



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

Rapport final n° 2315 du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'incident grave de
l'autogire M16, HB-WGA,

survenu le 16 juillet 2016

à environ 1 km à l'ouest de l'aérodrome
d'Ecuvillens, commune de Neyruz / FR

Ursache

Der schwere Vorfall ist auf einen Motorausfall infolge eines zu reichen Luft-Kraftstoffgemisches in den Zylindern zurückzuführen.

Der Grund für die Kraftstoffanreicherung rührte wahrscheinlich von Rückständen in einem der beiden Vergaser her.

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport relate les conclusions du Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) relatives aux circonstances et aux causes de cet incident grave.

Conformément à l'article 3.1 de la 10^e édition de l'annexe 13, applicable dès le 18 novembre 2010, de la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'article 24 de la loi fédérale sur la navigation aérienne, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

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

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue française.

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

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

Rapport final

Type d'aéronef	M16	HB-WGA		
Exploitant	AlpinAirPlanes GmbH, route de l'Aérodrome 19, 1730 Ecuwillens			
Propriétaire	AlpinAirPlanes GmbH, route de l'Aérodrome 19, 1730 Ecuwillens			
Pilote	Citoyen suisse, année de naissance 1975			
Licence	Licence de pilote professionnel d'avions (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane – CPL(A)</i>) selon l'agence européenne de la sécurité aérienne (<i>European Aviation Safety Agency – EASA</i>), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)			
Qualifications	Qualification de class pour avions monomoteurs à pistons (<i>Single Engine Piston – SEP</i> (land)) Brevet et licence de pilote d'autogire (ULM ¹), établie par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)			
Heures de vol	Total	300 h	au cours des 90 derniers jours	5:11 h
	sur le type en cause	env. 8 h	au cours des 90 derniers jours	0:05 h
Pilote de sécurité	Citoyen suisse, année de naissance 1954			
Licence	CPL(A) selon l'EASA, établie par l'OFAC			
Qualifications	SEP (land) brevet et licence de pilote d'autogire (ULM), établie par la DGAC			
Heures de vol	Total	3541 h	au cours des 90 derniers jours	53:04 h
	sur le type en cause	19:26 h	au cours des 90 derniers jours	5:42 h
Lieu	Environ 1 km à l'ouest de l'aérodrome d'Ecuwillens (LSGE)			
Coordonnées	570 645 / 178 562 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 46° 45' 27.34" / E 007° 03' 15.85" (WGS 84)		altitude	656 m/M
Date et heure	16 juillet 2016, 10 h 06 min			
Type de vol	Règles de vol à vue (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)			
Phase de vol	Approche			
Nature de l'incident grave	Atterrissage d'urgence consécutif à une panne de moteur			
Personnes blessées				
Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	2	0	2	Sans objet
Total	2	0	2	0
Domages à l'aéronef	Aucun			
Autres dommages	Aucun			

¹ ULM: aéronef ultra-léger motorisé

1 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Généralités

La description des faits antécédents et du déroulement du vol repose sur les dépositions des deux pilotes ainsi que des enregistrements du système Rotax FlyDat².

1.1.2 Faits antécédents

Après le montage de l'autogire de type M16, un vol d'essai ainsi qu'un test de fonction de tous les systèmes ont été effectués le 5 juillet 2016 par le constructeur sur le terrain d'essais en Italie. Deux jours plus tard, l'aéronef a été transporté à l'aérodrome d'Ecuvillens (LSGE). Le 15 juillet 2016, un test de fonctionnement du moteur et du rotor ainsi qu'un contrôle extérieur ont été effectués par l'exploitant. L'autogire, immatriculé HB-WGA, était en état de vol et un *permit to fly* avait été délivré par l'OFAC. Le contrôle de conformité par l'OFAC était prévu pour le 20 juillet 2016.

Le matin du 16 juillet 2016, les deux pilotes se sont rencontrés vers 9 heures à l'aérodrome d'Ecuvillens pour effectuer un premier vol sous la surveillance du pilote de sécurité. Le but de ce vol était la mise en service de l'aéronef selon les directives du constructeur et d'effectuer des circuits d'aérodrome afin d'entraîner les atterrissages.

1.1.3 Le vol au cours duquel s'est produit l'incident grave

Après avoir tiré l'autogire hors du hangar, les contrôles prévol sont effectués selon le manuel du vol du constructeur. Le niveau d'huile se trouve à sa limite supérieure. Après l'avitaillement, il se trouvait environ 40 l de carburant dans le réservoir. Ensuite les deux pilotes s'installent à bord, le pilote sur le siège avant, le pilote de sécurité sur le siège arrière. Avec le starter (*choke*) tiré, le moteur démarre sans problème. Après une trentaine de secondes, le *choke* est repoussé. Le régime du moteur se situe aux alentours de 1800 RPM³ et les instruments indiquent une pression d'huile de 5 bar, une température d'huile de 30 °C et celle des culasses de 80 °C. Après environ huit minutes, un premier test des magnétos à 2400 RPM est effectué, la chute des tours se situe entre 100 et 120 RPM.

Après avoir confirmé la piste 09 en usage sur la fréquence de l'aérodrome, le pilote roule vers le point d'attente de la piste. Une fois que le message « *engine ready* » est indiqué sur le Rotax FlyDat, le pilote effectue un deuxième test des magnétos à 4000 RPM ; à nouveau la chute des tours se situe entre 100 et 120 RPM. Après un briefing de départ, le pilote effectue la préparation du décollage en enclenchant la deuxième pompe à essence et déverrouille le rotor. L'aéronef est aligné sur la piste 09. La pression de carburant se trouve à 3.5 PSI et le voyant rouge de freinage du rotor s'éteint. Le pilote s'assure que les commandes de vol sont libres.

Au cours de l'accélération initiale du rotor, le pilote garde le coupleur de pré-rotation tiré jusqu'à atteindre un régime de 150 RPM. A ce moment-là, il tire le manche en arrière et continue à accélérer le rotor jusqu'à 220 RPM tout en maintenant l'autogire immobilisé. Puis il lâche le coupleur et pousse le levier de puissance au maximum.

² FlyDat : appareil pour l'indication et l'enregistrement des données opérationnelles des moteurs Rotax

³ RPM : *revolutions per minute*, tours par minute.

Pendant la phase d'accélération, aucun bruit particulier ni aucune variation du régime du moteur ne sont ressentis par les pilotes. A 60 kt l'autogire quitte le sol et commence à monter. En passant 2600 ft au-dessus du niveau moyen de la mer (*Above Mean Sea Level* – AMSL), le pilote réduit le régime moteur à 5200 RPM. Après avoir atteint l'altitude du circuit d'aérodrome de 3300 ft AMSL, le pilote réduit encore les tours à 4600 RPM en gardant une vitesse d'environ 85 kt. Il vérifie les instruments qui indiquent des valeurs normales, à savoir une pression d'huile à 5 bar, une température d'huile à 82 °C et celle des culasses à 110 °C.

A la fin du vent arrière, le pilote tourne à gauche pour rejoindre la base et réduit le régime moteur vers 4100 RPM afin d'initier la descente. A ce moment-là, il s'aperçoit que le FlyDat indique « *low power* ». Ceci signifie que l'alimentation électrique du FlyDat se trouve en dessous de la plage de fonctionnement des 10 V. En essayant d'augmenter les gaz, le pilote constate que le moteur s'est arrêté. Il informe tout de suite le pilote de sécurité qui reprend les commandes et initie un atterrissage d'urgence dans un champ situé à proximité de la finale de la piste 09. Pendant la descente, le pilote vérifie la pression et le niveau d'essence et enclenche le démarreur. Le moteur ne démarre pas. Avant une deuxième tentative de démarrage, le pilote éteint et réenclenche les pompes à essence. Ceci reste sans effet et le moteur ne démarre pas. Après avoir déclenché et réenclenché les magnétos, le pilote essaie une dernière fois de démarrer le moteur en vol, mais sans succès.

Pendant la descente, le pilote de sécurité garde une vitesse de 60 kt jusqu'à l'arrondi (*flare*) à une hauteur d'environ 2 m du sol. A faible vitesse l'autogire touche le sol et s'immobilise après une dizaine de mètres dans un champ (voir figure 1).

Les deux pilotes sortent indemnes de l'autogire. Ce dernier n'a subi aucun dommage suite à l'atterrissage d'urgence.



Figure 1: l'autogire HB-WGA sans bouchon de réservoir (cercle jaune) après l'atterrissage d'urgence, environ 1 km à l'ouest de l'aérodrome d'Ecuvillens (LSGE) vue en direction du nord.

1.1.4 Evénements après l'atterrissage d'urgence

Aucune fuite de carburant ou d'huile n'est constatée ; les bacs de collection de fuite en dessous des carburateurs ne contiennent pas de trace de fuite d'essence. Le niveau de liquide de refroidissement est correct et il se trouve environ 30 l de carburant dans le réservoir. Les pilotes constatent que le bouchon de réservoir est manquant. Selon l'avis des pilotes il se peut que celui-ci n'ait pas été verrouillé correctement. Au sol, une dernière tentative de démarrage reste sans succès.

1.2 Conditions météorologiques

1.2.1 Situation météorologique générale

Une haute pression s'étend du golfe de Gascogne à l'Europe centrale. Une crête s'élargit du Golfe de Gascogne au sud des Baltiques et soutient l'influence de la haute pression.

1.2.2 Situation météorologique sur les lieux et à l'heure de l'incident grave

Le ciel était clair et sans nuage avec une bise modérée sur le plateau.

Nuages	Aucun
Visibilité	17 km
Vent au sol	040 degrés, 11 kt
Température / point de rosée	15 °C / 9 °C
Pression atmosphérique (QNH)	1026 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée selon l'atmosphère standard de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)
Dangers	Turbulences de Bise

1.2.3 Données astronomiques

Position du soleil	Azimut: 103°	Hauteur: 41°
Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.3 Renseignements sur l'aéronef

1.3.1 Renseignements généraux

Immatriculation	HB-WGA
Type d'aéronef	M16 « Tandem Trainer »
Caractéristiques	Monomoteur biplace, structure en acier avec demi-carénage d'une combinaison de fibre de verre et de toile de carbone, avec un train d'atterrissage tricycle fixe et une hélice tripale (<i>pusher</i>)
Constructeur	Magni Gyro SRL, Provincia di Varese, Italie
Année de construction	2016
Propriétaire et exploitant	AlpinAirPlanes GmbH, route de l'Aérodrome 19, 1730 Ecuwillens
Moteur	Constructeur: BRP Rotax GmbH & Co.KG, 4623 Gunskirchen (Autriche) Type : Rotax 914 UL2, Caractéristiques: 4 cylindres opposés horizontalement, configuration "Boxer", avec culasses à refroidissement liquide et cylindres à refroidissement à air, équipé d'un turbocompresseur et deux pompes électriques de carburant. Puissance au décollage: maximum 5 minutes, 84 kW (115 HP) à 5800 RPM Puissance en continu: 73 kW (100 HP)

Hélice	Airplast Hélice Sarl Eco GL3 Light
Masse maximale autorisée	450 kg
Masse maximale selon le manuel de vol du constructeur	500 kg
Masse et centre de gravité	La masse et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites par le manuel de vol (<i>flight manual</i>).
Type de carburant utilisé	Essence automobile sans plomb 98 qui était conforme aux spécifications.
Capacité totale du réservoir	55 litres
Catégorie	VFR ⁴ de jour

1.3.2 Description des carburateurs

Les carburateurs sont alimentés avec une pression de carburant réglée par un régulateur qui maintient la pression de carburant 0.25 bar en dessus de la pression atmosphérique. La pression atmosphérique de référence est prélevée dans l'Airbox qui se situe à l'entrée d'air des carburateurs

L'air se situant dans les cuves des carburateurs est aussi régulé par une électrovanne à 2 voies commandée par le *Turbo Control Unit* (TCU). La pression dans les cuves doit correspondre à la pression atmosphérique à l'entrée des carburateurs.

1.3.3 Système FlyDat

L'aéronef est équipé d'un FlyDat. Le FlyDat a été développé spécialement pour les moteurs Rotax pour l'indication et l'acquisition des données d'exploitation du moteur.

Les données sont en permanence comparées aux limites d'exploitation spécifiées par le constructeur. Lorsque ces limites sont dépassées, le pilote sera averti par des avertissements ou des alarmes (voir figures 2 et 3).



Figure 2: exemple d'un écran du FlyDat

Display field	Unit	Warn limit	Alarm limit
Engine speed	rpm	5800	6000
Exhaust gas temp.	°C	950	1000
Cylinder head temp.	°C	135	150
Oil temperature	°C	130	145
Oil pressure max.	bar	6,0	8,0
Oil pressure min.	bar	2,0	1,0

Figure 3: limites des avertissements et d'alarmes du FlyDat

⁴ VFR: *Visual Flight Rules*, règles de vol à vue

Il est possible de télécharger les données enregistrées pendant le vol (voir figure 4). Les enregistrements du FlyDat montrent que les températures d'échappement des cylindres 1 et 3, alimentés par le carburateur de droite environ 30 secondes avant la panne, subissent une augmentation puis une brusque diminution de température par rapport aux deux cylindres opposés.

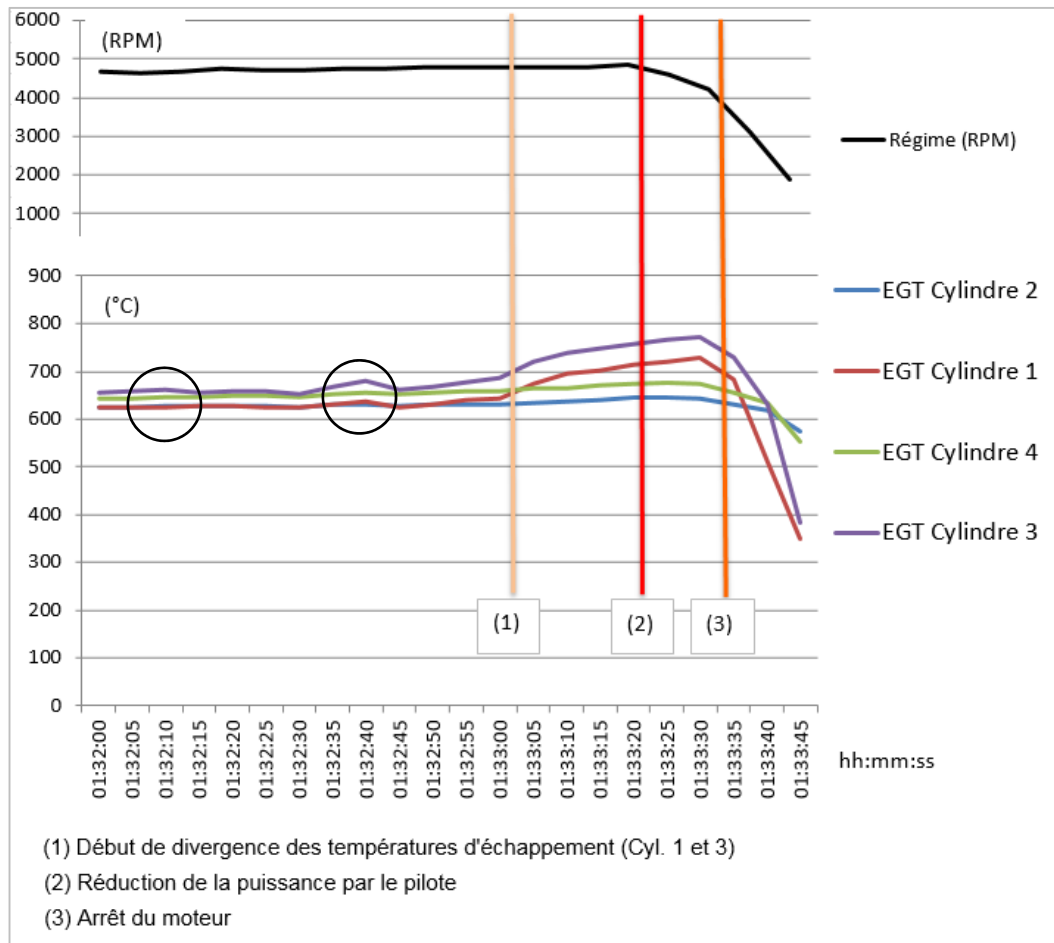


Figure 4: données du FlyDat montrant les températures d'échappement (*Exhaust Gas Temperatures* – EGT) avec des oscillations (cercles noirs) et le régime du moteur environ 1.5 minute avant la panne moteur.

1.4 Enquête approfondie

1.4.1 Système de carburation

A l'exception du bouchon de réservoir manquant lors de l'atterrissage d'urgence, aucune anomalie n'a été constatée sur le système de carburation allant du réservoir aux carburateurs inclus. L'absence de bouchon n'a pas joué de rôle dans la survenue de l'incident grave.

Aucune fuite ni conduite endommagée n'ont été constatées. Les cuves des deux carburateurs étaient propres à l'exception d'un petit corps étranger collé dans le fond du carburateur droit alimentant les cylindres 1 et 3. Le filtre à carburant était propre.

Lors du contrôle de synchronisation des deux carburateurs un ajustement minime a été effectué sur le carburateur de droite n'ayant aucune influence sur la raison de l'arrêt du moteur en vol.

Les carburateurs (voir chapitre 1.3.2) ont été démontés et contrôlés sur place et tous les réglages se trouvaient dans les limites du constructeur.

Le régulateur de pression de carburant (voir chapitre 1.3.2) a été démonté et envoyé en test. Les tests simulant la plage de pression ambiante correspondant aux conditions atmosphérique au moment du vol et de l'arrêt moteur n'ont montré aucune anomalie du régulateur de pression.

La commande du starter (*choke*) a été contrôlée et trouvée en état de fonctionnement. Des actions sur le *choke*, moteur à pleine puissance ou au ralenti, n'ont pas permis de faire caler le moteur à froid comme à chaud avec des variations rapides ou lentes sur le levier de puissance.

Les deux pompes à essence fonctionnaient parfaitement et délivraient la pression nécessaire au bon fonctionnement du moteur.

Des essais du moteur entre 1800 et 5500 RPM ont été effectués et le moteur répondait correctement aux différents changements de régime.

A 4100 RPM, ce qui correspondrait au régime affiché au moment de l'arrêt du moteur, une seule pompe à essence a été coupée et le moteur a continué à fournir les régimes demandés. Après avoir coupé la deuxième pompe, le régime moteur a commencé à fluctuer quelques secondes plus tard, mais le moteur ne s'est pas arrêté. Dès la réduction de régime, le moteur s'est arrêté brusquement.

1.4.2 Système d'allumage

Les bougies étaient noircies mettant en évidence une carburation trop riche pendant leur opération avant l'arrêt du moteur.

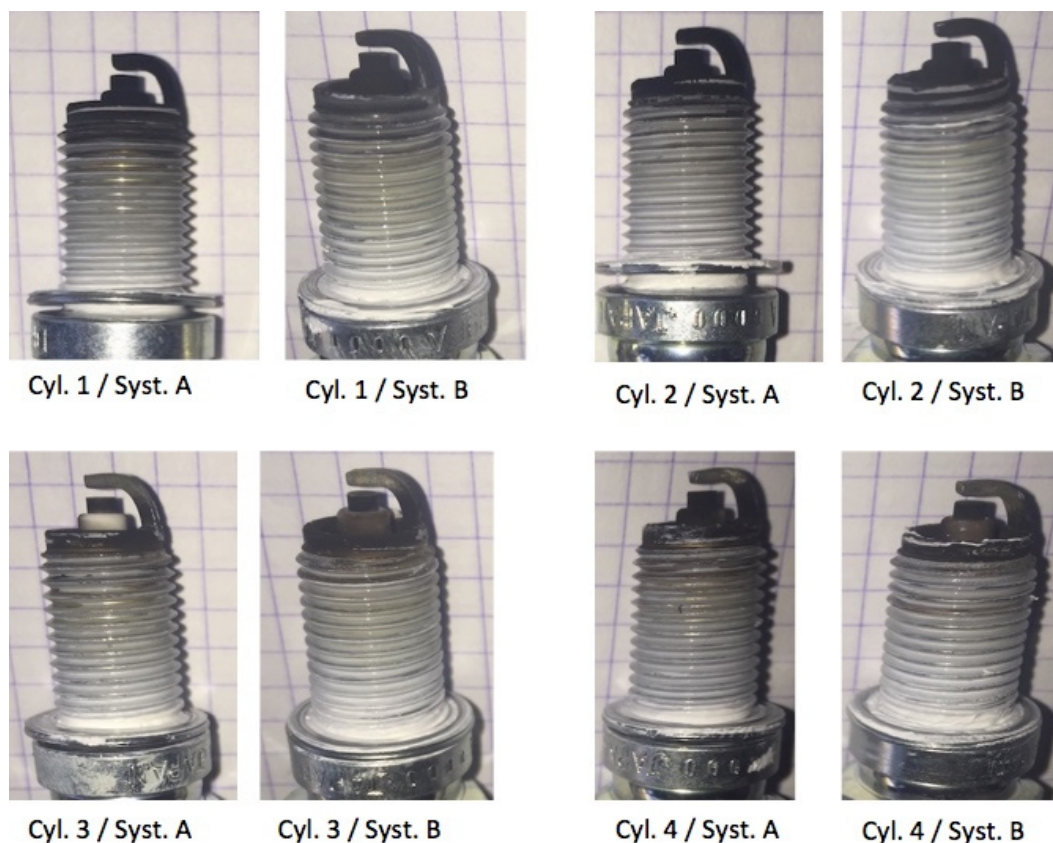


Figure 5: les bougies du moteur de l'autogire HB-WGA, légèrement noircies.

Les deux systèmes d'allumage ont une alimentation électrique séparée ; ils fonctionnaient parfaitement et aucune autre anomalie n'a été découverte.

1.4.3 Système de lubrification

Le réservoir d'huile contenait 0.5 litre au-dessus du maximum qui est de 3.5 litres.

Le détecteur magnétique de particules métalliques contenait quelques particules considérées comme normales pour un moteur neuf.



Figure 6: détecteur magnétique du moteur HB-WGA avec des particules métalliques.

Aucune autre anomalie n'a été découverte sur le système de lubrification.

1.4.4 Etat général du moteur

L'état général externe du moteur était correct. Toutes les conduites de pressions référentielles ainsi que les conduites de carburant pression et retour étaient en position et non compressées. Le moteur était propre, exempt de quelconque fuite ou dommage extérieur.

Les mesures des compressions des cylindres étaient correctes.

Le moteur a redémarré normalement le 19 juillet 2016 sans aucune action de maintenance.

1.4.5 Système électrique

Aucune anomalie n'a été observée sur le système électrique de l'appareil ayant une influence sur l'arrêt du moteur. Cependant, l'analyse du système électrique a démontré un manque de redondance dans sa distribution. Ainsi, une perte de l'alimentation électrique des pompes à carburant peut intervenir ce qui provoque l'arrêt du moteur. Pour cette raison, le SESE a issu la recommandation de sécurité n° 511 dans le rapport intermédiaire du 14 juillet 2016 concernant l'accident de l'avion DynAero MCR-ULC, immatriculé HB-WAR.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête approfondie a relevé que les bougies étaient noircies mettant en évidence une carburation trop riche pendant son fonctionnement avant la panne du moteur. Les tentatives de redémarrage au cours du vol et au sol après l'atterrissage d'urgence, sont restées sans succès. Cependant, le moteur a redémarré normalement trois jours plus tard sans aucune action de maintenance. Ces éléments permettent de conclure que le moteur s'est noyé en vol.

Entre la fin du vent arrière et le début de la base, le diagramme (voir figure 4) montre que les températures d'échappement (*Exhaust Gas Temperature – EGT*) des cylindres 1 et 3 s'élèvent par rapport à celles des cylindres 2 et 4 ce qui indique un appauvrissement de la carburation momentanée. Cela permet de déduire que le moteur s'est arrêté suite à une anomalie d'alimentation en carburant lors de la réduction de puissance.

Comme mentionné au chapitre 1.4.1, un petit corps étranger se trouvait dans le carburateur droit, laissant supposer que d'autres particules solides pouvaient s'y trouver pendant le vol et pourraient avoir engendré un dysfonctionnement du carburateur alimentant les cylindres 1 et 3.

Selon le pilote, le message « *low power* » s'est affiché sur le FlyDat lors de la réduction du régime moteur. Ceci signifie que son alimentation électrique se trouvait en dessous de la plage de fonctionnement des 10 V. L'enquête n'a pas pu déterminer l'origine de ce message.

2.2 Aspects opérationnels et humains

A la fin du vent arrière, le pilote a tourné à gauche pour rejoindre la base et a réduit le régime moteur vers 4100 RPM afin d'initier la descente. Lorsque le pilote a constaté l'arrêt du moteur et informé le pilote de sécurité à ce sujet, l'autogire s'est trouvé à une hauteur de moins de 1000 ft. La reprise immédiate des commandes de l'autogire et l'initiation d'un atterrissage d'urgence par le pilote de sécurité étaient adaptées à la situation.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'appareil était admis à la circulation VFR.
- Un vol d'essai ainsi qu'un test de fonction de tous les systèmes ont été effectués le 5 juillet 2016 par le constructeur en Italie.
- La masse et le centre de gravité se trouvaient dans les limites prescrites par le manuel de vol du constructeur.
- Le moteur fait état d'une carburation trop riche pendant une plus longue période de son fonctionnement avant la panne du moteur. L'augmentation de la température des gaz d'échappement des cylindres 1-3 indique un appauvrissement de la carburation momentanée précédant environ les 30 secondes avant la panne du moteur.

3.1.2 Aspects humains

- Les documents fournis indiquent que le pilote et le pilote de sécurité étaient titulaires de licences adéquates.
- Aucun élément n'indique que le pilote ou le pilote de sécurité aient été affectés dans leur état de santé lors de la survenue de l'incident grave.

3.1.3 Déroulement de vol

- Le matin du 16 juillet 2016 le pilote et un pilote de sécurité se sont rencontrés vers 9 heures à l'aérodrome d'Ecuvillens (LSGE) pour effectuer un premier vol d'entraînement.
- Le but était la mise en service de l'aéronef selon les directives du constructeur et d'effectuer des circuits d'aérodrome afin d'entraîner les atterrissages.
- Après le décollage et avoir atteint l'altitude du circuit d'aérodrome, le pilote réduit le régime moteur à 4600 RPM en gardant une vitesse d'environ 85 kt.
- A la fin du vent arrière, le pilote tourne à gauche pour rejoindre la base et réduit le régime moteur vers 4100 RPM afin d'initier la descente.
- A ce moment-là, il s'aperçoit que le Rotax FlyDat indique « *low power* ».
- Le pilote constate que le moteur s'est arrêté.
- Trois tentatives de démarrage du moteur en vol sont restées sans succès.
- L'équipage a effectué un atterrissage d'urgence dans un champ situé à proximité de la finale de la piste 09.
- Les deux pilotes sortent indemnes de l'autogire. Ce dernier ne subit aucun dommage.

3.1.4 Conditions cadres

- Les conditions météorologiques n'ont pas joué de rôle dans le déroulement de l'incident grave.

3.2 Causes

L'incident grave est dû à une panne de moteur suite au noyage des cylindres.

La raison pour laquelle le moteur s'est noyé est vraisemblablement due à la présence de résidus solides dans un des deux carburateurs.

- 4 Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'incident grave**
- 4.1 Recommandations de sécurité**
Aucune
- 4.2 Avis concernant la sécurité**
Aucun
- 4.3 Mesures adoptées depuis l'incident grave pour améliorer la sécurité**
Aucune

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

Berne, 7 novembre 2017

Service suisse d'enquête de sécurité