



Accident du Robinson R22 BETA II
immatriculé **F-GJYB**
le jeudi 11 janvier 2024
à Cannes - Mandelieu (06)

Heure	Vers 15 h 55 ¹
Exploitant	GREEN BEES HELICO ²
Nature du vol	Instruction
Personnes à bord	Instructrice et élève pilote
Conséquences et dommages	Occupants décédés, hélicoptère détruit

**Diminution de puissance du moteur après le décollage,
perte de contrôle et collision avec la surface de la mer³**

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications et des images des caméras de vidéosurveillance.

L'élève pilote et l'instructrice réalisent un vol d'instruction au départ de l'aéroport de Cannes - Mandelieu, dont l'objet est la reconnaissance d'une zone de poser et des évolutions dans l'effet de sol. L'instructrice effectue la visite prévol et après la mise en route à 15 h 33, ils effectuent des évolutions dans l'effet de sol pendant une dizaine de minutes, au-dessus de la piste.

À 15 h 54 min 21, ils décollent de la piste 22 et virent à gauche conformément à la procédure de départ publiée KOPTER 22⁴ (voir **Figure 1**).

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

² Organisme de formation déclaré (DTO) depuis le 24/12/22 qui délivre notamment la qualification de type monomoteur sur R22 et R44. Une demande de transformation en ATO était en cours.

³ Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

⁴ Celle-ci prévoit de virer à gauche après le décollage pour ne pas croiser l'axe des pistes 17/35, puis de survoler à 500 ft le point de report HW (jetée à l'est du Port abri du Béal).

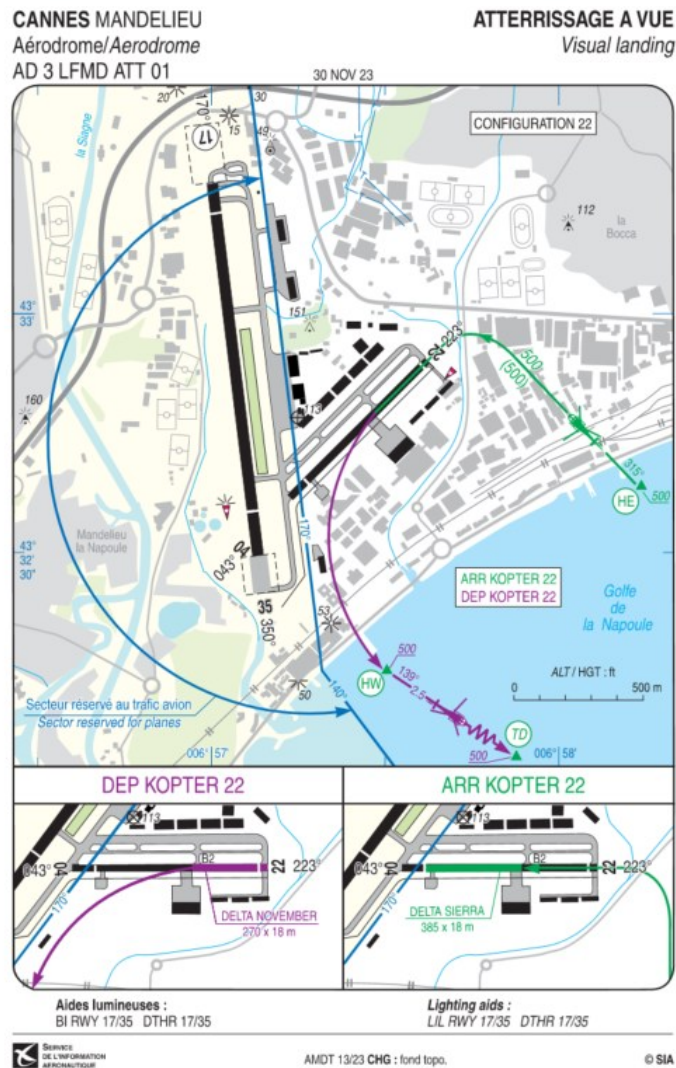


Figure 1 : carte VAC Cannes – Mandelieu (Source : SIA)

Peu de temps après le virage, l'instructrice demande l'autorisation au contrôleur de croiser l'axe de la piste 17/35. Ce dernier lui répond de rappeler au point WD⁵, à 2 000 ft d'altitude maximum. L'instructrice collationne. L'analyse spectrale des radiocommunications entre l'instructrice et le contrôleur lors de ces messages montre que le régime de rotation du rotor principal (NR) était nominal à une valeur de 102 %.

À 15 h 55 min 30, l'hélicoptère vire à droite.

À 15 h 55 min 59, l'alarme sonore « LOW RPM » est audible en continu lors d'une émission sans locution d'une durée de deux secondes, en provenance de l'hélicoptère⁶.

À 15 h 56 min 01, l'hélicoptère perd brusquement de l'altitude, avec une vitesse horizontale quasi nulle et une vitesse verticale élevée. Trois secondes plus tard, l'instructrice annonce être en panne de moteur. Durant ce dernier message enregistré, l'alarme sonore « LOW RPM » est toujours audible (voir **Figure 2**).

⁵ Ce point d'entrée/sortie de la CTR se situe à 6,5 NM à l'ouest-sud-ouest de l'aérodrome.

⁶ Le fait que cette alarme soit audible durant cette émission indique que le pas général n'a pas été baissé complètement (voir § 2.3).

Plusieurs témoins rapportent une variation du bruit ou un arrêt du moteur avant que l'hélicoptère ne tombe avec une assiette légèrement à piquer, en tournant sur lui-même. Certains témoins indiquent que les pales ont ralenti ou cessé de tourner, puis se sont soulevées vers le haut.

À 15 h 56 min 12, l'hélicoptère entre en collision avec la surface de la mer et coule immédiatement.

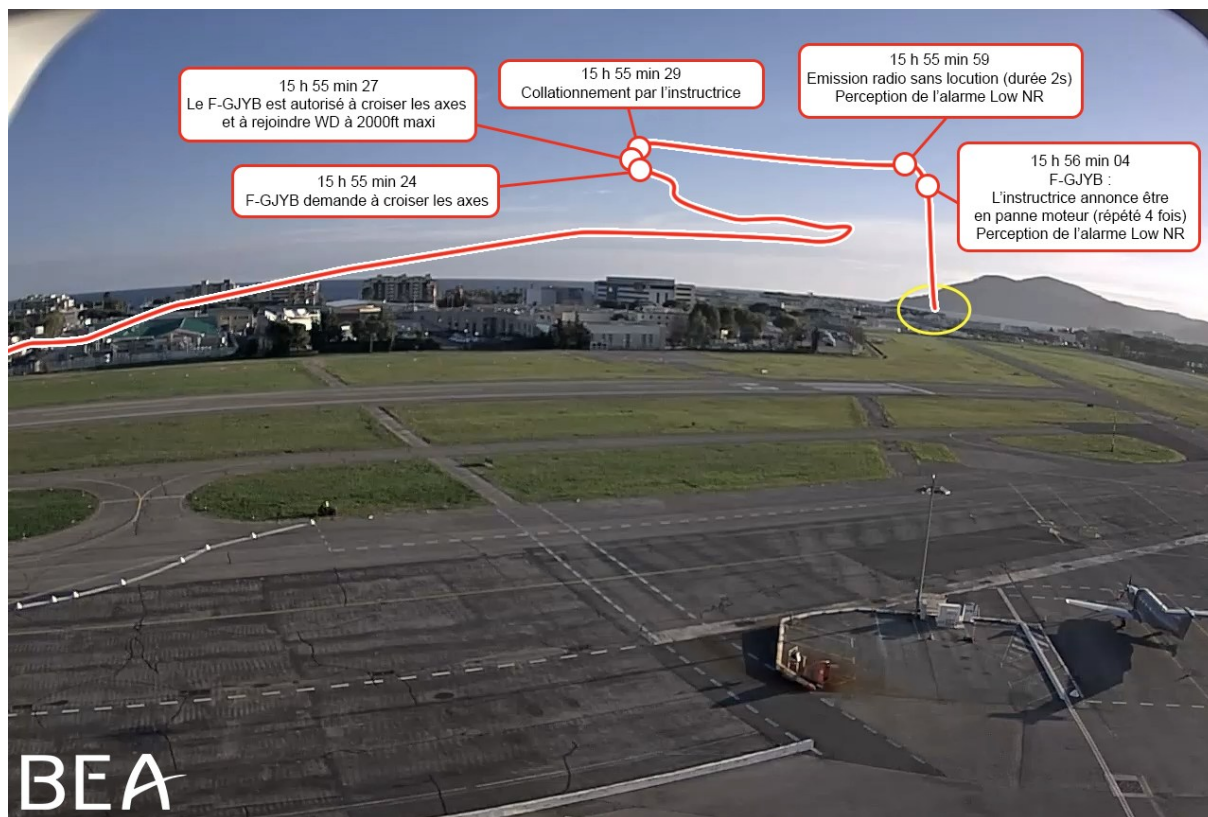


Figure 2 : reconstitution de la trajectoire du vol de l'accident

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Conditions météorologiques

L'ATIS de l'aéroport de Cannes - Mandelieu indiquait à partir de 15 h 50 un vent du 130° pour 4 kt, CAVOK, température +13 °C, point de rosée +6 °C. Au moment du décollage, le contrôleur a indiqué un vent du 180° pour 8 kt.

Selon les informations de Météo-France, il n'y avait pas de turbulence et l'humidité au sol était de 62 %, et de 66 % à 1 500 ft d'altitude, entre 15 h et 16h.

2.2 Site et épave

L'hélicoptère repose sur ses patins d'atterrissage à une profondeur d'environ 30 m, à environ 300 m de la côte et à 1,3 km au sud du seuil de la piste 35 (voir **Figure 3**). La poutre de queue est rompue en deux points et toujours attachée au bâti-moteur. Les pales sont en place ainsi que le rotor anticouple. Le poste de pilotage est partiellement détruit.

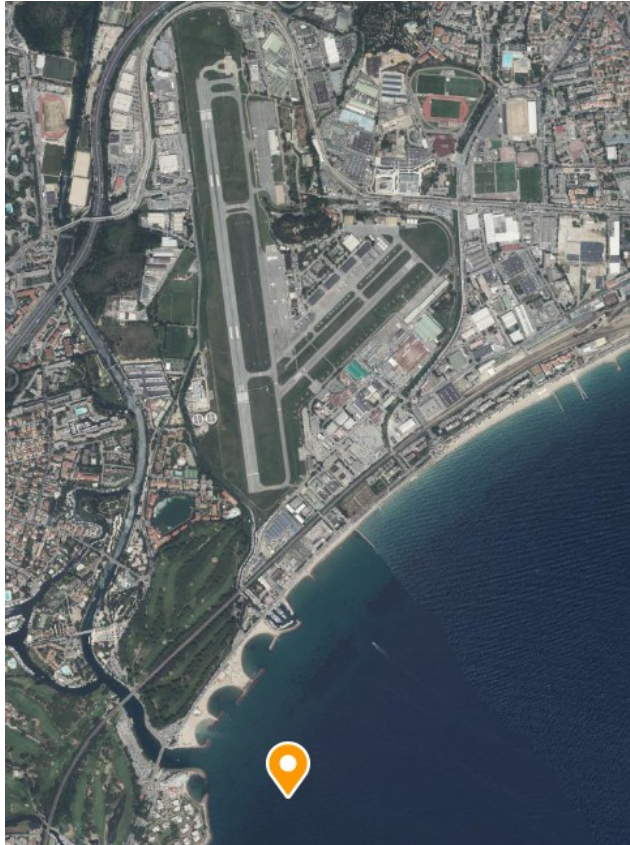


Figure 3 : position de l'épave (Source : Geoportail)

L'examen visuel de l'épave après son renflouage montre que les dommages principaux de l'hélicoptère sont consécutifs à la collision avec la surface de l'eau et sont cohérents avec une énergie verticale importante et une assiette quasiment nulle à l'impact. Les dommages observés sur les pales des deux rotors sont compatibles avec une faible énergie développée par le rotor principal lors de la collision avec l'eau.

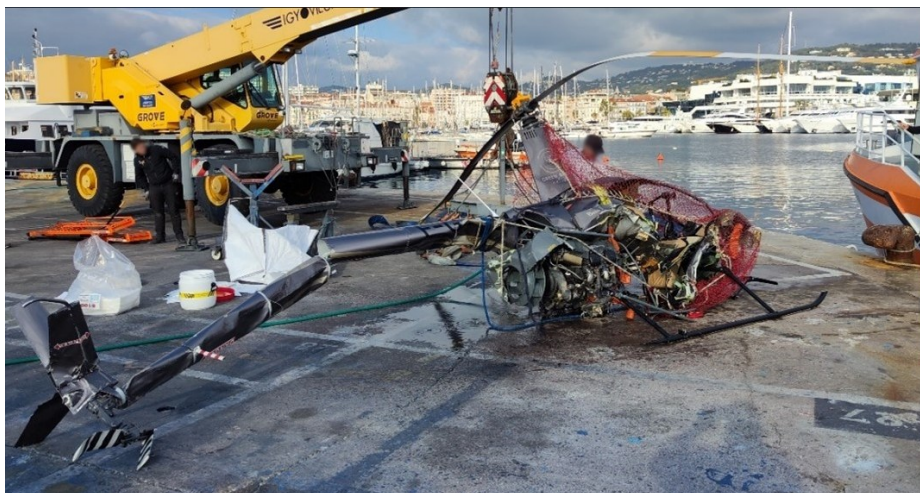


Figure 4 : photo de l'épave après le renflouage (Source : BEA)

Les examens réalisés sur les ensembles mécaniques de la transmission de puissance n'ont pas mis en évidence d'anomalie particulière.

Les examens des chaînes de commandes de direction, de pas cyclique et de pas collectif montrent qu'elles étaient probablement continues au moment de la collision avec l'eau. La commande de réchauffage du carburateur était continue. La continuité des commandes du moteur (commande de richesse, commande des gaz, dispositif de régulation du régime moteur) n'a pas pu être confirmée.

Les autres commandes ont été retrouvées dans les positions suivantes :

- réchauffage du carburateur : position active (tirée)⁷ ;
- commande de richesse : plein riche ;
- robinet carburant : « ON » ;
- magnétos : « BOTH ».

La quantité de carburant restante dans les réservoirs n'a pas pu être déterminée, en raison de la présence importante d'eau de mer à l'intérieur. Néanmoins, une nappe irisée à la surface de l'eau et une odeur de carburant ont été constatées lors du renflouage de l'épave.

Le tableau de bord et le moteur, en particulier le carburateur, ont été examinés au BEA :

- l'examen des voyants d'alarme a permis de déterminer que les voyants « LOW RPM », « ALT » et « OIL » du tableau de bord étaient allumés et que le voyant « GOV »⁸ était probablement éteint au moment de l'impact. Le disjoncteur « GOV » a été retrouvé déclenché ; il n'a toutefois pas été possible de déterminer si ce déclenchement a été consécutif ou non à l'impact⁹ ;
- il n'a pas été possible de procéder à un passage au banc du carburateur, en raison des endommagements qu'il a subis. L'examen visuel réalisé n'a pas mis en évidence d'élément particulier ;
- le test de la sonde de température de l'entrée d'air du carburateur a montré qu'elle n'était pas fonctionnelle. Deux ruptures du fil interne de la sonde ont été identifiées. La comparaison visuelle avec une sonde similaire a révélé que ce fil était détendu et rompu en deux points. Ces endommagements du fil sont cohérents avec des dommages consécutifs à l'impact, sans que le BEA puisse l'affirmer. Le témoignage des pilotes ayant utilisé l'hélicoptère le matin du vol de l'accident indiquant que la sonde était alors fonctionnelle est également cohérent avec cette analyse (voir § 2.8) ;
- après nettoyage, le mouvement de l'aiguille de l'indicateur de température du carburateur a pu être vérifié. L'indicateur était fonctionnel sans qu'il soit possible d'en vérifier la précision ;
- le moteur a été partiellement démonté et examiné. Sa structure extérieure ne présente aucun endommagement majeur. Les ensembles mécaniques internes sont libres en rotation. Le circuit de lubrification était continu au moment de l'impact et son système de filtration est exempt de particules métalliques.

Après le relevage de l'épave, aucun objet qui aurait pu empêcher le libre débattement des commandes n'a été retrouvé.

⁷ Une vidéo prise par les plongeurs montre qu'elle était dans cette position au fond de l'eau, avant le renflouage.

⁸ Le voyant s'allume en cas de défaillance du régulateur de régime.

⁹ En cas de dysfonctionnement du régulateur en vol, le contrôle du régime moteur doit alors être assuré manuellement à l'aide de la poignée tournante.

2.3 Renseignements sur l'hélicoptère

Le manuel de vol de l'hélicoptère indique que le R22 possède un système de rotor léger, à faible inertie. La majeure partie de l'énergie nécessaire à une autorotation est « [stockée dans la quantité de mouvement vers l'avant de l'hélicoptère, et non dans le rotor] ».

Dispositif de régulation du régime moteur (*governor*)

Le moteur Lycoming O-360-J2A est un moteur détaré¹⁰ équipé d'un dispositif de régulation du régime moteur (*governor*). Ce dispositif ajuste automatiquement la commande des gaz afin d'aider au maintien d'un régime moteur constant et, par conséquent, du régime rotor en vol. Il est actif lorsque le régime moteur est compris entre 80 % et 117 %.

Le *governor* est activé manuellement par un interrupteur. Il est automatiquement inhibé lorsque le régime moteur passe en dessous de 80 %. Dans ce cas ou en cas de désactivation volontaire par le pilote, la régulation du régime moteur est assurée manuellement par le pilote via la commande des gaz.

Le *governor* agissant sur la commande des gaz par l'intermédiaire d'un embrayage à friction, le pilote peut outrepasser le dispositif et manœuvrer directement la poignée des gaz pour contrôler le régime moteur.

Réchauffage du carburateur

Lors de l'abaissement de la commande pas collectif, une liaison mécanique permet d'augmenter le réchauffage du carburateur, et inversement. Ce couplage peut être inhibé manuellement en verrouillant la commande de réchauffage en position basse (repoussée), à l'aide d'un loquet.

Enfin, la température dans le carburateur est présentée au pilote par le biais d'un indicateur sur le tableau de bord. La plage de température à éviter, comprise entre -15 °C et +5 °C, est matérialisée par un arc jaune.



Figure 5 : indicateur de température dans le carburateur

Le manuel de maintenance préconise lors des visites 100 heures ou annuelles de s'assurer que la température indiquée est à peu près identique à la température extérieure, cette vérification s'effectuant moteur coupé. La dernière vérification avait été faite lors de la dernière visite 100 heures, en septembre 2023.

Alarme « LOW RPM »

Lorsque le régime de rotation du rotor principal est inférieur à 97 %, le voyant « LOW RPM » sur le tableau de bord s'allume et une alarme sonore retentit. L'alarme sonore est inhibée quand le pas général est abaissé en butée basse (plein petit pas).

¹⁰ Selon Lycoming, ce type de moteur permet d'améliorer les performances de l'hélicoptère en altitude, ainsi que sa fiabilité et sa durée de vie.

2.4 Phénomène de givrage du carburateur sur R22

2.4.1 Sensibilité des hélicoptères à ce phénomène selon Robinson

Selon Robinson, le givrage du carburateur peut survenir, y compris par des températures extérieures élevées, en fonction du taux d'humidité. Robinson indique également que le *governor* peut masquer l'apparition du givrage du carburateur : le phénomène ne se manifestera ni par une baisse du régime (RPM) ni de la pression d'admission. Le régulateur ajustera automatiquement la position des gaz afin de maintenir un régime constant, ce qui entraînera également une pression d'admission constante. Un pilote non averti peut ainsi ne pas percevoir la formation de givrage du carburateur (voir [SN-31 « Governor can mask carb ice »](#)).

2.4.2 Publications sur le phénomène de givrage du carburateur

Un SIB¹¹ intitulé « [carburetor icing prevention](#) » a été publié par l'AESA en 2010, en support d'un SAIB¹² de la FAA publié en 2009, pour informer les pilotes d'avions à moteur à pistons, et aussi ceux d'hélicoptères des dangers potentiels liés au givrage du carburateur. Ce document mentionne la survenue de 212 accidents attribués à un givrage du carburateur entre 1998 et 2007.

Le document « [No ice, thank you](#) », disponible sur le site de la FAA et dont Robinson a indiqué partager les conclusions, explique que sur les moteurs détarés comme le 0-360-J2A, le papillon des gaz à l'intérieur du carburateur n'est que partiellement ouvert lorsque le moteur est à pleine puissance et qu'un givrage du carburateur peut se produire, même pendant le décollage. Si ce n'est pas corrigé dès l'apparition des premiers symptômes (diminution rapide du régime rotor), le moteur peut s'arrêter et un décrochage du rotor à bas régime peut survenir.

Il est précisé dans le document que pour éviter cela, le pilote doit « [ouvrir les gaz] » et abaisser la commande de pas collectif, et tirer à fond la commande de réchauffage du carburateur. S'il se contente d'abaisser la commande du pas collectif, le moteur peut s'arrêter : le système d'assistance au réchauffage du carburateur peut ne pas être suffisant, car il n'applique le réchauffage du carburateur qu'au moment où le pilote abaisse le levier de pas collectif.

Le document indique également que, dans certaines conditions atmosphériques humides, lorsque l'humidité relative est supérieure à 50 % et que la température est comprise entre -6 °C et +32 °C, de la glace peut se former dans le système d'admission, y compris par des conditions estivales. Toutefois, ce phénomène est le plus susceptible de se produire dans la plage de températures comprise entre -1 °C et +15 °C.

Il est également indiqué que les pilotes doivent s'assurer que l'indication de température d'air du carburateur est correcte (ce qui ne peut être fait que lorsque le moteur est froid), pendant les vérifications au sol. Selon les pilotes contrôleurs du Pôle PN/EPN de la DSAC, la sensation de chaleur dans l'habitacle provoquée par le rayonnement thermique de la bulle de l'hélicoptère peut également diminuer la vigilance des pilotes par rapport à la surveillance de la température à l'intérieur du carburateur.

D'après les images des caméras de l'aéroport, il s'est passé environ 13 minutes entre l'arrêt complet du rotor principal à la fin du vol précédent et le début de rotation des pales au début du vol de l'accident. Lorsque l'instructrice a fait la visite prévol, le moteur n'avait donc très certainement pas refroidi complètement. L'indication de température du carburateur pouvait être supérieure à la température extérieure réelle et l'instructrice n'a très certainement pas pu faire la vérification.

¹¹ *Safety Information Bulletin.*

¹² *Special Airworthiness Information Bulletin.*

2.4.3 Manuel de vol du constructeur et documentation l'exploitant

Le manuel de vol de l'hélicoptère préconise de tester le réchauffage du carburateur après le démarrage du moteur avec un régime moteur de 70 à 75 % (RPM), en vérifiant sur l'indicateur que la température du carburateur augmente après avoir tiré la commande, puis diminue après l'avoir repoussée.

Selon le manuel de vol, lorsque les conditions sont propices au givrage du carburateur, il faut utiliser le réchauffage du carburateur (à l'aide de la commande manuelle, quelle que soit la position du manche collectif) comme suit :

- au maximum pendant le point fixe pour préchauffer le dispositif d'admission d'air ;
- à la demande pendant le décollage, la montée et la croisière pour rester hors de l'arc jaune de l'indicateur de température du carburateur ;
- au maximum lorsque la pression d'admission est inférieure à 18 pouces (In).

Toutes les [SAFETY NOTICES](#) du constructeur ROBINSON étaient présentes dans la partie 10 – SAFETY TIPS du manuel de vol¹³ du F-GJYB, en particulier celles-ci :

- [SN-10 d'octobre 1982 « Fatal accidents caused by Low RPM rotor stall »](#) ;
- [SN-25 de décembre 1986 « Carburetor Ice »](#) ;
- [SN-27 de décembre 1987 « Surprise Throttle chops can be deadly »](#) ;
- [SN-20 de juin 1994 « Beware of demonstration or initial training flights »](#) ;
- [SN-31 de décembre 1996 « Governor can mask carb ice »](#).

2.5 Gestion d'une autorotation en R22

La vitesse de plané maximum du R22 est d'environ 75 kt et la finesse maximum est proche de 4 (-1 500 ft/Nm) avec une vitesse de rotation du rotor principal de 90 %.

En cas de panne du moteur, Robinson indique qu'il faut placer l'hélicoptère en autorotation en baissant immédiatement la commande de pas collectif pour conserver le régime du rotor tout en ouvrant le papillon des gaz, car si la vitesse de rotation du rotor principal diminue en dessous de 80 %, un décrochage du rotor peut survenir.

Le voyant et l'alarme sonore « LOW RPM » se déclenchent simultanément en dessous de 97 % RPM et s'arrêtent lorsque la commande de pas collectif est complètement baissée. Il faut ensuite descendre avec une vitesse indiquée d'environ 65 kt, une fois établi en autorotation.

¹³ Il est indiqué dans les TASE de l'OSD R22 qu'il est obligatoire d'étudier en profondeur toutes les Safety Notice et les Safety Tips contenus dans le manuel de vol.

2.6 Renseignements sur les personnes à bord

2.6.1 Élève pilote

L'élève pilote, âgé de 27 ans, ne détenait aucun titre aéronautique. Il était en formation depuis le 14 septembre 2023 en vue d'obtenir le PPL(H), puis le CPL(H). Il avait effectué 17 vols en double commande, dont 4 avec l'instructrice et totalisait environ 18 heures de vol (toutes sur type), dont 11 dans les trois mois précédents. Selon l'avis du RDOV, il suivait une progression normale et avait abordé les autorotations avec des réflexes de gestion de pannes lors de deux séances durant lesquelles il avait eu l'occasion de suivre l'instructeur aux commandes.

2.6.2 Instructrice

L'instructrice, âgée de 35 ans, détenait une licence CPL(H) depuis novembre 2022 et une qualification FI(H) restreint¹⁴ depuis le 17 avril 2023. Durant son stage de formation FI(H), elle avait réalisé une trentaine d'autorotations. Elle avait obtenu la QT initiale R22 au mois de juin 2021¹⁵. D'après son carnet de vol électronique, elle totalisait environ 300 h dont 235 sur type, et 12 h environ dont 10 environ sur type dans les trois mois précédents. Elle était instructrice au sein du DTO depuis juin 2023. Elle avait délivré au total 47 heures d'instruction, dont 25 environ sur R22 et avait supervisé douze vols solos.

Le responsable du DTO indique qu'elle avait été embauchée dans le DTO le 13 juin 2023 après avoir réalisé un vol d'évaluation. Il ne l'avait pas encore autorisée à réaliser des exercices d'autorotation et de pannes avec des élèves pilotes. Le RDOV du DTO ajoute qu'elle lui avait exprimé le souhait de se perfectionner aux autorotations. Elle n'en avait pas encore fait avec lui ou avec le responsable du DTO¹⁶. D'après son carnet de vol électronique, elle n'avait pas réalisé d'autorotation en instruction depuis son vol d'évaluation et n'en avait pas non plus pratiqué seule à bord depuis le 28 juin 2023, date de son dernier vol sur R22 en commandant de bord.

L'examen ORL qu'elle avait passé le 11/03/21 pour l'obtention de son certificat médical était dans les normes de classe 1.

Juste avant de partir en vol, l'instructrice a fait état au pilote du vol précédent qu'elle était « *un petit peu malade* » (voir § 2.8). Ce témoignage a été corroboré par les résultats de l'analyse toxicologique des prélèvements sanguins réalisés après l'accident qui a montré en particulier des traces de paracétamol et d'anti-inflammatoires stéroïdiens.

2.6.3 Aspects survie

L'instructrice et l'élève pilote sont décédés lors de la collision de l'hélicoptère avec la surface de l'eau, qui ne laissait aucune chance de survie. Les autopsies n'ont pas permis de déterminer qui pilotait au moment de l'accident. Aucune trace évocatrice d'un éventuel malaise n'a été observée. Aucune trace de substances ayant pu dégrader la performance de l'élève pilote ou de l'instructrice n'a été trouvée.

¹⁴ Pour lever la restriction, il faut avoir effectué 100 heures d'instruction au vol sur des hélicoptères et avoir supervisé au moins 25 exercices en vol solo d'élèves pilotes. La restriction des privilèges de sa qualification FI(H) n'avait pas été levée et elle était encore sous supervision du RDOV.

¹⁵ Le contenu de la formation spécifique imposé depuis 1999 en France par la DGAC pour les instructeurs volant sur R22 et R44, communément appelée « stage de sécurité Robinson », a été intégré en 2015 dans l'OSD de la QT R22.

¹⁶ Le manuel d'exploitation du DTO indique qu'une demande d'entraînement périodique peut être faite par un instructeur auprès du responsable pédagogique ou bien être proposée par celui-ci en fonction des besoins identifiés, notamment des exercices de pannes et autorotation complète.

Le manuel d'opérations du DTO ne contenait pas de consignes particulières sur l'emport des gilets de sauvetage. Il indiquait juste « qu'en application des règles applicables, le CDB doit s'assurer que l'hélicoptère est apte à l'exécution du vol projeté ». Il n'y avait aucun gilet de sauvetage à bord du F-GJYB. La réglementation applicable au moment de l'accident pour ce vol, induite par le survol de l'eau lors du décollage (exigence [NCO.IDE.H.175 - Survol d'une étendue d'eau](#)), imposait qu'ils soient portés ou rangés dans un endroit facilement accessible à partir du siège. Le responsable de GREEN BEES HELICO a considéré qu'il n'était pas nécessaire d'en équiper les R22, car ils n'auraient pas été accessibles sous les sièges.

Depuis l'accident, l'exigence NCO.IDE.H.175 a été modifiée.

Il est notamment indiqué les points suivants :

« NCO.IDE.H.175 — Vol au-dessus d'un plan d'eau

- a. Les aéronefs à voilure tournante sont équipés de gilets de sauvetage pour toutes les personnes à bord, ou de dispositifs individuels de flottaison équivalents pour toutes celles âgées de moins de vingt-quatre mois, qui sont portés ou rangés dans un endroit facilement accessible à partir du siège ou de la couchette de la personne à laquelle le gilet est destiné, lorsqu'ils :
(...)
 4. décollent d'un aérodrome ou d'un site d'exploitation ou atterrissent sur un aérodrome ou un site d'exploitation présentant une trajectoire de décollage ou d'approche au-dessus de l'eau.
(...)
- d. Le pilote commandant de bord détermine les chances de survie des occupants de l'aéronef à voilure tournante en cas d'amerrissage, lorsqu'il décide si les gilets de sauvetage requis en vertu des dispositions du point a) doivent être portés par tous les occupants. »

Selon la DSAC, cette modification permet notamment d'insister sur un questionnement vis-à-vis du port des gilets de sauvetage.

2.7 Influence des casques à réduction de bruit (ANC/ANR) sur le temps de réaction

L'élève pilote utilisait un casque sans dispositif de réduction de bruit et l'instructrice utilisait un casque BOSE A20 à réduction de bruit (ANC/ANR¹⁷). Plusieurs enquêtes de sécurité conduites en France et à l'étranger se sont interrogées sur la contribution possible de ce type de casque à la perception de l'environnement sonore et, s'agissant du F-GJYB, à la perception d'une diminution du régime rotor, et par conséquent à la réaction de l'instructrice.

Selon le constructeur du casque, le modèle BOSE A20 répond aux exigences européennes ETSO-C139, qui renvoient au standard industriel RTCA DO-214A. Ce document précise que l'utilisation d'un casque à atténuation de bruit doit être adaptée à l'environnement sonore du poste de pilotage afin de ne pas altérer la perception des signaux sonores importants.

Il indique également que, pour la majorité des casques passifs ou à réduction active de bruit (ANR), tels que le modèle BOSE A20, l'atténuation est similaire pour le bruit ambiant et pour les signaux d'alerte dans chaque bande de fréquence. Le rapport signal/bruit n'est donc pas modifié et, en première approximation, un signal audible sans casque le demeure avec casque, sous réserve que son niveau perçu reste suffisant. Une vigilance est toutefois requise pour les casques dont l'atténuation dépend du bruit ambiant (par exemple un casque ANR avec adaptation active).

¹⁷ Active Noise Cancelation / Active Noise Reduction.

Plusieurs mises en autorotation ont été réalisées en R22 par un instructeur accompagné d'un enquêteur du BEA pilote d'hélicoptère. Ils ont porté successivement un casque David Clark non ANR, puis un casque ANR modèle BOSE A20. Dans les deux configurations, la perception auditive de la diminution du régime rotor et de l'alarme « LOW NR » a été jugée satisfaisante, sans impression d'atténuation ni de masquage sonore. Cette appréciation est également partagée par les pilotes contrôleurs du pôle PN/EPN de la DSAC.

Toutefois, seuls des essais spécifiques conduits en environnement contrôlé permettraient de généraliser cette première évaluation, notamment en ce qui concerne l'influence éventuelle sur le délai de réaction des pilotes.

2.8 Témoignages

Les élèves pilotes de l'institutrice indiquent qu'elle était sensibilisée au risque de givrage du carburateur et vigilante sur les indications de température du carburateur. L'un d'eux explique qu'à plusieurs reprises, il avait voulu baisser la commande de pas général pour se mettre en descente sans avoir tiré la commande de réchauffage du carburateur, et qu'à chaque fois elle l'en avait empêché en bloquant la commande de pas collectif. Un autre explique qu'elle lui faisait vérifier régulièrement la température du carburateur.

Plusieurs élèves pilotes qui ont volé le matin indiquent avoir testé l'alarme sonore et le voyant Low RPM avant la mise en stationnaire ou en vol pendant des exercices d'autorotations et qu'ils fonctionnaient normalement.

Deux élèves pilotes ayant volé entre 10 h et 13 h 30 sur le F-GJYB expliquent avoir dû actionner en vol le réchauffage du carburateur pour éviter que l'aiguille de l'indicateur de température du carburateur n'aille dans l'arc jaune. Selon le responsable du DTO qui volait en double commande avec eux : « *l'aiguille de l'indicateur était dans l'arc jaune dès le stationnaire et était restée en limite de celui-ci, même après avoir actionné à moitié la commande de réchauffage du carburateur* ».

Le pilote du vol précédent indique qu'il n'a rien constaté d'anormal, y compris à l'issue de son vol en faisant une visite prévol supplémentaire. Il indique avoir rempli à moitié le réservoir principal et auxiliaire en ajoutant 40 litres de carburant, après le vol. Il ajoute avoir discuté avec l'institutrice qui lui a indiqué qu'elle était « *un petit peu malade* ».

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

L'enquête n'a pas permis de déterminer qui pilotait et quelles actions ont été effectuées par l'instructrice ou l'élève pilote sur les commandes et en particulier sur la commande de pas général et celle du réchauffage du carburateur.

Quelques minutes après le décollage, l'hélicoptère a subi une forte réduction de puissance. L'enquête n'a pas permis d'en déterminer l'origine avec certitude. Toutefois, étant donné les conditions de température et d'humidité qui régnaient au moment de l'accident, le risque d'un givrage sévère du carburateur était présent. Dans l'hypothèse de l'apparition d'un tel phénomène, associée en amont à une éventuelle gestion inadéquate de la commande de réchauffage du carburateur, il est possible qu'une obturation du conduit d'air du carburateur se soit produite, accompagnée d'une perte de puissance du moteur.

La perception du givrage par l'instructrice a pu être retardée par le maintien temporaire du régime moteur par le dispositif de régulation (*governor*). Lorsque le *governor* n'a plus été en mesure de compenser la baisse de régime du moteur, et en l'absence de déclenchement immédiat d'une autorotation, le régime rotor a diminué puis l'hélicoptère est tombé quasiment à la verticale jusqu'à la collision avec la surface de l'eau.

Il n'a pas été possible d'établir la raison pour laquelle la commande de pas collectif n'a pas été abaissée complètement alors que l'alarme sonore « LOW RPM » retentissait.

Facteur contributif

L'absence de pratique récente d'autorotation par l'instructrice au regard de son expérience totale a pu contribuer à une possible réaction inadaptée face à la diminution soudaine du régime du rotor principal.

Messages de sécurité

Information sur le risque de givrage du carburateur sur R22 (voir § 2.4)

Les circonstances de cet accident, ainsi que les publications de Robinson, de l'AESA et de la FAA, rappellent que l'apparition d'un phénomène de givrage sévère du carburateur sur R22 peut survenir même par ciel clair et avec une température nettement positive.

Robinson recommande, en cas de doute, d'utiliser le réchauffage carburateur afin de maintenir la température d'air dans le carburateur en dehors de l'arc jaune de l'indicateur et d'appliquer le plein réchauffage carburateur lorsque la pression d'admission est inférieure à 18 pouces. Il est également préconisé de vérifier, moteur froid lors des vérifications au sol, l'exactitude de l'indicateur de température d'air carburateur en la comparant la température affichée avec la température extérieure.

Informations sur le risque associé à une perte de puissance

Durant l'enquête, le BEA a échangé avec un pilote contrôleur de la DSAC qui a indiqué avoir fait le constat, lors de toutes les simulations de panne moteur en R22 réalisées durant des tests avec des FI(H), que tous ont cherché à comprendre l'origine du problème et à le résoudre, avant de baisser la commande de pas collectif.

Robinson a publié plusieurs documents en lien avec la gestion d'une perte de puissance du moteur et les réactions à suivre en cas de perte de régime rotor (voir § 2.4.2).

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