des compléments à cet exercice.

Par ailleurs, la check-list des procédures de secours (MCE143-00 version octobre 2018) ne reprend pas la mention du manuel de vol indiquant que la vrille peut mettre 1,5 tour pour sortir. L'absence de cette précision dans un document fréquemment consulté par les pilotes peut avoir influé sur le niveau de connaissance de la vrille de l'instructeur.

La documentation relative à la vrille s'est enrichie progressivement en fonction des différentes versions du manuel de vol du Grob 120 de l'EAC. Il est probable que l'instructeur n'ait pas intégré l'ensemble des modifications du manuel de vol à vue de l'exploitant, en particulier le temps nécessaire à l'avion pour sortir de vrille stabilisée.

2.3.2.4. Réalisation de vrilles aux commandes

Conformément au syllabus de formation des élèves-pilotes, la vrille est réalisée lors de trois séances (PIL 3, 6 et 7). Depuis la version d'octobre 2021 du syllabus, la vrille n'est plus nécessairement démontrée par l'instructeur lors du vol PIL 3, elle est étudiée de manière guidée, c'est-à-dire que l'exercice est réalisé par l'élève aux commandes avec un guidage à la voix de l'instructeur. Par ailleurs, depuis cette même date, les vols PIL 6 et 7 ne peuvent être réalisés que par un instructeur UPRT.

L'instructeur, ne détenant pas la qualification UPRT et en tant qu'abonné depuis quatre ans, a peu l'occasion d'être programmé sur un vol comportant des vrilles. En l'occurrence, l'instructeur a effectué son précédent vol avec une vrille en juillet 2021 et a réalisé sa dernière démonstration de vrille aux commandes en juin 2019.

L'instructeur n'a pas effectué récemment de sortie de vrille aux commandes.

2.3.3. Reprise des commandes par l'instructeur

Constatant que l'avion ne réagit pas conformément à ses attentes et qu'il ne sort pas de vrille suite aux actions effectuées par l'élève-pilote, l'instructeur décide de reprendre rapidement les commandes avant la fin du troisième tour. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette reprise anticipée.

2.3.3.1. Réaction de l'avion inattendue

Lors du briefing avant vol et avant de débiter l'exercice de vrille en vol, l'élève-pilote et l'instructeur briefent les différents points de sécurité associés à cet exercice. Ils conviennent que l'élève-pilote réalise deux tours de vrille avant d'initier les actions de sortie de vrille. L'instructeur s'attend à une sortie de vrille relativement rapide car après deux tours de vrille, il a l'habitude que l'avion sorte en moins d'un tour.

Le jour de l'évènement, la vrille étant installée, elle nécessite un temps d'application des actions aux commandes plus long pour en sortir. Surpris par l'attitude de l'aéronef et l'absence de réaction de celui-ci, l'instructeur reprend précocement les commandes à l'élève-pilote.

L'instructeur reprend les commandes de façon anticipée car l'avion ne réagit pas conformément à ce qu'il attend lors d'une sortie de vrille.

2.3.3.2. Ressenti vis-à-vis de la vrille

La vrille sur Grob 120 est considérée, par la majorité des pilotes, comme l'exercice de voltige le plus délicat, non pas techniquement mais mentalement. En effet, l'entrée en vrille ainsi que la durée de sortie ayant un certain degré d'imprévisibilité, chaque vrille est vécue comme étant différente. De plus, en vrille, les mouvements de l'avion sont saccadés et le décrochage est associé à une alarme sonore continue. L'ensemble de ces facteurs font que l'exercice de vrille peut être ressenti comme inconfortable, désagréable. Quelques retours d'expérience négatifs lors d'exercices de sortie de vrille au sein de l'escadron ont contribué à entretenir de la défiance pour la vrille sur Grob 120. Cette situation a généré une attention particulière vis-à-vis de cet exercice sur Grob 120 qui se traduit par des adaptations régulières de sa mise en œuvre dans les procédures notamment en limitant le nombre de tours de vrille.

Par ailleurs, les vols d'instruction nécessitent de laisser une marge de manœuvre aux élèves-pilotes pour qu'ils progressent. Cette marge de manœuvre dépend en grande partie du niveau de maîtrise de l'instructeur dans les différents exercices. Ainsi, plus l'instructeur a le sentiment de maîtriser un exercice, plus il laissera une marge d'erreur à l'élève-pilote. À l'inverse, moins il se sent en confiance, plus il récupérera rapidement les commandes pour s'assurer de la maîtrise du vol.

La vrille sur Grob 120 est un exercice qui peut paraître délicat pour certains instructeurs. Il est probable que l'instructeur reprenne les commandes de façon anticipée car il est particulièrement attentif et pas forcément à l'aise avec l'exercice de vrille.

2.3.4. Actions aux commandes de l'instructeur

Les actions aux commandes de l'instructeur ne permettent pas à l'avion de sortir de vrille. Plusieurs facteurs peuvent expliquer leur inefficacité.

2.3.4.1. Plan d'action aux commandes

Lorsque l'instructeur prend les commandes, il applique les actions de sortie de vrille : direction dans le sens opposé, manche vers l'avant avec du gauchissement dans la vrille.

Le manche est déplacé probablement d'abord en profondeur puis en gauchissement avec une amplitude modérée. Ces actions correspondent à une pratique développée avec le temps qui permet de sortir d'une vrille encore non installée mais qui n'est pas efficace face à la situation rencontrée.

Par ailleurs, avant d'effectuer des exercices de voltige, les pilotes s'assurent que leur harnais soit en position bloquée. En fonction de la morphologie des pilotes, le fait d'être plaqué au dossier du siège ne permet pas d'obtenir aisément l'amplitude maximale à la profondeur. La position bloquée du harnais de l'instructeur a pu contribuer à donner une sensation erronée de butée de la commande de profondeur.

L'instructeur a développé une stratégie aux commandes permettant de sortir de vrille lorsque celle-ci est encore dans sa phase initiale mais qui n'est pas efficace en cas de vrille stabilisée.

2.3.4.2. Compression du temps

Constatant que l'avion ne sort pas de vrille et que les commandes offrent peu de résistance aérodynamique, l'instructeur refait les actions aux commandes de sortie de vrille puis effectue plusieurs fois la procédure consistant à ramener le manche vers l'arrière puis à le réengager vers l'avant, sans forcément conserver une action en gauchissement dans le sens de la vrille.

Le manuel de vol du constructeur stipule que la vrille peut mettre jusqu'à 1,5 tour pour s'arrêter, soit environ 5 secondes après l'application des actions aux commandes. Si l'avion ne sort pas de vrille, il faut, tout en conservant les actions à la direction et en gauchissement, ramener le manche vers l'arrière, le maintenir dans cette position pendant 2 secondes avant de le ramener rapidement en butée vers l'avant.

La répétition de cette procédure traduit un niveau de stress important de l'instructeur qui fait face à une absence de réaction de l'avion qu'il ne s'explique pas. L'état émotionnel d'un individu, et notamment le stress, peut influencer sa perception temporelle, le temps peut être alors perçu plus long qu'il ne l'est en réalité. Stressé par l'absence de réaction de l'avion, l'instructeur répète plusieurs fois les mêmes actions sans attendre le temps nécessaire pour permettre à celles-ci d'être efficaces.

Sous l'effet d'un stress important, les actions au manche de l'instructeur ne sont pas maintenues suffisamment longtemps pour permettre à l'avion de sortir de vrille.

2.3.4.3. Actions à la manette des gaz

Les actions sur la manette des gaz correspondent à une série de 5 coups de gaz de l'instructeur. Constatant que l'aéronef est très stable en vrille et que les commandes offrent peu de résistance aérodynamique, ce dernier veut faire réagir l'aéronef en pensant raccrocher les filets d'air sur l'empennage, bien qu'une sollicitation de la manette des gaz ne soit pas prévue par le manuel de vol pour sortir de vrille. Ces actions aux gaz sont très brèves, elles ne permettent pas à l'avion de sortir de vrille. Les effets de couple moteur et aérodynamiques s'annulent avec les variations du régime.

La succession d'actions brèves sur la manette des gaz n'a pas permis à l'avion de sortir de vrille et a possiblement contribué à l'y maintenir.

2.3.4.4. Action sur le trim de profondeur

Lors des différents mouvements effectués à la profondeur par l'instructeur, il est possible que celui-ci appuie sur l'interrupteur double du trim électrique, situé au-dessus du manche, soit de manière inconsciente afin d'augmenter l'assiette à piquer pour récupérer de la vitesse, soit de manière involontaire par un phénomène de crispation sur le manche.

Compte tenu de la surface du trim et de sa déflexion relative par rapport à la gouverne lorsqu'il est réglé à 20 %, ses effets sur la sortie de vrille sont négligeables.

Le déplacement du trim de profondeur à 20 % sur l'avant, réalisé de manière inconsciente ou involontaire, n'a pas retardé la sortie de vrille.

2.3.5. Gestion de l'évacuation

2.3.5.1. Définition de la hauteur de décision

La hauteur de décision d'évacuation en cas de perte de contrôle est fixée à 5000 ft sol par l'exploitant (manuel de vol à vue du Grob 120). Compte tenu d'une altitude moyenne du sol de 300 ft dans le secteur de travail et d'un QNH de 1 012 hPa, cette hauteur de décision correspond à une altitude de 5400 ft au calage standard au moment de l'évènement. Cette altitude est calculée lors du briefing. Ni le commandant de bord, ni l'élève-pilote n'annonce le passage de cette hauteur de décision.

Les déclarations de l'équipage et l'analyse de leur altitude d'évacuation (cf. paragraphe 2.1.5.4) indiquent que la décision a été prise en atteignant 3000 ft, ce qui correspond au plancher d'évolution du secteur mais également à la hauteur de décision pour une évacuation préparée selon la documentation de l'exploitant (répertoire d'emploi de l'aviation de formation).

Au briefing, la décision d'évacuation en cas de perte de contrôle est calculée à une altitude de 5400 ft au calage standard. Néanmoins, il existe plusieurs valeurs d'altitudes de décision d'évacuation en fonction du comportement de l'avion dans les différents documents d'exploitation.

2.3.5.2. Comportement du commandant de bord

La décision d'évacuation en vol revêt une dimension à la fois psychologique et cognitive. En effet, aucun équipage de l'armée de l'Air et de l'Espace n'a réalisé d'évacuation en vol sur Grob 120 avant cet évènement. Psychologiquement, prendre la décision d'évacuer un appareil en vol revient à faire le choix d'interrompre volontairement et irrémédiablement la mission en cours, de quitter un environnement connu qu'est l'avion et de s'exposer à une situation extrême. Cette prise de décision suscite donc une appréhension liée aux conséquences de l'évacuation (blessures potentielles, perte de l'appareil et dégâts éventuels aux tiers). Sur le plan cognitif, face à l'impossibilité de reprendre le contrôle de l'aéronef et en ayant potentiellement une référence d'évacuation à 3 000 ft, le pilote prolonge ses actions aux commandes, ce qui retarde l'ordre d'évacuation.

Confronté à une barrière psychologique relative à l'évacuation et focalisé sur la reprise du contrôle de l'appareil, le commandant de bord parvient à ordonner l'évacuation environ 2 000 ft en dessous de la hauteur de décision en cas de perte de contrôle en vrille, ce qui correspond à 15 secondes de vol.

2.3.5.3. Comportement de l'élève-pilote

L'évènement survient au cours d'un vol d'instruction dans lequel la composition de l'équipage est par nature déséquilibrée. Il est composé d'un élève-pilote, jeune officier dont c'est le troisième vol sur Grob 120 et d'un instructeur gradé, qui totalise près de 2 000 heures de vol sur ce type d'aéronef. Lors de l'évènement, lorsque l'élève-pilote n'a plus les commandes, il regarde l'altimètre qui défile à grande vitesse. Quand il voit arriver 5 000 ft, il s'attend à ce que l'instructeur ordonne l'évacuation et s'y prépare mentalement. Pourtant, il ne fait aucune annonce susceptible d'alerter l'instructeur du franchissement de la hauteur de décision. En raison de la reprise des commandes par l'instructeur, l'élève-pilote pense alors avoir fait une erreur dans l'application de la procédure de sortie de vrille et ne veut donc pas perturber l'instructeur tandis que celui-ci essaie de reprendre le contrôle de l'aéronef. Par ailleurs, il est possible qu'il ne se sente pas légitime pour intervenir en raison du gradient hiérarchique. La posture de l'élève-pilote prive l'instructeur d'une alerte relative à la hauteur de décision.

Le sentiment d'avoir potentiellement commis une erreur dans l'application de la procédure, associé au gradient hiérarchique (expérience aéronautique et grade) a favorisé l'adoption d'une posture en retrait de l'élève-pilote au passage de la hauteur de décision.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle en vol lors d'un exercice de vrille ayant conduit à une évacuation en vol de l'équipage.

LOC-I²⁸

EVAC²⁹

3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement

Le 16 décembre 2022, un Grob 120, qui a décollé de la base aérienne de Cognac Châteaubernard, effectue un vol d'instruction au profit d'un élève-pilote avec un exercice de vrille sur un axe de voltige au nord-est de Saint-Jean-d'Angély en partant du niveau de vol FL 90. Après deux tours de vrille par la droite, l'élève-pilote initie les actions aux commandes pour sortir de vrille. Constatant que l'avion ne sort pas de vrille, l'instructeur reprend les commandes et, malgré plusieurs tentatives, ne parvient pas à récupérer le contrôle de l'appareil. Après au minimum 12 tours de vrille et atteignant 3 000 ft, l'instructeur ordonne l'évacuation. L'élève-pilote évacue à une altitude estimée à 2 400 ft. Le casque de l'élève-pilote s'arrache au moment de l'évacuation, le cordon radio ayant été probablement retenu par l'attache de réglage de la sangle supérieure gauche du harnais. Après s'être assuré de la sortie de l'élève-pilote, le commandant de bord évacue à son tour à une altitude estimée à 1 800 ft. Le vent fait dériver l'élève-pilote et l'instructeur respectivement d'environ 850 m durant 140 secondes et de 250 m durant 80 secondes. Leur impact avec le sol est absorbé à la fois par leur position prise avant l'impact et par la nature meuble du terrain.

Les deux pilotes sont légèrement blessés. L'aéronef est totalement détruit.

Sur Grob 120, il existe deux procédures de sortie selon que la vrille est dans sa phase initiale ou qu'elle est stabilisée. La sortie d'une vrille stabilisée nécessite jusqu'à deux tours pour en sortir.

Au sein de l'escadron, un certain nombre de pilotes a été confronté à des sorties de vrille sur Grob 120 délicates, l'aéronef mettant un temps particulièrement long pour en sortir. Aussi, les instructeurs sont vigilants lorsqu'ils effectuent cet exercice, et certains d'entre eux ont développé de la méfiance vis-à-vis de la vrille sur Grob 120.

3.2. Causes de l'évènement

Ni un défaut technique préalable à l'évènement, ni la configuration de l'avion au moment de l'exercice n'expliquent la non sortie de vrille.

L'instructeur décide de reprendre les commandes moins d'un tour après que l'élève a initié les actions de sortie de vrille. Cette reprise anticipée des commandes peut s'expliquer car :

- l'avion ne réagit pas conformément à ce qu'il attend ;
- l'instructeur est vigilant et n'est pas particulièrement à l'aise avec l'exercice de vrille.

Les différentes actions aux commandes de l'instructeur ne permettent pas à l'avion de sortir de vrille, à la fois car :

- il a développé une pratique qui n'est pas adaptée à la sortie d'une vrille stabilisée ;
- soumis à un stress important générant un phénomène de compression du temps, ses actions aux commandes ne sont pas maintenues suffisamment longtemps.

Un certain nombre de facteurs sont contributifs à l'évènement :

- une action franche aux commandes associée à une vitesse d'entrée en vrille de 85 kt, supérieure à la préconisation du manuel de vol du constructeur, et le sens de la réalisation de la vrille à droite ont favorisé l'installation de l'avion en vrille stabilisée ;
- la succession d'actions brèves sur la manette des gaz n'a pas permis à l'avion de sortir de vrille et a possiblement contribué à l'y maintenir ;
- l'instructeur n'a probablement pas intégré l'ensemble des modifications du manuel de vol à vue du Grob 120 de l'exploitant, en particulier le temps nécessaire à l'avion pour sortir de vrille stabilisée ;

²⁸ *Loss of aircraft control in flight* – perte de contrôle en vol, selon la taxonomie du système de déclaration des données sur les accidents et incidents aériens de l'OACI.

²⁹ *Evacuation* – évacuation ayant contribué à la sévérité de l'évènement selon la taxonomie du système de déclaration des données sur les accidents et incidents aériens de l'OACI.

- l'instructeur n'étant pas qualifié instructeur UPRT, il n'a pas bénéficié de l'actualisation de la pratique de la vrille ;
- l'instructeur n'a pas ou a peu d'expérience du passage en vrille stabilisée en raison notamment la limitation du nombre de tours associée au programme de formation des élèves-pilotes et de l'évolution récente de la vitesse d'entrée ;
- l'instructeur n'a pas effectué récemment de sortie de vrille aux commandes.

Concernant l'évacuation, le commandant de bord, confronté à une barrière psychologique et focalisé sur la reprise du contrôle de l'appareil, ordonne l'évacuation environ 2 000 ft en dessous de la hauteur de décision fixée en cas de perte de contrôle en vrille, ce qui correspond à 15 secondes de vol.

Enfin, soumis à un fort niveau de stress, l'équipage applique partiellement les actions de sécurité préalables à l'évacuation en vol (absence de message radio, non coupure du moteur, cordon radio branché). Néanmoins, l'entraînement régulier des pilotes de Grob 120 à la procédure d'évacuation en vol permet à l'équipage de mobiliser les ressources nécessaires pour évacuer l'aéronef avec succès.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement

4.1.1. Exercice de vrille

La procédure de sortie d'une vrille stabilisée sur Grob 120 nécessite la réalisation d'une série d'actions aux commandes bien spécifiques. De plus, les expertises démontrent que, même si le temps de sortie de vrille peut paraître long, il faut impérativement maintenir les actions aux commandes dans les positions requises par le manuel de vol et ne pas essayer une manœuvre autre que celles prévues au risque de retarder la sortie de vrille. Par ailleurs, le manuel de vol du constructeur préconise une vitesse d'entrée dans la vrille inférieure à celle de la procédure de l'EAC.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de compléter le référentiel documentaire relatif à la vrille sur Grob 120, notamment les supports pédagogiques et la check-list des procédures de secours, afin de mieux décrire le comportement de l'avion en vrille stabilisée et les effets des commandes.

R1 – [A-2022-26-A] Destinataire : CEMAEE

4.1.2. Formation des instructeurs à la sortie de vrille

D'après le syllabus de formation de l'EAC, le premier vol de formation des élèves-pilotes comportant l'étude de la vrille sur Grob 120 peut être dispensé par un instructeur non qualifié UPRT. Ce profil d'instructeur a été sensibilisé à la vrille uniquement lors de la transformation sur l'aéronef et à l'occasion du passage de la qualification instructeur. Par ailleurs, la version actuelle du syllabus de formation n'impose plus de démonstration de la part de l'instructeur. Aussi, un instructeur non qualifié UPRT peut ne pas avoir effectué d'exercice de vrille aux commandes depuis sa qualification instructeur sur Grob 120.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de prévoir que l'ensemble des vols de formation comportant un exercice de vrille sur Grob 120 soit réalisé par un instructeur qualifié UPRT ou à défaut de mettre en place un entraînement à la vrille régulier au profit des instructeurs Grob 120 non qualifiés UPRT.

R2 – [A-2022-26-A] Destinataire : CEMAEE

4.1.3. Procédure d'abandon de bord en vol

Deux hauteurs de décision d'évacuation figurent dans les différents documents d'exploitation, ce qui a pu contribuer à retarder la décision du commandant de bord. Par ailleurs, la manière d'évacuer sur l'aile n'est pas entièrement décrite dans la documentation : un des pilotes a évacué perpendiculairement au fuselage tandis que l'autre a visé le bord de fuite. En outre, l'équipage n'a pas annoncé de situation de détresse aux services du contrôle. La balise de détresse ELT, désintégrée à l'impact, n'a pas émis. L'accident du Grob 120 F-GUKO a été confirmé aux services du contrôle en premier par le commandant de bord qui a pu joindre par téléphone le directeur des vols après son atterrissage en parachute.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de compléter la documentation relative à la procédure d'abandon de bord en vol du Grob 120 en ajoutant en particulier un item relatif à l'activation de la balise de détresse afin de déclencher au plus tôt les opérations de recherche et sauvetage et en synthétisant les différentes hauteurs relatives à l'évacuation dans un même document.

R3 – [A-2022-26-A] Destinataire : CEMAEE

Lors de l'évacuation, le casque de l'élève-pilote a été retenu par une des sangles supérieures de son harnais après que le pilote a déverrouillé la boucle centrale.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de faire évoluer la procédure de mise en place du cordon du casque afin de réduire le risque d'interférence avec les bretelles supérieures du harnais pilote en cas d'évacuation en urgence du cockpit.

R4 – [A-2022-26-A] Destinataire : CEMAAE

4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

Le cadre de l'enquête a été l'occasion de faire ressortir les différentes difficultés et contraintes pour le personnel navigant affecté en dehors d'une unité navigante afin de maintenir un socle d'activité minimale en vol. Ce personnel possédant parfois une grande expérience peut voir son expertise se diluer avec le temps.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace d'étudier l'adaptation des entraînements des instructeurs ayant une activité aérienne discontinuée.

R5 – [A-2022-26-A] Destinataire : CEMAAE