



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 SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapport du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

relatif aux progrès de l'enquête sur l'acci-
dent de l'avion de transport Junkers Ju
52/3m g4e, immatriculé HB-HOT,

exploité par la compagnie Ju-Air,

survenu le 4 août 2018

à 1,2 km au sud-ouest du Piz Segnas,
Flims (GR)

Objet du rapport

Conformément à l'article 16, chiffre 7 du Règlement (UE) n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile et abrogeant la directive 94/56/CE, qui s'applique également à la Suisse, le Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) est tenu de publier, à la date anniversaire de l'accident, un rapport détaillant les progrès de l'enquête.

Certaines des mesures d'enquête n'étant pas encore achevées à la date de parution du présent rapport, nous ne communiquons pas ici de résultats intermédiaires.

Résumé

Vue d'ensemble

Propriétaire	Schweizer Luftwaffe, Postfach 1072, 8600 Dübendorf
Détenteur	Ju-Air, Verein der Freunde der Schweizerischen Luftwaffe (VFL), Überlandstrasse 271, 8600 Dübendorf
Fabricant	Junkers Flugzeug- und Motorenwerke AG, Allemagne
Type de l'appareil	Ju 52/3m g4e
État d'immatriculation	Suisse
Immatriculation	HB-HOT
Lieu	à 1,2 km au sud-ouest du Piz Segnas, à 2480 m d'altitude
Date et heure	4 août 2018, 16h56 heures
Type d'exploitation	Commercial
Règles de vol	Sichtflugregeln (Visual Flight Rules – VFR)
Lieu de décollage	Aérodrome de Locarno (LSZL)
Destination	Aérodrome de Dübendorf (LSMD)
Phase de vol	Vol de croisière

Présentation succincte de l'accident

L'avion de transport de collection Junkers Ju 52/3m g4e, immatriculé HB-HOT et exploité par la compagnie Ju-Air, décolle de l'aérodrome de Locarno le 4 août 2018 à 16h10 en direction de l'aérodrome militaire de Dübendorf. Environ 40 minutes plus tard, il s'écrase au pied du flanc sud-ouest du Piz Segnas. Parvenu à l'extrémité nord de la vallée, l'appareil effectue un virage vers la gauche qui se développe en une spirale descendante. Il percute le sol quelques secondes plus tard. L'ensemble de ses occupants décèdent, et l'appareil est détruit.

Opérations sur le lieu de l'accident

L'accident s'est produit sur un terrain difficilement accessible. La zone a été sécurisée sur un vaste périmètre afin d'éviter l'exposition des équipes d'intervention à un incendie ou à tout autre danger. Les corps des occupants ont été évacués en vue des premières constatations en collaboration avec la police cantonale des Grisons, la commune de Flims, les pompiers, la protection civile et les Forces aériennes. À des fins de reconstitution de l'accident, des données de référence (données positionnelles et photographies) ont été relevées sur l'épave et sur le terrain au moyen d'un scanner laser 3D.

Il est rapidement apparu que plusieurs personnes avaient observé l'accident et en partie filmé ou photographié l'appareil en vol. Dans la mesure où ces témoins oculaires se trouvaient à des emplacements différents, il a été possible de reconstituer et d'évaluer la trajectoire de l'avion au-dessus de la vallée au sud-ouest du Piz Segnas.

Le lieu de l'accident a fait l'objet d'un nettoyage approfondi. La terre contaminée par le carburant et les autres fluides a été évacuée.

Situation initiale pour les investigations

Dans la plupart des enquêtes sur des accidents impliquant des avions d'une certaine taille, on dispose peu de temps après l'événement des données enregistrées par des dispositifs conçus

pour résister aux crashes aériens. Ces données permettent de reconstituer avec un grand degré de précision le déroulement des faits dans les jours qui suivent, de tirer de premières conclusions quant aux principales causes de l'accident et de définir des mesures d'amélioration de la sécurité. Parallèlement, l'épave fait l'objet d'un examen technique approfondi. Sur la base d'une analyse systémique de l'accident, des recommandations de sécurité peuvent être édictées afin d'éviter la survenance d'autres accidents du même type.

Le Junkers Ju 52/3m g4e, un avion de transport de collection, n'était équipé d'aucun dispositif d'enregistrement de données. Il ne possédait notamment pas d'enregistreur de vol (*Flight Data Recorder* – FDR), un équipement qui permet habituellement de reconstituer la trajectoire de vol, et de déterminer la position de l'appareil dans l'espace et son orientation par rapport aux flux d'air, ainsi que sa vitesse par rapport au sol ou à l'air. Il n'était pas non plus équipé d'un enregistreur des voix (*Cockpit Voice Recorder* – CVR), un dispositif qui enregistre les échanges entre les membres de l'équipage – renseignant sur la nature de la collaboration dans le cockpit – et peut fournir des indications sur le problème à l'origine de l'accident.

Ces données faisant défaut dans le cas présentement étudié, la reconstitution de la trajectoire de vol et du déroulement de l'accident se révèle complexe et fastidieuse.

La procédure d'enquête de sécurité décrite ci-dessus a donc dû être adaptée : les investigations destinées à déterminer la trajectoire de vol effective ont débuté immédiatement après l'accident et sont encore en cours. Parallèlement, une grande priorité a été accordée à l'analyse des aspects systémiques, qui a rapidement permis d'identifier des défaillances de sécurité liées au système. S'appuyant sur ces résultats, le SESE a publié le 20 novembre 2018 un rapport intermédiaire à l'intention de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) qui intègre des recommandations de sécurité et un avis de sécurité pour la compagnie aérienne, afin que des mesures techniques soient prises pour améliorer la sécurité aérienne, sans attendre la fin de l'enquête.

Investigations techniques

Compte tenu du haut degré de destruction du HB-HOT, l'examen technique s'est lui aussi révélé fastidieux. En l'absence de données sur l'état des systèmes embarqués, on a dans un premier temps procédé à une analyse métallographique et une analyse des traces. L'ensemble des gouvernes de l'avion ainsi que leurs raccordements ont fait l'objet d'un contrôle sur le lieu même de l'accident. L'épave a ensuite été évacuée, nettoyée et désinfectée, puis décomposée par groupes d'éléments. Toute la surface portante, y compris les ailerons et leurs dispositifs de commande, ont été reconstruits ; leur état et leur fonctionnement ont été vérifiés. Certains composants ont fait l'objet d'une analyse métallographique en vue de la détermination du niveau de corrosion.

Après avoir été nettoyés en l'état à l'aide d'un procédé cryogénique, les moteurs ont été entièrement démontés. Les différents composants ont fait l'objet d'un contrôle visuel, ont été numérotés et documentés. Les pièces maîtresses ont été mesurées, classifiées et soumises à une analyse métallographique et une analyse des traces.

Parallèlement, un examen détaillé du dossier technique du HB-HOT et une comparaison avec l'état réel de l'appareil ont été effectués. Cette étape a nécessité l'analyse des travaux réalisés sur l'appareil accidenté au cours des 40 dernières années. Les processus de travail, l'infrastructure et l'organisation des entreprises en charge de l'entretien de l'avion ont été analysés pour comprendre les opérations de maintenance.

Facteurs humains

Dans la mesure où l'on ne dispose pas de données CVR, la collaboration entre les deux pilotes durant le vol ne peut être analysée que sur la base des caractéristiques générales des deux personnes. Il a ainsi fallu retracer l'historique de l'équipage, ce qui a également nécessité l'exploitation d'informations provenant des domaines d'activité antérieurs. Les antécédents les plus récents, la préparation du vol et l'état de santé des membres de l'équipage ont notamment été pris en compte.

Facteurs organisationnels de l'entreprise et activité de surveillance

L'appréhension systémique du déroulement de l'accident passe par l'analyse des principes de l'entreprise, de la formation des membres de l'équipage et des systèmes de gestion du vol. Il convient également d'examiner la surveillance exercée sur l'entreprise afin de déterminer si elle a pu avoir une influence sur la survenance de l'accident.

La compagnie aérienne ayant exploité ses appareils jusqu'à la date de l'accident sans programme de collecte des données de vol (*Flight Data Monitoring* – FDM), il a fallu emprunter des voies inhabituelles pour analyser le déroulement du vol du Ju 52. Le SESE a notamment demandé l'aide de la population, enjoignant les personnes ayant photographié ou filmé l'avion historique en vol, ou disposant d'enregistrements ou de descriptions de vols antérieurs de se manifester auprès des autorités. Ces appels ont été entendus : plus de 200 messages concernant l'appareil accidenté et des vols antérieurs nous sont parvenus. Le SESE tient à remercier toutes les personnes qui ont apporté leur aide dans cette affaire.

Par ailleurs, les données radar de 218 vols de Ju 52 exploités par Ju-Air effectués entre avril et août 2018 ont été collectées, soit les données d'environ la moitié des vols réalisés sur cette période. Après correction des conditions de pression et de température observées au moment du vol, elles ont permis la reconstitution des différentes trajectoires et leur analyse au regard des tactiques de vol choisies.

Enfin, l'efficacité de l'organisation de l'entreprise et de l'activité de surveillance a pu être examinée et appréciée en collaboration avec le service de gestion de la qualité et de la sécurité de la société exploitante.

Reconstitution du vol

Outre les traces identifiées sur l'appareil et sur le lieu de l'accident, différents éléments peuvent être exploités pour retracer le déroulement du vol et la trajectoire de l'avion, notamment les données radar, les photos et les vidéos transmises par les témoins, ainsi que les composants électroniques retrouvés sur le lieu de l'accident (appareils photo numériques des occupants, notamment).

Au total, plus de 40 téléphones mobiles, appareils photo numériques, cartes de stockage et autres composants intégrant des supports de données ont été collectés sur le lieu de l'accident. La plupart étaient fortement endommagés et n'ont pas pu être directement exploités. Sur certains d'entre eux, des images et des enregistrements sonores du vol accidenté et du vol effectué la veille ont pu être récupérés à l'issue de procédures complexes de restauration des données. Le SESE a pu ici s'appuyer sur l'expertise de l'autorité française en charge des enquêtes de sécurité, le *Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA), notamment pour ce qui concerne la préparation et l'exploitation des supports de données des passagers et des membres de l'équipage récupérés sur le lieu de l'accident. Les mesures de restauration sont encore en cours sur certaines unités très endommagées.

Le déroulement du vol a pu être assez bien reconstitué à partir des différentes sources de données. Pour les dernières minutes de vol toutefois, il a fallu recourir à une méthode de modélisation de haute précision : les données relevées dans la vallée au sud-ouest du Piz Segnas à l'aide d'un système à balayage laser 3D ont ainsi été combinées au modèle de terrain tridimensionnel de l'Office fédéral de la topographie. Des clichés ont par ailleurs été

réalisés depuis un avion jumeau de l'appareil accidenté au moyen d'un laser 3D. Le modèle 3D obtenu permet de situer sur le terrain les endroits depuis lesquels l'appareil accidenté a été photographié en vol. Les photos prises depuis l'intérieur de l'appareil peuvent également être évaluées à l'aide de ce modèle pour déterminer la trajectoire de l'avion. Les photos et les vidéos disponibles devraient permettre de déterminer la position de l'appareil dans l'espace à des moments clés du vol, ainsi que son incidence et sa vitesse par rapport au sol.

Parallèlement, les enregistrements sonores des vidéos disponibles seront analysés. L'analyse spectrale des bruits enregistrés permettra sans doute de déterminer le régime des moteurs et leur état au moment de l'accident. Ces travaux sont en cours. Le SESE bénéficie là aussi du soutien du BEA.

Le poids de l'appareil et la situation du centre de gravité doivent en outre être déterminés pour évaluer leur influence sur les performances de vol.

Pour pouvoir reconstituer le comportement en vol et les paramètres aérodynamiques au moment de l'accident tels que l'angle d'attaque et la vitesse par rapport à l'air, il faut connaître les mouvements des masses d'air à petite échelle dans la vallée au sud-ouest du Piz Segnas. À cet effet, les flux des vents autour du col de Segnas ont été simulés au moyen d'un modèle à maillage serré, les données de vent et de température réelles ayant été spécifiées comme valeurs marginales. Pour valider et quantifier la fréquence et l'ampleur des effets modélisés, des mesures seront effectuées cette année dans la région de l'accident durant plusieurs semaines. Une station météorologique classique déterminera notamment les conditions de vent, de pression atmosphérique, de température et d'humidité sur la crête à proximité du col de Segnas. Un système Lidar¹ sera par ailleurs utilisé pour enregistrer les conditions d'écoulement 3D dans la région de la trajectoire de vol peu avant la spirale descendante de l'appareil. Le succès de ces mesures ne peut être garanti compte tenu des enjeux à la fois techniques et logistiques qu'elles représentent. Il faut notamment que des conditions climatiques comparables à celles observées le jour de l'accident se présentent durant la période estivale de mesures.

Perspectives

Les investigations menées à ce stade ont révélé des défaillances de sécurité qui ne sont certes pas en lien direct avec l'accident, mais auxquelles il convient de remédier pour l'exploitation future d'avions de collection.

À la condition que les investigations restantes puissent être menées à bien conformément au calendrier prévu, le rapport final relatif à l'accident du Junkers Ju 52/3m g4e devrait être publié au premier trimestre 2020.

Berne, le 2 août 2019

Service suisse d'enquête de sécurité

¹ Un Lidar (*Laser Detection and Ranging*) est un système permettant l'envoi d'impulsions laser vers l'atmosphère et l'analyse des rayonnements diffusés en retour (effet Doppler). Il est utilisé ici pour la mesure 3D du vent au-dessus de la zone de l'accident.