



Rapport final de la Commission fédérale d'enquête sur les accidents d'aéronefs

concernant l'accident

de l'hélicoptère Bell 47 G-3 B 1, HB-XBT

survenu le 24 avril 1968

à l'aéroport de Berne

Décision prise par voie de circulation

R A P P O R T D ' E N Q U E T E

au sujet de l'accident
de l'hélicoptère Bell 47 G-3 B 1, HB-XBT,
survenu le 24 avril 1968,
à l'aéroport de Berne

0. RESUME

Lors d'un vol de transition sur Bell 47, le pilote perd, au voisinage du sol, le contrôle de l'hélicoptère par suite de la rupture d'un boulon de la timonerie de la commande cyclique. L'appareil bascule en arrière et touche le sol avec l'hélice anticouple qui vole en éclats. Intervenant aussitôt, l'instructeur abaisse le levier de pas général et plaque l'hélicoptère dans l'herbe, provoquant l'affaissement de l'atterrisseur.

Les deux occupants n'ont pas été blessés. L'hélicoptère a été gravement endommagé.

1. ENQUETE

L'accident s'est produit le mercredi 24 avril 1968 aux environs de 1030 heure locale.

Il a été notifié au Bureau enquête-accidents par téléphone, à 1130 h, par l'exploitant de l'aéroport de Berne.

L'enquête, ouverte sur les lieux de l'accident le même jour à 1330 h, par l'enquêteur soussigné, a été conduite en collaboration avec le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux à Dübendorf.

2. ELEMENTS

21. Renseignements sur l'équipage

211. Pilote assis sur le siège de droite :

Année de naissance 1919

Licence de pilote professionnel d'hélicoptère, délivrée le 16

octobre 1962, valable jusqu'au 23 mai 1968, avec qualification Bell 47 du 16 octobre 1962 et permis spécial pour atterrissages en montagne du 23 décembre 1964.

Permis d'aspirant instructeur du 16 mai 1966.

Expérience de vol : environ 2400 heures sur hélicoptères.

Evénements particuliers : voir rapports finaux 114, 161, 162, 313 et 437 de la Commission fédérale d'enquête en cas d'accidents d'aéronefs.

212. Pilote assis sur le siège de gauche :

Année de naissance 1923

Licence de pilote professionnel d'hélicoptère, délivrée le 6 avril 1966, valable jusqu'au 4 octobre 1968, avec qualification instructeur du 27 juillet 1967.

Expérience de vol : environ 2854 heures dont 263 heures sur hélicoptères.

Evénements particuliers : voir rapports finaux 31 et 266 de la Commission fédérale d'enquête en cas d'accidents d'aéronefs.

22. Renseignements sur le matériel (HB-XBT)

Propriétaire et exploitant : Heliswiss, Schweizerische Helikopter AG, à Berne.

Type : Bell 47 G-3 B 1, équipé d'un moteur Lycoming TWO-435-B1A.

Constructeur et fabricant : Bell Helicopter Comp. à Fort Worth/ Texas.

Numéro et année de fabrication : 2825/1963.

Certificats de navigabilité et d'admission à la circulation délivrés le 2 juin 1964, valables jusqu'au 16 août 1968.

Caractéristiques : Hélicoptère léger, polyvalent, atterrisseur à patins, rotor bipale semi-rigide avec stabilisateur gyroscopique et hélice anticouple.

Histoire de l'hélicoptère

Le 16 août 1963, examen d'entrée par la section du matériel aéronautique de l'Office fédéral de l'air de l'hélicoptère importé des USA avec un total de 86:45 h.

Le 12 octobre 1963, après 225 h, endommagement du rotor lors d'une collision avec un obstacle au sol.

Le 23 février 1964, après 305:45 h, casse à l'atterrissage à la suite d'une panne sèche ; remise en état par la maison Agusta à Gallarate/I.

Le 27 septembre 1964, contrôle de 600 h et révision partielle ; échange du moteur.

Le 29 décembre 1964, exécution de la consigne de navigabilité SB 141 (échange d'éléments de timonerie).

Le 13 septembre 1965, après 957 h, échange de l'hélice anticouple endommagée à l'atterrissage.

Le 25 juillet 1966, après 1194 h, révision générale.

Le 7 janvier 1967, après 1327 h, dont 133:42 h depuis la révision générale, installation d'un nouveau moteur et d'une nouvelle hélice anticouple.

Le 6 octobre 1967, après 1626:39 h, dont 432 h depuis la révision générale, examen périodique OFA.

Le 16 décembre 1967, après 1712 h, dont 516 h depuis la révision générale, dernier contrôle de 100 h.

Le 4 avril 1968, après 1551 h, dont 557 h depuis la révision générale, dernier contrôle de 50 h.

Le jour de l'accident, la cellule totalisait 1775:05 h dont 580:05 h depuis la révision générale, le moteur 448:05 h.

L'entretien de l'appareil était assuré par l'exploitant.

23. Terrain

L'accident s'est produit en bordure du carré d'exercice pour hélicoptères dessiné dans l'herbe sur la partie ouest de l'aéroport de Berne. Dimensions du carré : 50 x 50 m.

24. Météo

Ciel couvert, bonne visibilité, vent faible, pas de précipitations.

25. Organisation

L'accident s'est produit dans le cadre d'un cours pour aspirants-instructeurs de pilotes de montagne, organisé par l'Office fédéral de l'air. Ce cours, d'une durée d'une semaine, était placé sous la direction d'un inspecteur de la navigation aérienne.

Il avait débuté le 22 avril 1968 à l'aéroport de Berne.

3. CIRCONSTANCES PE L'ACCIDENT

31. Le 24 avril 1968, les conditions météorologiques étant défavorables pour voler en montagne, le responsable du cours, chargea l'instructeur, de se rendre avec l'aspirant, au carré d'exercice des hélicoptères sur la partie ouest du terrain de l'aéroport de Berne, dans le but de parfaire la transition de l'aspirant sur l'hélicoptère Bell 47 G-3.

32. Après avoir exécuté le check prévol, qui prévoit entre autres l'inspection de la timonerie des commandes de vol, les deux pilotes décollent devant les établissements Heliswiss à 1013 heure locale. L'aspirant occupe le siège de gauche, l'instructeur celui de droite. La double commande est installée. L'aspirant se rend directement au carré d'exercice et atterrit au centre de la cible. Il effectue ensuite un premier test consistant à survoler à faible hauteur le pourtour du carré en conservant un cap constant. De retour au centre de la figure, le pilote redécollé pour un deuxième exercice consistant à refaire le même parcours avec rotation de 90° à chacun des angles du carré.

Au moment où l'hélicoptère aborde le troisième côté du carré, à environ 1,5 m/sol, l'équipage est surpris par un bruit semblable à une détonation. L'hélicoptère se met à vibrer, bascule en arrière et touche le sol avec l'hélice anticouple qui vole en éclats. Intervenant aussitôt, l'instructeur abaisse la commande de pas général et coupe les gaz, plaquant ainsi l'hélicoptère au sol. Le patin droit s'affaisse et l'hélicoptère s'incline sur le côté mais ne bascule pas. Après

avoir coupé le contact, l'instructeur quitte le cockpit et, remarquant qu'une biellette de commande du plateau oscillant (commande cyclique) est détachée, la saisit avec les mains pour stabiliser le rotor principal, lequel, intact, tourne encore. Inspectant ensuite l'appareil, les deux pilotes constatent que le boulon reliant la biellette au levier de transmission de la commande cyclique est rompu à la hauteur de l'écrou.

La partie manquante du boulon est retrouvée dans l'herbe à proximité immédiate de l'hélicoptère.

4. DOMMAGES

41. Les deux occupants n'ont pas été blessés dans l'accident.

42. L'hélicoptère a subi des dommages s'élevant à environ 30 % de sa valeur à neuf.

43. Tiers au sol : néant.

5. CONSTATATIONS ULTERIEURES

51. (Voir annexe 1)

Le plateau oscillant A, placé sous le rotor, est actionné par une biellette B dont l'extrémité inférieure C est accouplée par l'intermédiaire d'un levier D à la timonerie marche avant-marche arrière de la commande cyclique.

La biellette est composée d'un tube métallique muni à chaque extrémité d'une articulation à rotule. La cage de la rotule normalement reliée au plateau oscillant est rivée à son support, alors que celle située à l'opposé est vissée sur une tige filetée solidaire du tube pour permettre d'ajuster la longueur de l'ensemble.

La biellette est attelée au levier D par un boulon en acier muni de deux rondelles plates et d'un écrou crénelé assuré par une goupille. Ce boulon porte la désignation AN 174-26. Son diamètre nominal est de 6,3 mm, sa longueur totale de 75 mm. La partie filetée, longue de 12 mm, comporte à 4 mm de l'extrémité de la tige un orifice de 2 mm de Ø pour le passage

de la goupille.

Le levier D est fabriqué en alliage de métal léger. Les portées des axes d'articulations (boulons) sont munies de coussinets.

52. L'examen de l'assemblage rompu a montré que ce dernier n'était pas conforme à celui décrit dans les manuels du constructeur (Maintenance and Overhaul Instructions et Illustrated Parts Breakdown, édition 15 décembre 1965) :

- la biellette était montée à l'envers, retournée verticalement de 180°.
- le boulon utilisé était 3,5 mm trop court (AN 174-25 au lieu de 26).

53. La rupture du boulon s'est produite dans la zone filetée, à la hauteur du premier filet de l'écrou, dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe du boulon. La surface de la cassure présentait toutes les caractéristiques d'une rupture à la fatigue avec des arcs de progression s'étendant sur plus des trois quarts de la section.

Le boulon totalisait 581 heures de service. Il avait été monté par l'exploitant lors de la dernière révision générale effectuée le 25 juillet 1966.

54. La pièce rompue a été soumise au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux pour expertise.

Cet examen a montré que :

- l'amorce de la rupture s'était produite à la base du filetage et que cette zone accusait des irrégularités de surface dues à la présence de sillons venus de fabrication avec la pièce ;
- le boulon s'est rompu sans qu'il y ait eu déformation préalable de la tige ou élongation de la partie filetée par suite d'un serrage trop élevé de l'écrou ;
- la pièce présentait une fine structure de revenu, accompagnée des inclusions non métalliques usuelles, légèrement décarburé e en surface ;
- le diamètre de la tige était dans les tolérances de la

norme AN 174 ;

- la résistance mécanique du boulon satisfaisait aux exigences minimums :
 - dureté, mesurée selon la méthode Vickers, 296 kg/mm² ;
 - taux de rupture à la traction de la section filetée, 2150 kg, minimum exigé 1800 kg ;
 - limite d'élasticité, 2000 kg, minimum exigé 1400 kg.

55. Des mesures en vol, effectuées sur un hélicoptère du même type au moyen de jauges de contrainte fixées sur la biellette en vue de déterminer les charges supportées en service par le boulon incriminé, ont donné les résultats suivants :

- Charges maximums mesurées + 134 kp et - 110 kp, en moyenne entre +- 25 et 50 kp ;
- fréquence des alternances de charge 11,3 Hz.

Des essais de fatigue avec des alternances de charge jusqu'à 10×10^6 , à raison de 400 pulsations à la minute, entrepris sur la base des valeurs obtenues lors des mesures de contrainte en vol n'ont pas amené la rupture des boulons éprouvettes. Seules les portions de tige soumises à l'action directe de la rotule de biellette accusaient, à l'instar du boulon rompu, une légère altération de la surface effectuant au max. 0,03 mm de l'épaisseur dans le sens d'application de la charge.

56. L'examen des coussinets et des rotules de biellette n'a pas fait apparaître d'usure anormale de ces pièces.

6. DISCUSSION

61. L'équipage était en possession des titres nécessaires à l'exécution du vol.

62. L'hélicoptère était accompagné de certificats valables de navigabilité et d'admission à la circulation.

L'accident s'est produit par suite de la rupture à la fatigue d'un boulon de la timonerie marche avant-marche arrière de la commande cyclique, rupture qui entraîna la mise hors service de ladite commande, mettant ainsi l'équipage dans

l'impossibilité matérielle de continuer à assurer la conduite de l'hélicoptère. Le fait que la partie manquante du boulon (fragment de tige avec l'écrou goupillé) ait été retrouvée à proximité immédiate de l'hélicoptère montre que la perte de contrôle a été instantanée.

L'enquête a établi que le boulon, monté par l'exploitant lors de la dernière révision générale de l'hélicoptère, était 3,5 mm trop court et que la biellette avait été fixée à l'envers. La preuve que ce montage défectueux ait pu entraver le fonctionnement normal de la commande et conduire à la rupture de l'élément en question n'a toutefois pas pu être apportée.

Les différents examens de laboratoire auxquels fut soumis le boulon rompu ont permis de constater que la pièce répondait aux exigences de sa norme. L'analyse métallographique, en particulier, n'a pas révélé de déformation de la tige ou de défauts dans la structure du matériau. En revanche, l'examen au microscope de la partie filetée a fait apparaître dans le fond du filet des aspérités, venues de fabrication avec la pièce, susceptibles d'augmenter l'effet d'entaille. Bien qu'au vu des résultats de l'expertise il ne soit pas possible de se prononcer de façon catégorique quant aux causes exactes de la rupture, le fait que l'amorce de la cassure ait été localisée à la base de l'une de ces aspérités permet d'admettre que ce défaut d'usinage a joué un rôle pour le moins concomitant dans l'accident.

7. CONCLUSION

L'accident est dû à une perte de contrôle par suite de la rupture à la fatigue d'un boulon d'articulation de la commande cyclique.

Berne, le 22 octobre 1969

L'enquêteur