



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° 2357 du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'accident de l'avion
Glasair RG, HB-YEA,

survenu le 20 septembre 2015

à Kölliken, commune de Kölliken / AG

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 accident.

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'accident.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) qui au moment où s'est produit l'accident correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*central european summer time* – CEST). La relation entre LT, CEST et l'heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC) est : LT = CEST = UTC + 2 h.

Rapport final

Type d'aéronef Glasair RG, construction amateur (*homebuilt*) HB-YEA

Exploitant Privé

Propriétaires Privés

Pilote Citoyen suisse, né en 1945

Licence Pilote privé d'avions (*private pilot license – PPL(A)*) selon l'Agence européenne de la sécurité aérienne (*European Aviation Safety Agency – EASA*), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)

Heures de vol	total	3154 h	au cours des 90 derniers jours	3:55 h
	sur le type en cause	614 h	au cours des 90 derniers jours	3:55 h

Lieu Suhrentalstrasse, Kölliken / AG

Coordonnées	645 715 / 242 469 (Swiss Grid 1903) N 47° 19' 53" / E 008° 02' 36" (WGS 84)	Altitude	436 m 1430 ft
--------------------	--	-----------------	------------------

Date et heure 20 septembre 2015, 12 h 03 min

Type de vol Privé, selon les règles de vol à vue (*visual flight rules – VFR*)

Phase de vol Atterrissage d'urgence en campagne

Nature de l'accident Collision avec un obstacle et incendie

Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	1	0	1	0
Graves	0	0	0	1
Légères	0	0	0	0
Aucune	0	0	0	Sans objet
Total	1	0	1	1

Dommages à l'aéronef Détruit

Autres dommages Voiture détruite, glissière de sécurité, pollution du sol en raison de l'incendie et de la fuite d'hydrocarbures

1 Renseignements de base

1.1 Dérroulement du vol

1.1.1 Généralités

Les informations contenues dans ce rapport sont basées sur les relevés radar et les dépositions de divers observateurs.

1.1.2 Historique

L'avion HB-YEA était enregistré dans le registre matricule suisse des aéronefs comme construction amateur (*homebuilt*). Le premier propriétaire a débuté sa construction en octobre 1987 et a terminé celle-ci en mai 1989.

Le moteur installé dans le HB-YEA a été construit en 1968. En décembre 1986, après 1873 h TSN¹ d'utilisation, il a subi une révision majeure (*major overhaul*) chez le constructeur du moteur. Ceci a permis la remise à zéro de son potentiel d'utilisation (0:00 h TSO²). En février 1987, le moteur a été importé en Suisse puis installé sur le HB-YEA en décembre 1988. L'exploitation de l'avion par son constructeur a débuté en mai 1989.

En 1999, l'avion a changé de propriétaires. Le nouveau copropriétaire était également le pilote lors de l'accident faisant l'objet de ce rapport. En outre, il en était l'unique exploitant.

1.1.3 Faits antécédents

Le matin du 20 septembre 2015, le pilote a effectué un vol de Granges (LSZG) à Triengen (LSPN) avec le HB-YEA. Il a avitaillé l'avion avec 72 litres d'AVGAS 100LL avant le départ. Le vol a duré 21 min et le pilote n'a pas inscrit de déféctuosité dans le carnet de route de l'avion après l'atterrissage à Triengen.

1.1.4 Le vol au cours duquel s'est produit l'accident

Le 20 septembre 2015 à 11 h 55 min, l'avion Glasair RG immatriculé HB-YEA décolle de la piste 33 de Triengen. Le pilote est seul à bord et désire se rendre à Granges. Trois minutes après le décollage, le HB-YEA vole en direction du nord. Il maintient l'altitude de 2800 ft QNH et sa vitesse sol est de 148 kt (voir figure 1). A 11 h 59 min 40 s, il survole l'autoroute A1 à l'ouest de Muhen / AG, vire vers l'ouest et maintient une altitude de 3000 ft QNH. Sa vitesse sol est alors de 156 kt.

Environ 15 s plus tard, le pilote tourne à gauche et prend la direction du sud. Il garde cette direction durant 15 s puis vire plus à gauche au cap 120°. A 12 h 00 min 30 s, toujours au cap 120°, le HB-YEA se trouve à 2600 ft QNH et sa vitesse sol est de 124 kt. Quelques secondes plus tard, le pilote vire à nouveau à gauche et l'avion se dirige vers le nord-est puis vers le nord. A 12 h 01 min 11 s l'altitude du HB-YEA est de 2100 ft QNH, soit environ 700 ft au-dessus du sol et sa vitesse sol est de 99 kt. Une personne « A » circulant sur la Suhrentalstrasse depuis Obereinfeld observe le HB-YEA volant en direction du nord et voit de la fumée blanche qui s'échappe de l'avion. Une personne « B », également au sol, entend que le moteur a des ratés, observe de la fumée noire et voit ensuite l'avion exécuter un virage à gauche en descente rapide. A 12 h 01 min 58 s, l'avion se trouve au sud de l'autoroute A1 à environ 300 ft au-dessus du sol. Le vol est stabilisé vers

¹ TSN : *time since new*, temps d'utilisation depuis neuf

² TSO : *time since overhaul*, temps d'utilisation depuis révision

l'est, la vitesse sol est stable à 83 kt. La personne « B » constate qu'après ce dernier virage à gauche le moteur s'arrête et l'avion s'apprête à atterrir. Elle se rend en voiture vers le lieu présumé d'atterrissage pour porter secours.

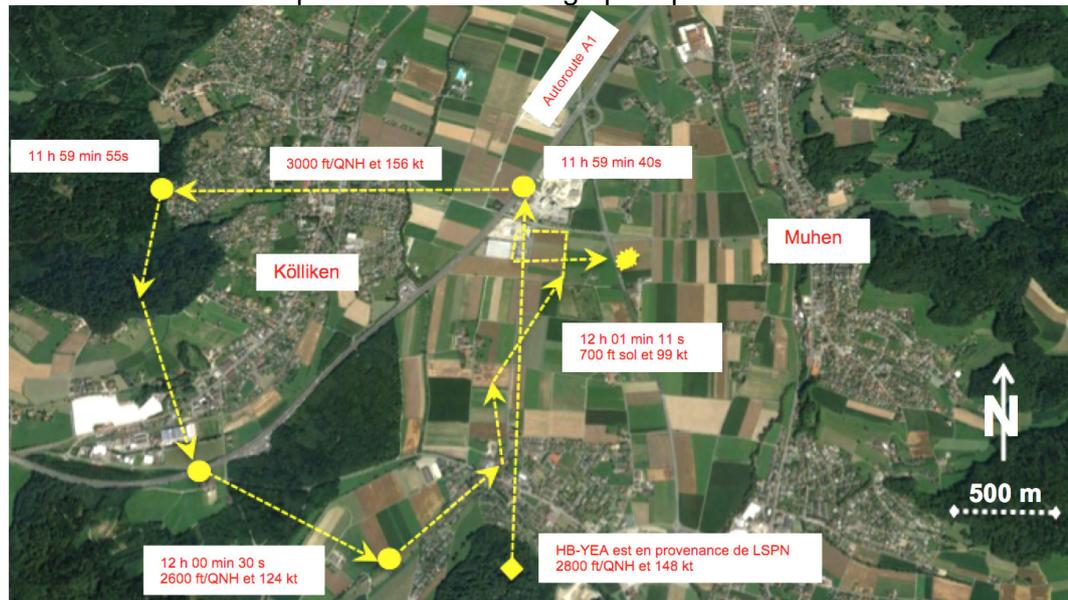


Figure 1 : illustration des trois dernières minutes de vol

A 12 h 03 min, le pilote atterrit dans un champ herbeux orienté vers l'est et l'avion roule sur environ 55 m avant de croiser un chemin asphalté. Lors de ce croisement, l'avion quitte le sol puis reprend contact avec celui-ci après une distance d'environ 50 m. Il roule à nouveau sur une vingtaine de mètres puis survole perpendiculairement la glissière de sécurité bordant le côté ouest de la Suhrentalstrasse. Les trois roues du train d'atterrissage sont arrachées au passage de la glissière.

Immédiatement après, le bord d'attaque gauche percute le flanc gauche d'une voiture circulant sur cette route en direction du nord. Suite au choc, la voiture effectue un demi-tour et un demi-tonneau puis s'immobilise sur le bord droit de la chaussée. Après avoir percuté la voiture, le HB-YEA effectue une rotation d'environ 200 degrés selon son axe de lacet et s'immobilise à une quinzaine de mètres de la route. Un incendie se propage rapidement et le pilote tente de s'extraire du cockpit.

Peu après, la personne « A » s'arrête et tire le pilote hors du cockpit. Le pilote lui explique avoir eu un problème avec le moteur. D'autres observateurs de la scène de l'accident s'arrêtent également. Ils aident la conductrice blessée, unique occupante, à s'extraire de la voiture renversée.

Alertés par divers observateurs, la police, les secours et les pompiers arrivent rapidement sur place. Les pompiers parviennent à maîtriser l'incendie. Le pilote est emmené par la Rega³ à l'hôpital universitaire de Zurich. La conductrice est emmenée en ambulance à l'hôpital cantonal d'Aarau.

Après l'accident, le pilote explique à ses proches que le moteur a commencé à brûler. Le pilote décède le soir même suite à ses blessures.

Le sol est pollué par les résidus de l'incendie et par l'écoulement d'hydrocarbures.

³ Rega : garde aérienne suisse de sauvetage

1.2 Conditions météorologiques

1.2.1 Situation générale

La Suisse se trouvait en bordure d'une zone de haute pression centrée sur la Normandie. En altitude, un faible temps de traîne s'étendait de la France jusqu'aux Alpes.

1.2.2 Conditions météorologiques à l'endroit et au moment où s'est déroulé l'accident

Temps	sec avec couverture nuageuse de 6/8	
Nuages	4/8 de cumulus à 3600 ft über Grund AGL ⁴ 3/8 d'altocumulus à 13 800 ft AGL	
Visibilité	20 km	
Vent	360° / 2 kt	
Température et point de rosée	15 °C / 10 °C	
Pression atmosphérique (QNH)	1025 hPa (pression réduite au niveau de la mer, calculée selon l'atmosphère standard de l'aviation civile internationale (OACI))	
Dangers	aucun	

1.2.3 Données astronomiques

Position du soleil	Azimut : 153°	Hauteur : 41°
Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.3 Renseignements sur l'aéronef

1.3.1 Généralités

Le HB-YEA était une construction amateur (*homebuilt*) réalisée par le premier propriétaire. Les travaux ont débuté en 1986 et se sont terminés en 1989 par l'inscription de l'avion dans le registre matricule suisse des aéronefs. La construction a été effectuée dans le cadre de l'association (*Experimental Aviation of Switzerland – EAS*) à qui l'OFAC a délégué la certification (développement et construction) des aéronefs *homebuilt*. L'entretien de ces aéronefs est resté sous la supervision de l'OFAC.

Immatriculation	HB-YEA
Type d'aéronef	Glasair RG
Catégorie d'utilisation	VFR de jour
Caractéristiques	Avion monomoteur, biplace côte à côte, à aile basse, de construction composite en kit, avec train d'atterrissage rétractable à roue de pouce et volets de courbure. Le train d'atterrissage est commandé électriquement et actionné hydrauliquement. Les volets de courbure sont à commande manuelle.
Constructeur	Construction amateur (<i>homebuilt</i>)

⁴ AGL : *above ground level*, hauteur au-dessus du sol

Année de construction	1989
Moteur	Constructeur : Lycoming Engines, USA Type : IO 360-B1E-X (<i>Experimental</i>), 4 cylindres, boxer à injection, puissance maximale 180 HP (132 kW) à 2700 RPM ⁵
Hélice	Bipale métallique à pas variable
Equipement	Instrumentation VFR
Heures d'exploitation	Cellule : 1221:18 h TSN Moteur : 3094:18 h TSN, 1221:18 TSO
Masses maximales autorisées	862 kg
Masse et centrage	La masse et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites.
Autorisation de vol / <i>permit to fly</i> (PTF)	Délivré par l'OFAC le 29 juillet 2009, valable jusqu'à nouvel ordre. Attestation d'examen complémentaire effectué par l'OFAC le 22 avril 2015 à 1201:30 h TSN cellule, expiration de la validité le 28 avril 2017.
Entretien et contrôles techniques	L'exploitant était autorisé par l'OFAC à effectuer certains travaux d'entretien régulier du HB-YEA. Le dernier contrôle annuel, cellule et moteur, a été effectué par l'exploitant le 28 mars 2015 à 1197:53 h TSN cellule. L'inspection spécifique du moteur selon la directive de l'OFAC CT 02-020-35 pour l'extension du potentiel recommandé (TBO ⁶), exploitation calendaire, a été effectuée le 28 juillet 2015 à 1214:34 h TSO, partiellement par une entreprise de maintenance agréée ainsi que par l'exploitant de l'aéronef.
Restrictions techniques	Aucune
Historique du moteur	Voir chapitre 1.4
Réserve de carburant	Il n'a pas été possible de reconstituer précisément la quantité de carburant emportée. La quantité de carburant embarquée était au moins de 50 l d'AVGAS, ce qui était suffisant pour le vol projeté.

1.3.2 Système de carburant

Le carburant du HB-YEA était contenu dans l'aile, construite d'une pièce. L'avion avait un réservoir principal (*main tank*) de 152 l et deux réservoirs auxiliaires (*auxiliary tanks*) de 22 l chacun. Ces réservoirs étaient constitués par le volume compris

⁵ RPM : *revolution per minute*, tour par minute

⁶ TBO : *time between overhaul*, temps d'utilisation entre révisions

entre le bord d'attaque et le longeron principal de l'aile. Le réservoir principal occupait les deux tiers centraux de l'envergure. Les deux réservoirs auxiliaires se trouvaient aux extrémités de l'aile. Un système de pompes électriques permettait le transfert du carburant depuis les réservoirs auxiliaires vers le réservoir principal.

L'alimentation en carburant du moteur était faite depuis un captage situé au point bas du réservoir principal. La conduite partant de ce point bas alimentait en série les éléments suivants : le sélecteur d'essence, le filtre à carburant (*gascolator*), les pompes à essence électriques, la pompe à essence mécanique et finalement le système d'injection du moteur.

1.3.3 Manuel de vol

En cas d'approche avec le moteur arrêté, le manuel de vol recommande de garder une vitesse de vol comprise entre 78 et 86 kt durant toute l'approche. En outre il recommande d'effectuer une approche similaire à un circuit d'aérodrome.

Selon le manuel de vol, avec le pilote seul à bord, la distance de roulage à l'atterrissage est d'environ 320 m sur une piste en herbe sèche. Cette distance est obtenue par vent faible, avec une température de 12°C et à une altitude de 400 m au-dessus du niveau de la mer.

1.3.4 Potentiels du moteur et prolongation

Le moteur installé sur le HB-YEA avait un potentiel d'utilisation limité à 2000 h ou 12 années calendaires.

Certains utilisateurs de moteurs ayant atteint la limite calendaire alors que le potentiel horaire restant était encore élevé ont obtenu une dérogation à cette limite calendaire afin de retarder le remplacement ou la révision majeure du moteur. Cette dérogation est règlementée dans la directive CT⁷ 02.020-35, publiée par l'OFAC.

Dans le cas du HB-YEA, l'OFAC a accordé une telle dérogation à l'exploitant jusqu'en l'an 2022 ou jusqu'à 2000 h TSO, sous réserve d'inspections spécifiques supplémentaires. Celles-ci doivent être attestées par un organisme de maintenance ou du personnel d'entretien agréé. Ces inspections spécifiques étaient contenues dans le programme d'entretien. La procédure pour effectuer ces inspections a été établie par l'EAS et acceptée par l'OFAC. Ce programme d'entretien prévoyait une inspection spécifique initiale et établissait un calendrier pour les suivantes. L'inspection initiale contenait, entre autres, une analyse de l'huile du moteur et le démontage de deux cylindres diagonalement opposés. Ceci afin de procéder à une inspection par boroscopie de l'intérieur des cylindres ainsi qu'à une inspection visuelle de toutes les parties visibles du vilebrequin, des commandes de soupapes, comme par exemple l'arbre à cames et les poussoirs. Cette inspection avait pour but de déceler des traces de corrosion et d'usure.

⁷ CT : communication technique

1.4 Informations complémentaires et historique du moteur

La chronologie des faits marquants concernant le moteur depuis sa construction jusqu'à l'accident a pu être établie comme suit :

1968	Fabrication du moteur
De 1968 à 1986	Exploitation du moteur durant 1873 h
Décembre 1986	Révision majeure chez Lycoming
Février 1987	Importation en suisse
Décembre 1988	Installation sur le HB-YEA à 1873:00 h TSN / 0:00 h TSO
Mai 1989	Début de l'exploitation du HB-YEA
5 juillet 2001	Réparation du cylindre n°2 par une entreprise de maintenance agréée à 2606:49 h TSN / 733:49 h TSO
8 Mai 2007	Décertification du moteur par l'EAS et inscription de celui-ci comme moteur « Expérimental » dans les documents techniques de l'aéronef à 2825:37 h TSN / 951:37 h TSO
De juin 2007 à mars 2015	Contrôles et travaux d'entretien réguliers effectués par l'exploitant
29 juin 2015	Autorisation de l'OFAC pour un dépassement de la limite de potentiel jusqu'à 2000 h TSO ou jusqu'au 31 décembre 2022 à 3080:29 h TSN / 1207:29 h TSO, sous réserve de l'application du programme d'entretien et des inspections spécifiques établis par l'EAS et accepté par l'OFAC
28 Juillet 2015	Attestation de l'inspection spécifique initiale selon le programme d'entretien établi par l'EAS, incluant une inspection par boroscopie pour la prolongation du TBO calendaire à 3087:34 TSN / 1214:34 h TSO. Les cylindres n°2 et n°3 ont été partiellement retirés pour cette inspection. Ces travaux ont été effectués par une entreprise de maintenance agréée ainsi que par l'exploitant. Cette inspection devait être renouvelée à la même date l'année suivante.

1.4.1 Révision majeure de décembre 1986

Le constructeur du moteur fixe dans sa documentation la liste des éléments qui doivent être inspectés et remplacés, notamment les paliers ayant subi une usure importante causée par le fonctionnement du moteur. Les paliers de bielle en font partie. Le constructeur définit les éléments à remplacer indépendamment de leur état général. Les biellets n'en font pas partie. Certaines pièces ayant subi de l'usure mais n'ayant pas de paliers ou parties remplaçables peuvent être réusinées / réinstallées après inspection, pour autant que la cote finale soit encore dans la tolérance prescrite. Ceci s'applique typiquement aux manetons du vilebrequin.

L'enquête n'a pas réussi à déterminer si les biellets avaient été remplacés lors de la révision majeure. Il apparaît peu probable qu'elles aient été changées lors de cette révision. En effet, les biellets ont des paliers remplaçables aux deux extrémités. Elles ne font pas partie des éléments à remplacer indépendamment de leur état général. Par contre, il a été établi que les biellets n'ont pas été remplacés depuis cette révision.

1.5 Renseignements sur le lieu de l'accident

L'atterrissage d'urgence a eu lieu dans un champ herbeux se trouvant au sud de la gravière située entre l'autoroute A1 et la Suhrentalstrasse (figure 4). Il est orienté vers l'est et un chemin asphalté délimite son côté est. Le raccord entre le champ et le chemin présentait une légère pente montante, agissant comme un tremplin lors de son passage. Un deuxième champ herbeux se trouve entre le chemin asphalté et la glissière de sécurité bordant le côté ouest de la Suhrentalstrasse. Une ligne à haute tension borde également le côté ouest de cette route.

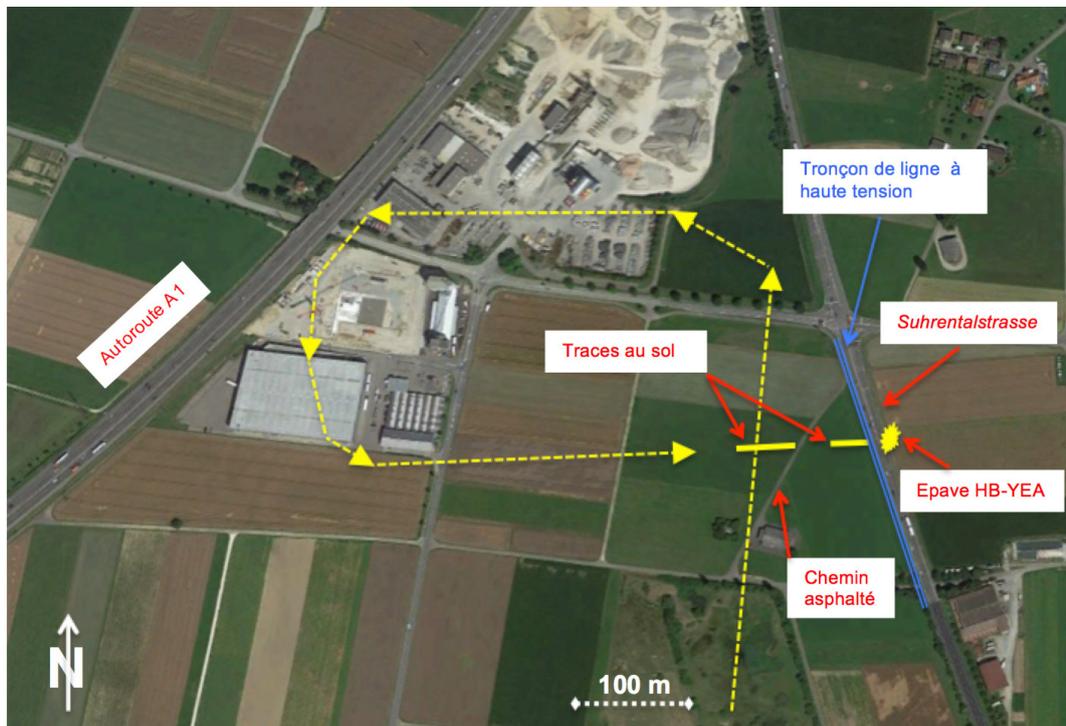


Figure 4 : trajectoire d'approche et lieu d'atterrissage

1.6 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.6.1 Constatations faites sur l'épave

Le fuselage et l'habitacle du HB-YEA ont été détruits par l'incendie. Le compartiment du moteur a subi d'importants dommages. Le déroulement de l'accident et le témoignage du pilote permettent d'établir que l'avion était normalement manœuvrable et que le train d'atterrissage ainsi que les volets de courbure étaient sortis. Les dommages constatés sur l'hélice indiquent que le moteur était arrêté lors de l'atterrissage d'urgence. Chaque réservoir auxiliaire contenait encore 8 à 10 litres d'essence.

Les dégâts causés par l'impact avec la voiture puis par l'incendie n'ont pas permis de vérifier la position de l'interrupteur électrique principal. Des fils électriques ont été arrachés, notamment celui reliant la batterie au relais électrique principal situé en haut à gauche de la cloison pare-feu.

1.6.2 Impact avec la glissière de sécurité

L'avion a quitté le sol juste avant de survoler et de toucher la glissière de sécurité bordant le côté ouest de la Suhrentalstrasse. Les trois roues ont été arrachées et les ancrages au sol de la glissière de sécurité, construits en acier, ont été fortement déformés.

1.6.3 Impact avec la voiture

Le bord d'attaque gauche de l'avion a percuté le flanc gauche de la voiture. L'impact a partiellement désolidarisé l'aile du fuselage et endommagé le bord d'attaque gauche.

Les déformations de la carrosserie métallique de la voiture étaient importantes. L'impact a provoqué le demi-tour de la voiture ainsi que son renversement sur le toit.

1.6.4 Incendie

Après l'accident, le pilote a déclaré que le moteur avait commencé à brûler. Le feu s'est rapidement étendu à la cellule. Le compartiment moteur et les éléments extérieurs du moteur ayant subi des dégâts par le feu ont été examinés et les dépôts de combustion retrouvés ont été analysés. Ceci n'a pas permis de déterminer précisément la chronologie de l'incendie. Les observateurs mentionnent de la fumée blanche en vol et de la fumée noire peu avant l'atterrissage. La combustion d'hydrocarbure ou de fibres de verre encollées peut produire de la fumée noire.

L'analyse des dépôts de combustion, les déformations de certains éléments en aluminium ont permis d'établir que la partie gauche du compartiment moteur a subi une température plus haute que la partie droite. La partie supérieure du *gascolator*, situé dans la partie gauche du compartiment moteur, était partiellement fondu, créant une fuite d'essence. Des projections d'aluminium fondu sur des parties métalliques avoisinantes attestent d'une pression dans le circuit d'essence, probablement due au fonctionnement de la pompe à essence électrique.

Le choc avec la voiture a brisé le réservoir principal au niveau du bord d'attaque gauche et partiellement désolidarisé l'aile du fuselage, ce qui a libéré du carburant et a accéléré la propagation de l'incendie.

1.6.5 Emetteur de localisation d'urgence

L'avion était équipé d'un émetteur de localisation d'urgence. Il s'est enclenché lors de l'impact puis s'est arrêté au cours de l'incendie.

1.7 Expertise du moteur

1.7.1 Premières constatations

Le moteur a subi de gros dégâts mécaniques internes. La bielle n°3, détachée du vilebrequin et du piston correspondant, a été retrouvée dans le puisard contenant l'huile de lubrification du moteur (figure 2). Cette bielle a subi de fortes déformations. Le demi-palier inférieur du pied de bielle était également séparé. Il est normalement maintenu en place par deux boulons traversant des bossages aux extrémités du pied de bielle. Un de ces deux boulons était rompu. L'autre était en place mais le bossage d'attache correspondant était cassé (figure 3). L'axe du piston n°3 ainsi que les 2 bossages contenant les paliers de cet axe ont été retrouvés dans le puisard. Le piston n°3 n'était pas grippé dans le cylindre. Le puisard était fissuré à plusieurs endroits et les 2 demi-carters du moteur étaient perforés.

Aucune anomalie n'a été constatée sur la pompe à huile et les conduits de lubrification ne présentaient pas de défauts.

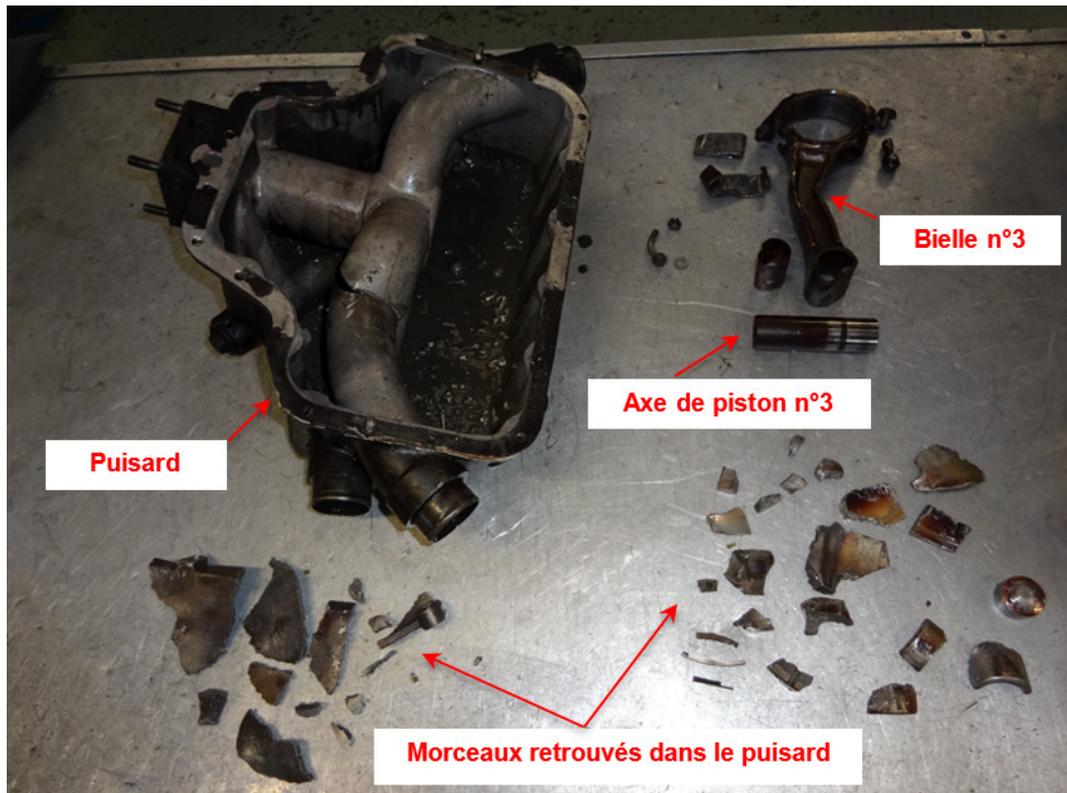


Figure 2 : puisard du moteur avec divers éléments retrouvés à l'intérieur

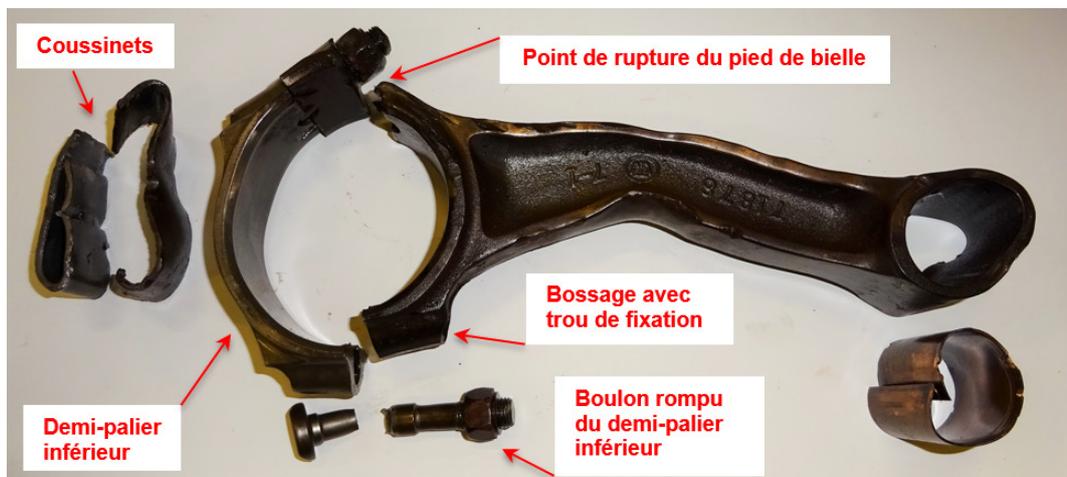


Figure 3 : bielle n°3 avec son demi-palier inférieur

1.7.2

Examen des différents éléments et chronologie

Les analyses micro-fractographique et chimique des surfaces de rupture ont permis d'établir la chronologie suivante :

1. rupture de fatigue du pied de bielle, proche d'un des deux bossages servant aux boulons de fixation du demi-palier inférieur. Cette rupture est due à l'apparition progressive de microfissures. Ces dernières contenaient de la corrosion et de la calamine ;
2. rupture soudaine en flexion du boulon opposé à la rupture du pied de bielle mentionnée au point 1 ;
3. rupture soudaine par arrachement des bossages de paliers de l'axe du piston n°3 ;

4. détachement et déformation de la bielle, perforation des demi-carters suite à la rotation du vilebrequin pendant quelques secondes après la première rupture du pied de bielle et fissuration du puisard ;
5. projection de l'huile chaude du moteur à travers les fissures du puisard sur la ligne d'échappement créant un dégagement de fumée blanche.

Des observateurs ont remarqués des ratés du moteur ressemblant à des arrêts suivis de redémarrage, excluant ainsi un arrêt instantané du moteur.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

2.1.1 Entretien du moteur et prolongation de la limite calendaire

L'exploitant était habilité à faire l'entretien régulier du HB-YEA. Les derniers travaux avant l'accident sont ceux liés à l'inspection initiale spéciale requise pour l'obtention de la prolongation du TBO calendaire. Lors de cette inspection, les cylindres n°2 et n°3 ont été partiellement retirés pour effectuer l'inspection boroscopique requise par le protocole. Les pistons et les bielles correspondantes n'ont pas été démontés. Ceci n'a pas permis de détecter les microfissures constatées sur le pied de la bielle n°3.

L'enquête relève qu'une telle inspection ne permet pas de détecter la présence de microfissures de fatigue sur les bielles.

2.1.2 Historique du moteur et rupture de la bielle n°3

Le moteur de l'avion a été importé en Suisse en février 1987 puis installé sur le HB-YEA en décembre 1988. Il s'agissait d'un moteur déjà utilisé entre 1968 et 1986 ou il a été exploité pendant 1873 h. Ce dernier avait subi une révision majeure chez le constructeur du moteur en 1986, permettant ainsi la remise à zéro de son potentiel. L'enquête n'a pas permis d'établir si les bielles avaient été remplacées lors de cette révision mais ceci paraît peu probable.

La bielle du cylindre n°3 a été retrouvée au fond du puisard, désolidarisée du vilebrequin et du piston n°3.

L'enquête a permis d'établir que la rupture de la vis du palier de bielle est une rupture spontanée suite à un effort de flexion. De même, l'enquête a permis d'établir que la rupture du pied de bielle est une rupture de fatigue. Les surfaces de rupture présentaient des microfissures contenant de la rouille et des dépôts de calamine. Ceci atteste que les microfissures se sont développées progressivement. Ces constatations ont permis d'établir que la rupture du pied de bielle est survenue avant la rupture du boulon du palier de bielle.

La rotation du moteur avec les pièces endommagées a provoqué l'arrachement des bossages des paliers du piston n°3, a perforé les demi-carters et a fissuré le puisard d'huile moteur contenant le conduit d'admission. Le moteur a dû s'arrêter peu après. Des projections d'huile chaude sur la ligne d'échappement ont provoqué la fumée blanche observée lors de la manœuvre d'atterrissage d'urgence.

2.2 Aspects opérationnels et humains

2.2.1 Commandes de vol

La trajectoire suivie, les données radar, les observations faites sur l'épave et les déclarations spontanées du pilote indiquent qu'il n'y avait pas d'autre problème que celui du moteur. L'avion était normalement manœuvrable, les volets et le train d'atterrissage étaient sortis.

2.2.2 Tactique de vol et atterrissage d'urgence

Les données radar montrent que le HB-YEA maintenait une altitude constante de 3000 ft QNH lors du premier virage vers l'ouest au-dessus de l'autoroute A1. Sa vitesse sol de 156 kt indique que le moteur fournissait environ 60 % de la puissance ce qui correspond à un réglage de croisière économique. Le virage suivant en direction du sud est accompagné d'une réduction de l'altitude et de la vitesse sol. Ceci laisse supposer l'apparition du problème moteur suivi par la décision initiale du pilote de retourner vers l'aérodrome de Triengen. Juste après, le pilote vire

à nouveau vers le nord et des observateurs remarquent les ratés du moteur ainsi que de la fumée blanche. En outre, l'altitude et la vitesse sol diminuent encore. C'est certainement à ce moment que le pilote a décidé d'effectuer un atterrissage d'urgence, l'obligeant à choisir un champ à proximité. La faible hauteur de 700 ft ne lui laissait pas beaucoup de choix. C'est logiquement qu'il a choisi un champ au sud de la gravière et de l'autoroute car leur franchissement vers le nord n'aurait probablement pas laissé de marge pour effectuer une manœuvre d'approche. Il est également logique que le pilote ait choisi un champ situé à sa gauche pour des raisons de visibilité et d'estimation de sa position lors de l'approche sans puissance moteur.

Le pilote a eu le temps de stabiliser sa direction d'atterrissage et sa vitesse d'approche. Les données radar indiquent une vitesse sol de 83 kt. Cette valeur indique que la vitesse de vol en finale était située dans la fourchette recommandée par le manuel de vol. Les premières traces au sol indiquent un atterrissage situé dans le deuxième tiers du champ herbeux.

Le champ choisi était bordé à l'est par un chemin asphalté légèrement surélevé. Cette différence de niveau n'était pas visible par le pilote. Elle a créé une sorte de tremplin au passage du raccord entre le champ et le chemin. Ceci explique que les traces de roulages aient été interrompues.

Le fait que l'avion ait redécollé sur une distance de 50 m au passage du chemin asphalté a annihilé toute efficacité des freins et indique que l'avion avait encore une vitesse assez élevée.

Le survol de la glissière de sécurité n'était pas possible sans une action du pilote. Ce dernier voyant qu'il ne parviendrait pas à s'arrêter avant la glissière a vraisemblablement tenté de la survoler en agissant sur la commande de profondeur. Le fait que l'avion ait redécollé indique que l'avion avait encore une vitesse avoisinant les 40 à 50 kt. Une fois la glissière survolée, le pilote ne pouvait pas éviter ou influencer la collision avec la voiture.

Le pilote a réagi de manière adéquate lors de la panne du moteur. L'atterrissage un peu long et le raccord inégal entre le champ et le chemin asphalté ont fortement diminué la possibilité de s'arrêter avant la glissière de sécurité.

2.3 Aspects de survie

2.3.1 Impact avec la glissière de sécurité et la voiture

Les déformations subies par la glissière de sécurité et ses ancrages au sol attestent d'un choc violent. La déformation de la carrosserie de la voiture, son mouvement de demi-tour ainsi que son renversement sur le toit témoignent également d'un choc avec beaucoup d'énergie.

2.3.2 Incendie

L'enquête n'a pas permis d'établir avec certitude la chronologie de l'incendie. Toutefois si l'on considère

- l'observation de la fumée blanche puis noire,
- la variation des traces laissées sur les éléments calcinés ou fondus dues aux différentes températures sur les éléments calcinés ou fondus,
- la déclaration du pilote mentionnant que le moteur avait commencé à brûler,

il est probable que l'incendie ait débuté en vol peu avant le dernier virage à gauche à la suite de projection d'huile chaude sur la ligne d'échappement.

L'impact avec la voiture a partiellement désolidarisé l'aile du fuselage et a endommagé le côté gauche du réservoir principal. De l'essence s'est écoulée sur les matériaux composites, ce qui a provoqué un développement rapide de l'incendie dans la partie proche des jambes du pilote. Malgré l'intervention rapide d'un témoin et son transfert à l'hôpital, le pilote a succombé le soir même en raison de la gravité de ses blessures.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'avion HB-YEA était une construction amateur (*homebuilt*).
- Le moteur a été fabriqué en 1968.
- Le moteur a subi une révision majeure chez le constructeur en décembre 1986 après 1873 h d'utilisation.
- Le moteur a été installé sur la cellule du HB-YEA en 1988 avec 1873 h TSN et 0:00 h TSO.
- L'exploitation de l'avion a débuté en 1989.
- L'exploitant était habilité à effectuer l'entretien régulier de son aéronef.
- Le moteur a été décertifié par l'EAS en mai 2007 et a été enregistré comme « Expérimental » dans les documents techniques de l'avion.
- Le 29 juin 2015, l'OFAC a autorisé le dépassement de la limite calendaire d'utilisation du moteur sous réserve de l'application du programme d'entretien spécifique établi par l'EAS.
- L'inspection spécifique pour la prolongation de la limite calendaire d'utilisation selon le programme d'entretien établi par l'EAS a été attestée par une entreprise agréée le 28 juillet 2015 à 1214:34 h TSO. Les cylindres n°2 et n°3 ont été partiellement retirés.
- Aucun document n'atteste que les bielles aient été remplacées depuis la fabrication du moteur.
- La rupture de la bielle n°3 est due à des microfissures de fatigue, contenant de la corrosion et de la calamine.

3.1.2 Aspects opérationnels et humains

- Les documents fournis indiquent que le pilote était titulaire d'une licence adéquate.
- Aucun élément n'indique que le pilote ait été affecté dans son état de santé lors de la survenue l'accident.
- L'avion maintenait une altitude de 3000 ft QNH et avait une vitesse sol de 156 kt avant la panne du moteur.^{[L]_{SEP}}
- La rupture de la bielle n°3 a causé une panne de moteur en vol et contraint le pilote à effectuer un atterrissage d'urgence.
- Le train d'atterrissage et les volets étaient sortis. Le pilote n'a pas mentionné de problème de manœuvrabilité de l'avion.
- L'avion a quitté le sol au passage du raccord entre le champ herbeux et le chemin asphalté.
- Le pilote a tenté de survoler la glissière de sécurité de la Suhrentalstrasse mais les trois roues ont été arrachées par la glissière.
- Le bord d'attaque gauche a percuté le flanc gauche d'une voiture circulant sur la Suhrentalstrasse.

- Le réservoir principal d'essence était situé dans les bords d'attaque de l'aile et les deux réservoirs auxiliaires se trouvaient aux extrémités de l'aile.
- L'aile et le fuselage se sont partiellement désolidarisés lors du choc avec la voiture.

3.1.3 Aspects de survie

- Les déformations de la glissière de sécurité et de ses ancrages, le retournement de la voiture et les déformations de sa carrosserie attestent d'une collision avec beaucoup d'énergie.
- Un incendie s'est déclaré peu avant l'atterrissage d'urgence.
- L'incendie était plus intense du côté gauche.
- Les secours ont été alertés par des personnes ayant observé le déroulement de l'accident.
- Un témoin de l'accident a extrait le pilote hors du cockpit alors que l'avion brûlait.
- Le pilote est décédé le soir même suite à ses blessures.

3.1.4 Aspects environnementaux

- Les conditions météorologiques n'ont pas influencé la survenue de l'accident.
- Le sol a été pollué par des d'hydrocarbures et par les résidus provenant de l'incendie.

3.2 Causes

L'accident est dû à la collision de l'avion avec plusieurs obstacles lors d'un atterrissage d'urgence en campagne consécutif à une panne de moteur en vol causée par la rupture d'une bielle présentant des microfissures de fatigue.

- 4 Recommandations de sécurité, avis concernant la sécurité et mesures prises après l'accident**
- 4.1 Recommandations de sécurité**
Aucune
- 4.2 Avis concernant la sécurité**
Aucun
- 4.3 Mesures adoptées depuis l'accident 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).

Payerne, 17 décembre 2019

Service suisse d'enquête de sécurité SESE