



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici
Uffizi d'investigaziun per accidents d'aviatica

Aircraft accident investigation bureau

Rapport Final No. 1875

du Bureau d'enquête

sur les accidents d'aviation

concernant l'accident
de l'hélicoptère SA315B Lama, HB-XTY
survenu le 14 décembre 2002
sur le glacier du Breithorn, commune de Zermatt/VS,
à env. 40 km SSE de Sion

Ursachen

Der Unfall ist auf eine Kollision mit dem Gelände nach dem Verlust der Kontrolle über den Helikopter zurückzuführen, nachdem dieser aus technischen Gründen nur noch teilweise steuerbar geworden war.

Informations générales concernant ce rapport

Conformément à la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI, Annexe 13), l'enquête sur un accident d'aviation ou un incident grave a pour seul objectif la prévention de futurs accidents ou incidents. Elle ne vise nullement à la détermination des fautes ou des responsabilités.

Selon l'art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation, l'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave.

Pour des questions de protection des données et de simplification du texte, ce rapport est exclusivement rédigé au masculin générique.

Toutes les heures indiquées dans ce rapport sont référées à l'heure locale (*local time* – LT) en vigueur en Suisse et au moment de l'accident, qui était l'heure de l'Europe centrale (*Mitteleuropäische Zeit* – MEZ). La relation entre LT, MEZ et l'heure universelle coordonnée (*universal time coordinated* – UTC) est: $LT = MEZ = UTC + 1 \text{ h}$.

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

Le Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation remercie les autorités et les organismes pour leur soutien au cours de l'enquête.

Rapport final

Propriétaire	Air Zermatt SA, 3920 Zermatt
Exploitant	Air Zermatt SA, 3920 Zermatt
Modèle	Eurocopter France / Aérospatiale SA315B
État d'immatriculation	Suisse
Immatriculation	HB-XTY
Lieu	Glacier du Breithorn, commune de Zermatt/VS Coordonnées: 624 900 et 088 200 Carte des obstacles à la navigation aérienne 1:25 000 Feuillet 1348 Zermatt
Date et heure	14 décembre 2002, 10:15 h

Généralités

Résumé

Lors d'un vol circulaire de 20 minutes, les occupants du HB-XTY entendent soudain une détonation avant de ressentir de fortes vibrations. Le pilote se décide à atterrir immédiatement en urgence sur le glacier du Breithorn. La machine fait une embardée et reste couchée sur le côté gauche. Ce faisant, elle est fortement endommagée.

Enquête

L'accident a eu lieu vers 10:15 h. L'enquête a été menée en collaboration avec la police valaisanne.

1 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Préliminaires

Le 14 décembre 2002, Air Zermatt effectue avec trois hélicoptères des vols passagers qu'une entreprise a décidé d'offrir à ses employés.

Le pilote arrive à l'héliport à 08:30 h alors que le temps est au beau et qu'il n'y a pas de vent. A 09:00 h, il entreprend de préparer l'hélicoptère. Il fait le plein pour un total de 280 litres et procède à un contrôle prévol.

Une fois les visiteurs arrivés vers 09:25 h, le premier vol passager débute à 09:35 h. Il se déroule normalement, à l'exception d'un faible niveau de réception dans le casque du pilote. Etant donné que trois hélicoptères volent de concert et qu'il souhaite assurer une meilleure compréhension, le pilote échange le casque contre des écouteurs avant d'entreprendre le deuxième vol.

1.1.2 Déroulement du vol

Vers 10:00 h, le pilote décolle avec quatre passagers à bord pour le second vol qu'il décrit ainsi:

“Nachdem ich mit etwa maximum 0,9 Grad Pitch auf dem Matterhorn Gipfel angelangt war, reduzierte ich und flog Richtung Klein Matterhorn, das ich nördlich auf etwa Höhe Bergstation passierte. Bei einem Kurs von ca. 080 Grad nördlich des Breithorns in leichtem Sinkflug, Geschwindigkeit von etwa 150 km/h und einer Höhe von 3700 m/AMSL (ca. 400 m über GND) gab es plötzlich einen dumpfen Knall mit einer sehr heftigen Erschütterung und der Heli begann zu sinken. Ich hatte das Gefühl es zerreiße die Maschine. Sofort reduzierte ich die Leistung, doch die starken tieffrequenten Vibrationen blieben trotzdem. Der Pitch und Stick gingen jedoch leichtgängig und gaben mir meiner Erinnerung nach keine abnormalen Rückschläge, ebenso mit den Pedalen, die ich aber kaum betätigte, da der Heli den Kurs nach dem Knall beibehielt. In diesem folgenden Sinkflug erhöhte sich, nach meinem Erachten, die Rotorendrehzahl rasch.

Da ich mich sofort nach dem Knall jedoch auf einen spaltfreien Gletscherplatz konzentrierte, achtete ich mich nicht mehr auf die Instrumente wie z.B. Drehzahl, Vario und Speed. Zudem setzte ich meine ungefähre Position (nördlich Breithorn) und ein „Mayday“ über Funk ab.

Um der immer höher werdenden Rotorendrehzahl entgegen zu wirken, zog ich kurz den Pitch (schätzungsweise 200 m über GND), was jedoch überhaupt nichts nützte! Somit setzte ich wieder low Pitch, um trotzdem die Drehzahl zu sichern.

Etwa 20-30 Meter über Boden versuchte ich ein leichtes „Flare“ einzuleiten. In diesem Moment war die Maschine über die Längsachse absolut stabil. Als ich zum Abbremsen der Sinkgeschwindigkeit den Pitch ziehen wollte, reagierte überhaupt nichts! Somit stürzten wir praktisch ungebremst in den hohen Schnee. Dass der Helikopter wegen des links abfallenden Geländes auf diese Seite kippte, realisierte ich nicht mehr.

Meiner Meinung nach reagierten während des ganzen Notlandemanövers nur Pedale und Stick.“

Traduction:

“Après avoir atteint le sommet du Cervin, l'indication du pas collectif (pitch) n'excédant pas 0,9 degré, j'ai réduit les gaz et volé en direction du Petit Cervin (Klein Matterhorn) de manière à passer au nord à la hauteur de la station d'arrivée. Alors que je me trouvais sur le cap 080 degrés au nord du Breithorn en légère descente, à une vitesse d'environ 150 km/h et à une altitude de 3700 m/AMSL (env. 400 m au-dessus du sol), il y a eu soudain une sourde détonation accompagnée d'une très violente secousse, puis l'hélicoptère s'est mis à chuter. J'avais l'impression que la machine partait en morceaux. J'ai immédiatement réduit la puissance mais de fortes vibrations à basse fréquence persistaient. La commande de pas collectif (pitch) et la commande de pas cyclique (stick) étaient cependant libres et, d'après mes souvenirs, n'ont pas donné de contrecoups anormaux, de même que le palonnier que j'avais à peine actionné, étant donné que l'hélicoptère maintenait le cap après la détonation. Puis dans la descente qui a suivi, j'ai eu la sensation que le rotor s'est mis à tourner rapidement.

Aussitôt après la détonation, je me suis concentré à rechercher une place exempte de crevasse sur le glacier et je n'ai plus fait attention aux instruments, comme p. ex. le tachymètre, le variomètre et l'indicateur de vitesse. Finalement, j'ai indiqué ma position approximative (au nord du Breithorn) et lancé un „mayday“ via radio.

Afin de contrer l'accélération de la rotation du rotor, j'ai tiré brièvement la commande de pas collectif (à environ 200 m au-dessus du sol), ce qui n'a servi à rien! J'ai donc à nouveau placé la commande de pas collectif en butée minimale, afin de maîtriser le nombre de tours.

A quelque 20-30 m du sol, j'ai tenté de procéder à un léger „flare“. A ce moment, la machine était absolument stable au niveau de son axe longitudinal. Lorsque j'ai voulu tirer la commande de pas collectif pour réduire la vitesse de descente verticale, rien n'a répondu! C'est ainsi que nous sommes tombés quasiment en chute libre dans la haute neige. Je n'ai même plus réalisé que l'hélicoptère avait basculé sur le côté en raison du terrain en pente sur la gauche.

Selon moi, seuls le palonnier et la commande de pas cyclique réagissaient durant toute la manoeuvre d'atterrissage d'urgence.”

Les secours interviennent immédiatement. Les passagers sont dégagés et emmenés en lieu sûr.

1.2 Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	---	---	---
Graves	---	2	---
Légères / Aucune	1	2	

1.3 Dommages à l'aéronef

Très endommagé.

1.4 Autres dommages

Aucun.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote

Personne	Citoyen suisse, année de naissance 1972
Licence	PPL (H), durée de validité jusqu'au 28.05.2004 et CPL (H), durée de validité jusqu'au 28.05.2003
Extensions	RTI (VFR)
Types d'hélicoptères autorisés	AL II, AS 350 Type, B 206/206L, Enstrom 28 Hughes 300, R 22, SA 315
Dernier examen médical	Classe 1, 16.05.2002, décision: apte sans restrictions

1.5.1.1 Expérience de vol

Au total:	454:11 h	Au cours des 90 derniers jours:	13:25 h
Avec ce type d'appareil:	122:45 h	Au cours des 90 derniers jours:	7:06 h

1.5.2 Passagers

Citoyen suisse, année de naissance 1965, sans expérience aéronautique
Citoyen suisse, année de naissance 1936, sans expérience aéronautique
Citoyen suisse, année de naissance 1959, sans expérience aéronautique
Citoyen suisse, année de naissance 1969, sans expérience aéronautique

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Modèle	SA315B Lama, S/N 2645
Caractéristiques	Hélicoptère à 5 places
Année de construction /no de série	1983 / 2645
Moteur	Turbomeca Artouste III B 1, S/N 2400
Rotor	Rotor principal à 3 pales
Champ d'utilisation	VFR de jour et de nuit
Heures de service	8388 h
Masse et centrage	La masse (1661 kg) et le centrage se trouvaient dans les limites prescrites

Certificat de navigabilité	Etabli le 10.04.1989 Dernier contrôle effectué par l'OFAC, le 28.01.2000
Entretien	Révision générale de la cellule et contrôle des 400 heures du moteur effectués le 30.07.2002 Contrôle des 200 heures de la cellule; tête du rotor principal changée le 28.10.2002 Contrôle des 50 heures effectué le 28.11.2002 Lors de la révision générale de la cellule, le combineur a été démonté, contrôlé quant à l'absence de fissures, repeint et à nouveau monté.
Réserve de temps de vol	environ 60 minutes

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Situation générale

La Suisse se trouvait en bordure d'une zone étendue de haute pression, centrée sur la Russie. Le temps en Suisse était toujours plus sous influence d'une basse pression stationnée sur le golfe de Gascogne. Le front chaud qui était lié à cette dépression s'approchait par le sud-ouest de la Suisse.

1.7.2 Conditions météorologiques locales au moment de l'accident

Les indications suivantes concernant les conditions météorologiques locales au moment de l'accident se basent sur une interpolation spatiale et temporelle des observations faites dans plusieurs stations météorologiques.

Temps/nuages	2-4/8 avec base à 16 000 ft AMSL	
Visibilité	supérieure à 30 km	
Vent	250°, 15 noeuds, avec des pointes à 22 noeuds	
Température/Point de rosée	-07 °C / -27 °C	
Pression atmosphérique	QNH LSGS 1021 hPa Pression à 3100 m/M (Gornergrat): 693,4 hPa	
Dangers	Légères turbulences surtout sous le vent des sommets	
Azimut du soleil	150°	Hauteur du soleil: 15°

1.8 Aides à la navigation

Non concernées.

1.9 Télécommunications

Jusqu'au moment de l'accident, les communications radio du vol étaient normales. Juste après avoir entrepris les manœuvres d'atterrissage d'urgence, le pilote a lancé un „*mayday*“ et indiqué une position approximative. Cet appel au secours a été entendu par les autres hélicoptères et a permis aux sauveteurs de trouver rapidement le lieu de l'accident.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Non concerné.

1.11 Enregistreurs de bord

Pas installé.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1 Lieu de l'accident

L'hélicoptère a atterri à proximité de plusieurs crevasses sur le versant nord du glacier du Breithorn. La collision avec le terrain s'est faite sur une congère qui a ainsi absorbé une partie du choc.

1.12.2 Epave

Après un premier choc, l'hélicoptère a rebondi puis s'est affaissé sur le côté gauche. Le rotor principal s'est détaché de la cellule et est tombé à quelques mètres seulement de l'épave dans une crevasse.

1.13 Renseignements médicaux

Il n'existe aucun indice laissant supposer que le pilote souffrait de problèmes de santé au moment de l'accident.

1.14 Incendie

Aucun.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Grâce à l'importante congère et à la situation stable de l'hélicoptère à l'impact, soit entre des crevasses, l'accident n'a pas eu de suites mortelles malgré la violence du premier choc.

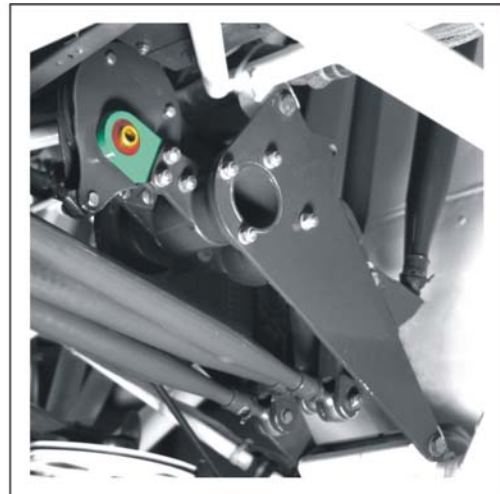
1.16 Essais et recherches

Les principaux éléments endommagés du point de vue mécanique ont été analysés.

On a examiné avec une attention toute particulière le combineateur de pas collectif dont la patte de fixation était cassée. Au niveau de cette patte de fixation, on a pu prouver l'existence d'une cassure de fatigue qui représentait environ 50% de toute la cassure. Celle-ci commençait clairement sur la face intérieure, où on a pu prouver l'existence d'une attaque de corrosion inter cristalline. Là où la cassure commençait, la couche d'eloxal présentait de nombreuses fissures indiquant une détérioration d'origine mécanique. L'axe creux du combineateur présentait un diamètre de 14.98 mm, les roulements à billes un diamètre intérieur de 15.005 mm et les douilles un diamètre intérieur de 15.02 à 15.03 mm.



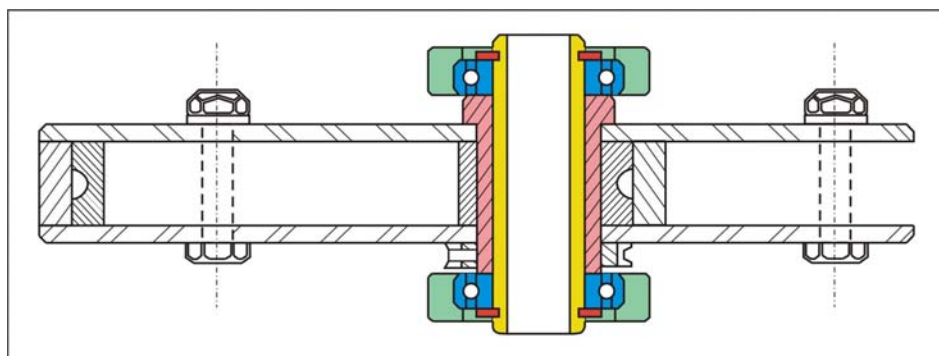
Combinateur



- Combinateur
- Lasche
- Sicherungsring
- Hohlbolzen
- Patte de fixation
- Circlips
- Axe creux

Examen de l'axe creux:

Une barre de commande actionne le disque excentrique qui entraîne la variation collective du pas des pales. Celui-ci est fixé par le biais de l'axe creux à deux pattes de fixation, de manière à transmettre les mouvements de commande de manière uniforme aux trois barres de commande des pales du rotor. L'axe creux est maintenu en position par deux circlips posés sur la face externe des pattes de fixation.



- Lasche
 - Sicherungsring
 - Lagerbuchse
 - Hohlbolzen
 - Circlips
 - Kugellager
- Patte de fixation
- Axe creux
- Douille de guidage
- Roulement à billes

La fixation de l'axe creux dans les roulements à bille des pattes de fixation et par des douilles de guidage sur le disque excentrique laissent des traces sur le pourtour de l'axe creux durant les vols, en raison des mouvements de choc et de tension ainsi que des vibrations du rotor. Ces traces sont plus ou moins marquées en fonction de l'époque du montage de l'axe.

Il faut donc s'attendre à des traces sur l'axe creux au niveau du point d'appui de la douille de guidage du disque excentrique.

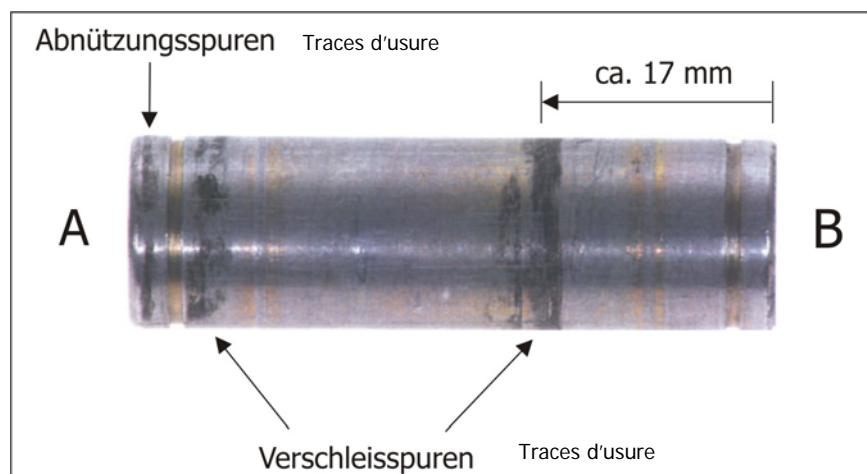
A l'oeil, on reconnaît ces traces aux endroits colorés de manière plus sombre à la surface de l'axe. A ces endroits, la couche de passivation et de cadmium s'est usée, si bien que des particules de saleté et de graisse ont enrobé la surface de l'axe en métal.

Là où l'axe n'était pas touché et où la surface était à l'abri des intempéries et protégée du nettoyage (couche de graisse, etc.), on pouvait s'attendre à ce que la couleur jaunâtre d'apprêtage des surfaces soit encore visible.

En revanche, aux endroits non protégés, la couche jaunâtre de passivation aurait dû s'estomper.

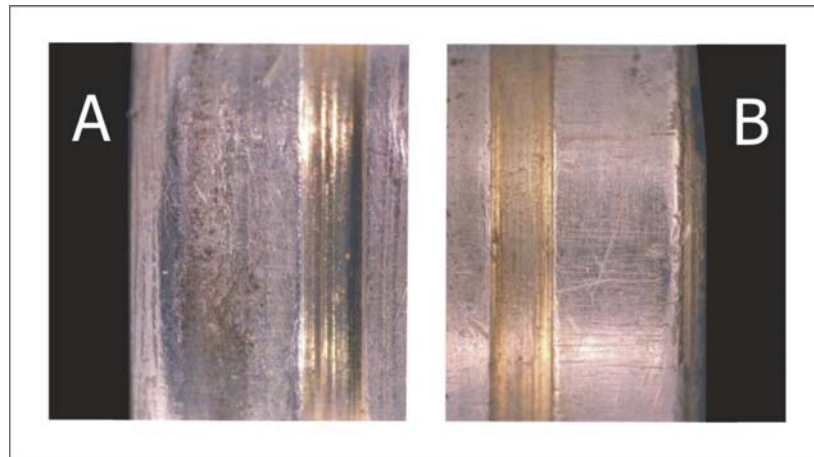
En dehors des deux rainures pour les circlips, et surtout au fond de ces rainures, il fallait s'attendre, en cas de montage correct, à des traces correspondant à l'usure de la couche de passivation et au lissage des traces de façonnage initial.

Or, d'emblée, un contrôle visuel a permis de relever des traces sur l'axe, qui, en raison de leur position, laissaient présager que l'axe creux ne pouvait avoir été monté correctement.



Sur le côté externe (ci-après côté A), on reconnaît des traces d'usure plus sombres à l'extérieur de la rainure destinée au circlip.

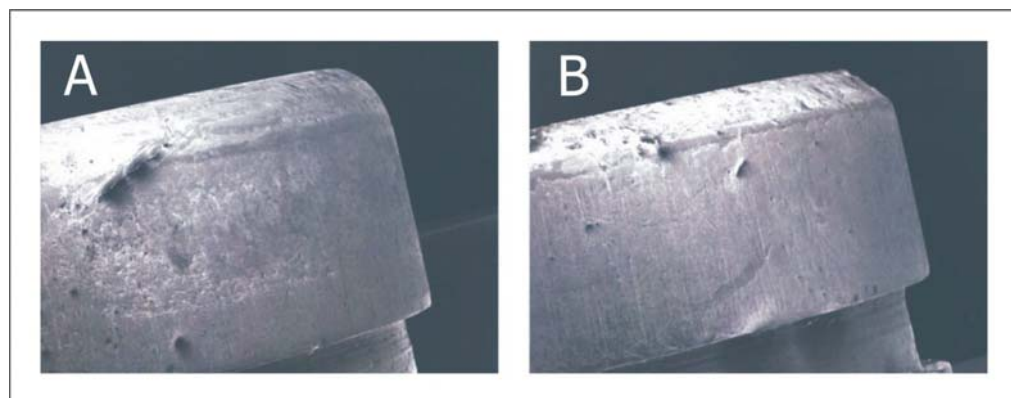
Or, au même endroit mais à l'autre bout (côté B), il n'y a aucune trace similaire sur tout le pourtour de l'axe. Au contraire, il n'y a que des griffures perpendiculaires au sens d'usure.



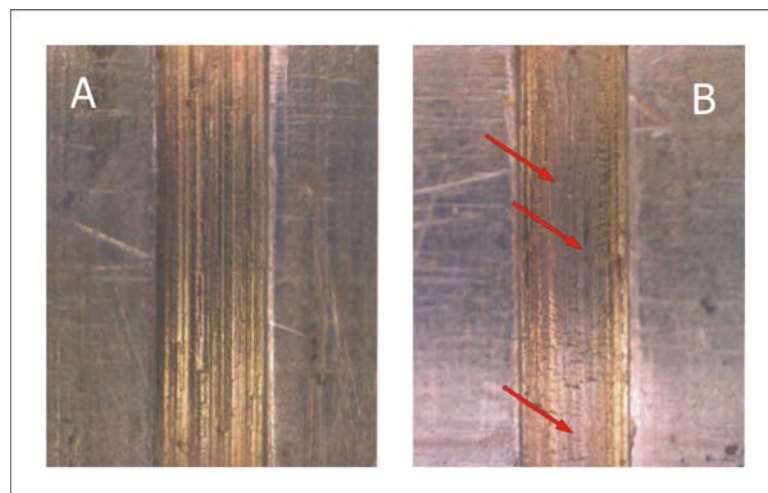
Par ailleurs, on a aussi constaté des traces d'usure similaires à une distance de 17 mm du bord B.

On ne constate des traces d'usure sur tout le pourtour de l'axe, caractéristique d'un montage correct, que du côté droit et à l'intérieur de la rainure destinée au circlip.

De plus, on constate de visu que la face du bord A est totalement arrondie, ceci contrairement aux bords bien marqués côté B (cf. illustration ci-après).



Une image des traces du fond de la rainure côté A ne laisse apparaître que des traces d'usure minimales. La couche de passivation jaunâtre est presque intacte. En revanche, les traces d'usure sont bien marquées au fond de la rainure côté B. La couche de passivation est par endroit endommagée sur de grandes surfaces et les traces de façonnage initiales sont partiellement polies.



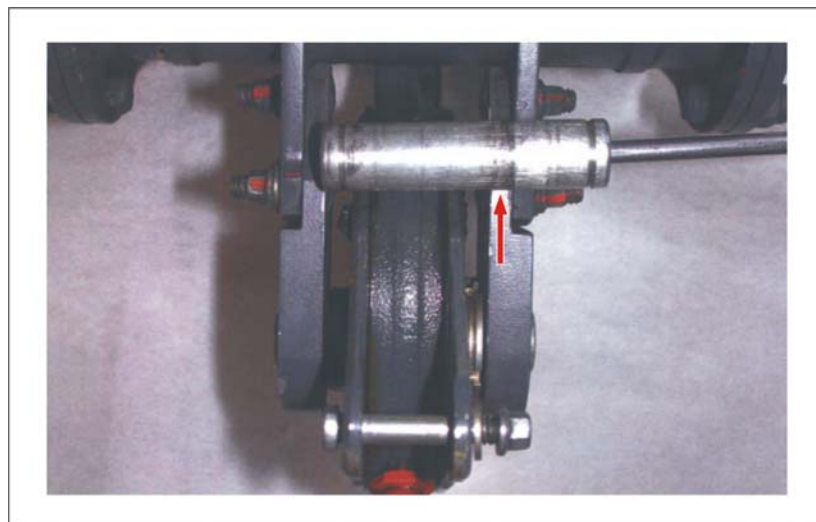
Des deux côtés, les surfaces latérales des rainures ne présentent aucune trace laissant supposer que les circlips aient été extraits de manière violente lors de l'accident.

L'image des traces sur l'axe creux montre clairement que ce dernier reposait durant une longue période installé en position déplacée latéralement, du côté B. Pour preuve, les traces d'usure aux endroits précédemment décrits et que l'on a notamment comparées aux traces d'usure sur un axe monté sur un hélicoptère similaire.

Autre indice: la face abrasée, indiquant que l'axe était de travers. De la sorte, sa face a été déformée par l'arrête arrière de la coque de la patte de fixation.



Enfin, les traces d'usure mesurées à environ 17 mm du bord B sont aussi un indice comme quoi l'axe était mal positionné depuis longtemps. Le support de ce côté se trouvait dans une position telle que si l'axe avait été poussé latéralement, il aurait pu glisser de son support du côté A.



L'absence presque totale de traces au fond de la rainure servant au circlip du côté A laisse conclure qu'un tel circlip n'a été monté, si c'est bien le cas, que pour une courte période.

Les traces évidentes au fond de la rainure du côté B prouvent que de ce côté un circlip avait été monté depuis longtemps.

Le constructeur de l'hélicoptère s'est occupé du problème et a analysé les matériaux mis à disposition. Ses conclusions sont les suivantes:

“L'exploitation des mesures d'efforts en vol et des essais de fatigue réalisés en laboratoire sur le combineur SA 315 en général et sur le bloc support en particulier permet de dégager les éléments suivants:

- *Il n'est pas possible d'expliquer une rupture en fatigue de seulement une des pattes de fixation au vu du spectre d'effort appliqué d'une part et des résultats de l'essai de fatigue d'autre part.*
- *Le mode de rupture obtenu sur l'appareil s/n 2645 n'est pas conforme avec celui mis en évidence lors de l'essai de fatigue.*
- *Il n'est pas possible de faire supporter les charges de vol à une seule patte de fixation à cause du fort déport amenant de la flexion.*

L'événement initiateur de la perte de la chaîne de collectif est donc bien le désengagement de l'axe d'articulation qui a entraîné la rupture de la patte de fixation restante soumise à la totalité des charges de vol.”

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

Les travaux d'entretien de l'hélicoptère HB-XTY ont été effectués dans les locaux techniques de l'exploitant.

1.18 Renseignements supplémentaires

Sans objet.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Pas de nouvelles techniques appliquées.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

Le défaut de la patte de fixation est dû au déplacement vers l'extérieur de l'axe.

Normalement l'axe est maintenu en place par deux circlips fixés de chaque côté. Or, un des deux au moins n'était pas monté avant l'accident, permettant à l'axe de s'échapper en glissant. Une fois sorti sur le côté, le mouvement s'est fait de manière excentrique et a entraîné la défectuosité de la patte de fixation. Les dommages sont apparus après un nombre indéterminé de cycles de charge. A partir de là, le dispositif de commande de pas collectif (*Pitch*) n'était plus relié correctement et donc inopérant.

2.2 Aspects opérationnels

Après avoir entendu la détonation et ressenti les vibrations, le pilote a réalisé la manoeuvrabilité réduite de la machine et l'inertie de la commande de pas collectif. Il a constaté qu'il n'avait plus de contrôle direct sur la vitesse de rotation du rotor et sur la vitesse de descente verticale en actionnant la commande de pas collectif. Il était donc indiqué qu'il se concentre sur l'opération immédiate d'un atterrissage d'urgence sur un terrain difficile, en l'occurrence un glacier traversé de crevasses.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

- Le pilote était en possession d'une licence CPL (H), établie par l'Office fédéral de l'aviation civile.
- La dernière révision générale de la cellule et le contrôle des 400 heures du moteur ont été effectués le 30 juillet 2002.
- Lors de la révision générale de la cellule, le combineur a été démonté, contrôlé pour y repérer d'éventuelles fissures, repeint et à nouveau monté.
- Le dernier contrôle des 200 h sur la cellule datait du 28 octobre 2002. A l'occasion de ce contrôle, la tête du rotor principal a également été changée.
- Le dernier contrôle des 50 heures datait du 28 novembre 2002.
- Le dernier contrôle journalier indiqué datait du 13 décembre 2002.
- Au moment de l'accident, au moins un des deux circlips fixant l'axe faisait défaut.
- La patte de fixation présentait une cassure de fatigue.

3.2 Cause

L'accident est dû à une collision avec le terrain suite à la perte de contrôle de l'hélicoptère, celui-ci devenu partiellement incontrôlable pour des raisons d'ordre mécanique.

Berne, le 20 avril 2006

Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation

Ce rapport sert uniquement à la prévention des accidents. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances de l'accident (art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation).