



Rapporto finale dell'Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici

relativo all'infortunio

dell'elicottero Ecureuil AS350B2, HB-XVM

del 12 agosto 1999

Alpe di Piora, zona lago Ritom TI

Ursache

Der Unfall ist auf einen Triebwerksausfall, verursacht durch einen Bruch einer Schaufel im Radialkompressor, zurückzuführen.

Rapporto finale

Il presente rapporto è stato redatto unicamente allo scopo di prevenire infortuni aeronautici. L'inchiesta non ha lo scopo di valutare giuridicamente le cause e le circostanze dell'infortunio (art. 24 della legge sulla navigazione aerea)

In Generale

Riassunto

L'elicottero Ecureuil AS350B2 era in volo da Ambri verso l'area di Disentis per eseguire trasporti di legname su incarico della ditta Heli-Rezia. A bordo vi erano il pilota e due assistenti di volo. Durante il volo, all'incirca all'altezza del lago Ritom, l'equipaggio avvertiva una detonazione simile a un'esplosione. Il pilota eseguiva una manovra di autorotazione che gli consentiva un atterraggio sicuro. L'equipaggio rimaneva incolume.

Inchiesta

L'infortunio si è verificato giovedì 12 agosto 1999 poco dopo le ore 10:00 LT (LT = UTC + 2). L'inchiesta è stata effettuata in collaborazione con la Polizia cantonale ticinese. Il motore danneggiato è stato esaminato minuziosamente da una ditta di manutenzione e dalla ditta produttrice Turbomeca.

1. Fatti

1.1 Svolgimento del volo

Il pilota partiva poco prima delle ore 10:00 LT dall'aerodromo di Ambri (LSPM) con l'incarico di eseguire trasporti di legname nell'area di Disentis.

Pochi minuti dopo il decollo, all'incirca nell'area del lago Ritom, si verificava una detonazione simile a un'esplosione e l'equipaggio avvertiva scosse e vibrazioni dell'elicottero.

Malgrado la perdita di potenza del motore, il pilota riusciva ad eseguire un'autorotazione e ad atterrare su di un pascolo alpino. Nel corso dell'atterraggio, l'elicottero compiva un giro di 90° a destra causando danni ai pattini.

Immediatamente dopo l'atterraggio, il rotore si arrestava; stando alle dichiarazioni del pilota il motore si era già fermato prima dell'atterraggio. Successivamente, il pilota applicava la procedura di spegnimento completo dell'elicottero, constatando che l'ELT (trasmittente di soccorso) era stato attivato. Poiché nessuno era rimasto ferito ed era stato possibile telefonare dalla vicina località di Cadagno, il pilota disattivava l'ELT.

1.2 Danni alle persone

	Pilota	Equipaggio	Terzi
Leggermente ferito o incolume	1	2	---
Ferito gravemente	---	---	---
Ferito mortalmente	---	---	---

1.3 Danni all'elicottero

La turbina è stata fortemente danneggiata. Sono stati riportati danni alla cellula.

1.4 Danni a terzi

Nessuno.

1.5 Persone coinvolte**1.5.1 Pilota**

Cittadino svizzero, anno di nascita 1957.

Licenza: Pilota professionale di elicotteri

validità: 06.12.1999

Estensioni: Radiotelefonìa RTI (VFR)

Volo notturno NIT, atterraggi in montagna MOU

Tipi di elicottero autorizzati: AIII, AS350 TYPES, B206 / 206L, B47 TYPES
K-1200, SA315

1.5.1.1 Esperienza di volo con elicotteri

Complessiva: 4570 h / 15 756 atterraggi

Nel corso degli ultimi 90 giorni 182 h

Negli ultimi 90 giorni su AS350: 140 h

1.5.2 Assistente di volo 1

Cittadino svizzero, anno di nascita 1968.

(titolare di una licenza di pilota professionale elicotteri)

1.5.3 Assistente di volo 2

Cittadino svizzero, anno di nascita 1965.

(nessuna licenza di volo)

1.6 Elicottero HB-XVM

Tipo: Ecureuil AS350B2
Costruttore: Eurocopter France / Aerospatiale
Caratteristiche: Elicottero a turbina con rotore a tre pale e pattini d'atterraggio fissi
Numero di serie: 2399
Anno di costruzione: 1990
Ore di volo complessive: 3553 h
Motore: Arriel 1D1, S/N 09076, Turbomeca
Genere d'impiego: Iscrizione al Registro CH il 24.02.95, traffico commerciale:

- VFR di giorno
- decolli con nebbia al suolo o nebbia elevata

Iscrizione al Registro CH il 13.09.94, traffico non commerciale:

- VFR di giorno e di notte
- decolli con nebbia al suolo o nebbia elevata

Direttive di navigabilità

del motore: tutte le direttive di navigabilità, incluse HB97-090/DGAC 95.069R1 e TU 208 sono state eseguite da Turbomeca.

HB99.139 dichiarate non applicabili da SAM Center SA il 27.04.99.

HB99.338 dichiarate non applicabili da SAM Center SA il 05.07.99.

Nessuna indicazione relativa a SB/SL del motore

Proprietario: Griti SA, CH-6537 Grono

Esercente: Heli Rezia SA, Aerodromo Ambri, CH-6775 Ambri

Massa e centro di gravità: entro i limiti prescritti

Indicazioni nel libro di rotta:

Nella colonna *IXc* del libro di rotta pubblicato dall'UFAC, sono disponibili due campi per ogni iscrizione, intitolati rispettivamente *total landings* e *cycles*. Nel campo *total landings* è stato riportato il numero delle rotazioni (*sling loads*). Sotto *total cycles* è riportato il numero delle procedure di avviamento del motore. Gli atterraggi non figurano separatamente.

1.6.1 Manutenzione della cellula

Il 5 agosto 1999 la ditta SAM Center SA, JAR 145 Ref. FOCA-177, ha eseguito ad Ambri un'ispezione delle 200h della cellula.

1.6.2 Potenzialità e manutenzione del motore

Prima di essere installato nell'elicottero HB-XVM, il motore S/N 09076 è stato riparato dal costruttore. In data 11 aprile 1996 il suo stato era il seguente:

Moduli:

Engine module overhaul status per 11.04.1996 (total 1594 hrs, 6684 Cy)						
Non Modular Engines or Modules	TBO		Consumed		Available	
	HRS	CY	HRS	CY	HRS	CY
Accessory Box	On condition	-	1594	-	On condition	-
Axial Compressor	3000	-	1594	-	1406	-
Gas Generator	3000	-	0	-	3000	-
Free Turbine	3000	-	1594	-	1406	-
Gear Box Module	3000	-	1594	-	1406	-

Componenti:

Life limited components status per 11.04.1996 (total 1594 hrs, 6684 Cy)						
Description	Life Limit		Consumed		Available	
	HRS	CY	HRS	CY	HRS	CY
Axial Compressor Wheel	-	14000	-	6584	-	7416
Central Compressor AS	-	14000	-	0	-	14000
Injection Wheel	-	8000	-	0	-	8000
Disc Stg 1 Gen	-	10000	-	0	-	10000
Disc Stg 2 Gen	-	10000	-	0	-	10000
Free Turbine Disc	-	10000	-	5400	-	4600

L'11 aprile 1996 (a revisione ultimata) il potenziale del motore era di:

1406h e 4600 *free turbine disc cycles*.

Quando il motore fu installato sull'elicottero HB-XVM, il 17 gennaio 1998, aveva 1594h, 6584 *gas generator cycles* e 5400 *free turbine disc cycles*.

Il 5 agosto 1999 la ditta SAM Center SA, JAR 145 ref. FOCA-177 eseguì ad Ambri un'ispezione delle 100h del motore a 2244h e 8283 *gas generator cycles*.

Sulla base del libro di rotta, la ditta di manutenzione ha calcolato che al momento dell'infortunio il motore aveva utilizzato un potenziale di 2260 h e di 8349 *gas generator cycles*.

1.7 Condizioni meteorologiche

Secondo MeteoSvizzera

Situazione generale:

La ripartizione della pressione nell'Europa centrale è piuttosto piatta. Sotto l'influsso di una debole corrente da sud, il versante sudalpino è interessato da una massa d'aria umida e instabile.

Situazione meteorologica sul luogo e al momento dell'infortunio:

Tempo/nubi: copertura compatta di nubi lungo il crinale alpino con momentanee schiarite nella Leventina poco prima del verificarsi dell'infortunio: 3-5/8 con base a 2200 s.l.m. al di sopra e 3-5/8 As con base a 4000 s.l.m.

Visibilità : circa 25 km

Vento: da sud-est tra 5 e 10 kt

Temperatura: +8 °C

Punto di rugiada: +6 °C

Pressione atmosferica: QNH 1016 HPa

Pericoli: nubi sulle Alpi

Posizione del sole: Azimut: 108° Altezza: 36°

1.8 Installazioni di radionavigazione al suolo

Non coinvolte.

1.9 Comunicazioni radiotelefoniche

Non sono state accertate comunicazioni radiotelefoniche rilevanti ai fini dell'infortunio.

1.10 Impianti aeroportuali

Non coinvolti.

1.11 Registratore dei parametri di volo

Non prescritto, non installato.

1.12 Informazioni sul relitto e il luogo dell'infortunio

1.12.1 Luogo dell'infortunio

Il luogo dell'infortunio si trova sul versante orientale del lago Ritom.

Coordinate: 697 680 / 155 950 a circa 1930 s.l.m.

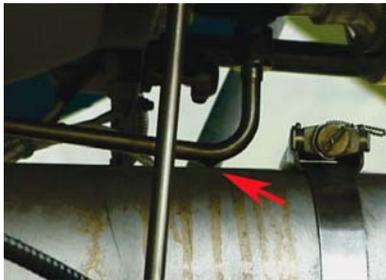
1.12.2 Elicottero

L'elicottero è atterrato su un pascolo alpino pianeggiante dopo un'autorotazione senza motore. La rotazione di circa 90 gradi a destra durante l'atterraggio ha provocato danni ai pattini.



1.12.3 Motore

Sul luogo dell'infortunio è stata accertata la fuoriuscita di olio dal motore. Sotto il motore sono stati rinvenuti dei residui e delle parti metalliche.



Oel



Späne

1.13 Reperti medici

Il pilota è stato sottoposto dal corpo di Polizia locale ad un test alcolemico che ha dato esito negativo.

1.14 Incendio

Non vi è stato incendio.

1.15 Possibilità di sopravvivenza

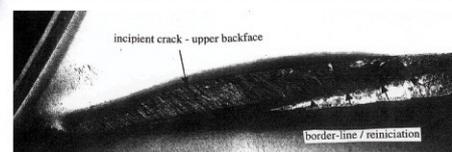
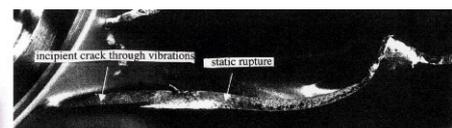
L'equipaggio è rimasto incolume. Tutti i membri dell'equipaggio indossavano un casco. Gli assistenti di volo non indossavano le cinture di sicurezza.

1.16 Esami particolari

Gli esami di laboratorio hanno rivelato la rottura di una pala del compressore radiale. Questa rottura dinamica è stata preceduta da una rottura da affaticamento dovuta alle vibrazioni causate dalle frequenze acustiche all'interno del compressore.



Centrifugal compressor wheel: one blade broken



Dai risultati dell'inchiesta tecnica è emerso tra l'altro che:

- *"The Gas Generator rotating assembly was seized.*
- *Tips of the axial compressor blades were in contact with walls of casing.*
- *The power turbine wheel was hard to rotate due to rough points and rubbing of blade tips against the casing walls.*
- *Struts of the power turbine NGV were found cracked*
- *Most of the pipes and electrical harness were removed from their lodging.*
- *Several blanks were all presenting metallic particles."*

Dall'analisi della rottura della pala n° 7 del compressore radiale è emerso che questa pala si è rotta in due fasi:

- 1) Rottura progressiva da affaticamento causata dalle vibrazioni, con inizio nella parte più interna della pala. Queste vibrazioni sono state causate da frequenze acustiche all'interno del compressore.
- 2) Rottura causata dalla forza centrifuga dopo che la fessura da affaticamento si era estesa verso l'esterno.

Tutti i frammenti trovati e le tracce rilevate sulla pala del compressore, sull'involucro e sull'elicottero (superficie sottostante il motore) corrispondono al materiale del compressore radiale. Non sono state rilevate tracce di elementi estranei al motore che avrebbero potuto essere all'origine della rottura.

Da un esame della trasmissione principale non sono emerse anomalie.

1.17 Informazioni concernenti l'organizzazione e la procedura

1.17.1 L'utilizzazione dei termini landing e cycle

Nel libro di rotta dell'HB-XVM, rispettando le indicazioni della ditta di manutenzione, i piloti hanno iscritto al termine di ogni volo il numero delle rotazioni sotto *total landings*. Sotto *total cycles* i piloti hanno iscritto il numero delle procedure di avviamento del motore.

Con queste indicazioni contenute nel libro di rotta, la ditta SAM Center SA ha calcolato i *gas generator cycles (NG)*. Il metodo di calcolo è descritto nel manuale di manutenzione della ditta Turbomeca. Nel caso in questione, fino al momento dell'infortunio sono stati calcolati 8349 *gas generator cycles*. Il limite (*life limite*) è fissato a 14 000 *gas generator cycles*.

Anche nel PRE (*programme recommandé d'entretien*) della ditta Eurocopter, relativamente ai *life-limited components* della cellula si opera anche con la nozione di *cycle*. Un *cycle* è definito nel modo seguente:

„As a general rule: a cycle is equal to a landing, irrespective of whether or not the rotor is stopped. (cycles that correspond to large torque variations). Specific instances: underslung load carrying: a cycle equals the transport of an external load ... oder ... one waterbombing operation.

These cycles are added to those counted according to the «general rule» principle.”

Per quanto concerne la manutenzione della cellula, il costruttore definisce la *service life limite (SLL)* dei singoli componenti nel modo seguente:

- *in operating hours only*
- *in cycles only*
- *in both hours and cycles ...* ovvero per quanto concerne il valore che per primo raggiunge il limite

1.17.2 Esempi di calcolo

Il seguente esempio di calcolo mostra come i *cycles* che si riferiscono a diversi ambiti di manutenzione (cellula o motore) possano assumere valori anche molto diversi: se un elicottero AS350B2 effettua in un giorno, p. es. per lavori di betonaggio o azioni antiincendio 100 rotazioni con cinque atterraggi e cinque procedure di avviamento, in relazione alla manutenzione della cellula risultano 105 *cycles*. Con il metodo di calcolo relativo alla manutenzione del motore, la stessa attività di volo dà luogo soltanto a $5 + (105 \times 0.15) = 21$ *cycles*. In quest'esempio, la differenza tra i *cycles* calcolati è all'incirca pari al fattore 5.

Al momento dell'infortunio, l'elicottero HB-XVM presentava 8349 *cycles* sulla base del metodo di calcolo per la manutenzione del motore. Poiché non era stato rilevato il numero degli atterraggi, non è dato sapere come sono stati calcolati per l'elicottero HB-XVM i *cycles* per la manutenzione della cellula. Per la manutenzione della cellula, il numero dei *cycles* avrebbe teoricamente potuto essere di cinque volte superiore.

1.18 Indicazioni supplementari

Il problema inerente alla rottura delle pale del compressore radiale di questo tipo di turbina era noto da qualche tempo. A livello mondiale vi è un'ampia casistica. Il costruttore Turbomeca aveva verificato diverse possibili cause ed era giunto, già prima dell'infortunio, alla conclusione che la rottura delle pale del compressore radiale erano state generate da frequenze acustiche.

Nel Service Bulletin n° 292 72 0261 del 20 settembre 1999, ovvero circa un mese dopo l'infortunio, è stata infine resa nota la soluzione del problema con la modifica TU 300 (*Module compresseur. Montage d'un fourreau dans le bossage de fixation de la vanne de décharge*).

Nei mesi che hanno preceduto l'incidente, il costruttore Turbomeca aveva tra l'altro inviato i seguenti documenti a tutti gli esercenti di questi motori:

12 marzo 1999: Alert Letter , Service Letter No. 1868/99 AR 1K/40

Subject: ARRIEL 1K – 1 K1, Centrifugal Compressor blade failure

Estratto:

... we have been informed of two recent occurrences of centrifugal compressor blades breaking on ARRIEL 2 S1 engines during normal engine operation. There have been similar events on the ARRIEL 1 S1, ARRIEL 1 D1 and ARRIEL 2B. No event has occurred so far on the ARRIEL 1K – 1 K1 ... We will keep you fully informed of the progress of our analyses and of any actions that may be required ...

31 marzo 1999: Service Bulletin No. 292 72 0246

Subject: Ultrasonic frequency inspection of the centrifugal compressor.

Estratto:

... This inspection was initially introduced to detect a possible manufacturing singularity on the centrifugal compressor blade. This hypothesis has now been eliminated. However this inspection is still carried out in the repair centers. It allowed two cracked centrifugal impellers to be identified.... As a reminder, blade rupture may lead to an in-flight engine power loss and to a possible accident with a helicopter that operates on a single engine....

Il 2 luglio 1999 l'UFAC ha trasformato questo SB in direttive di navigabilità n° HB 99-338 con entrata in vigore il 1° luglio 2000.

30 aprile 1999: Service Letter N° 1885/99 ARRIEL/47

Subject: ARRIEL 1 – all variants, Centrifugal compressor

Estratto:

... the investigation includes extensive testing ... to measure blade deflections which might result from slight blade rubs or aerodynamic loads. The possible effect of air bleed flow is also investigated. These tests are expected to be concluded by the end of May 1999 ... as indicated in our Alert Letters already distributed to all ARRIEL operators, the blade failures have so far affected only the ARRIEL 1 S1 – 2 S1 – 2B and 1 D1 models ... investigation to-date does not allow us to conclude yet that any of the ARRIEL 1 or 2 models is immune from the problem ... The action which is recommended to date is an ultra-sonic inspection of the centrifugal compressor blades on all ARRIEL 1 and 2 models ... the inspection is required ... before end of June 2000 for ARRIEL 1 D – 1 D1 ...

23 luglio 1999: Service Letter N° 1894/99 ARRIEL/49

Subject: ARRIEL 1 – all variants, Centrifugal compressor

Estratto:

... it is more and more unlikely that a manufacturing anomaly is directly the source of crack initiation ... the cracks do not derive from any material insufficiency ... the recorded blade strains show insufficient amplitude to initiate cracks ... for now, no other action than current inspection is recommended for engines in use ... it is wise to start those inspections once the engine will be removed for planned helicopter maintenance work, within the period of time set by the Service Bulletins ...

La ditta di manutenzione dell'HB-XVM non ha applicato il Service Bulletin n°. 292 72 0246 (*Ultrasonic frequency inspection of the centrifugal compressor*) fino al momento dell'infortunio poiché esso era prescritto soltanto per certi motori interessati dalla modifica TU 300.

2. Valutazione

2.1 Aspetti operativi

La reazione del pilota e l'esecuzione della successiva autorotazione erano buone.

2.2 Aspetti tecnici

La perdita improvvisa e totale di potenza del motore durante il volo è da imputare alla rottura di una pala del compressore radiale.

I problemi potenziali del motore ARRIEL 1 D – 1 D1 e di motori simili erano già noti da un po' di tempo all'industria del settore. A questo proposito, il costruttore Turbomeca aveva inviato diverse informazioni tramite *service letters*. La prescritta modifica volta a risolvere questo problema al motore (TU 300) è stata pubblicata dall'UFAC in una direttiva di navigabilità HB 99-588 (Ref: Turbomeca *Service Bulletin* n° 292 72 0261) il 17 dicembre 1999 con termine d'attuazione fissato al 31 marzo 2000.

Il termine *cycle* è utilizzato in diversi contesti per indicare dei valori differenti: per la manutenzione del motore di questa turbina Arriel i *cycles* sono calcolati in base ai *total landings*, alle *total rotations* e al numero dei processi di avvio del motore. Per la manutenzione della cellula dell'AS350B2 per determinate componenti viene utilizzato quale fattore limitante il numero dei *cycles* che rappresenta la somma dei *total landings* e delle *total rotations*. Per questo valore, nel PRE (programme recommandé d'entretien) di Eurocopter viene in parte utilizzato anche il termine di *unit*. Dal libro di rotta o dagli atti tecnici della cellula dell' HB-XVM non si evince il totale di queste *units* o *cycles*. Le indicazioni nel libro di rotta devono contenere i tre seguenti parametri: *rotations, landings, engine starts (cycles)*.

È evidente che sussistono tre interpretazioni diverse di questo termine.

3. Conclusioni

3.1 Accertamenti

- Il pilota era in possesso di una licenza di pilota professionale.
- L'autorotazione successiva al guasto al motore è stata eseguita con successo.
- Il velivolo era ammesso al traffico commerciale.
- Massa e centro di gravità si trovavano entro i limiti prescritti.
- Ultima ispezione della cellula: il 5 agosto 1999 la ditta SAM Center SA, JAR 145 Ref. FOCA-177, ha effettuato ad Ambri un'ispezione delle 200h della cellula.
- Ultima ispezione del motore: il 5 agosto 1999 la ditta SAM Center SA, JAR 145 Ref. FOCA-177, ha effettuato ad Ambri un'ispezione delle 100h del motore.
- Direttive di navigabilità del motore: tutte le direttive di navigabilità, comprese HB97-090/DGAC 95.069R1 e TU 208 sono state eseguite da Turbomeca.

HB99.139 dichiarate non applicabili da SAM Center SA il 27.04.99.

HB99.338 dichiarate non applicabili da SAM Center SA il 05.07.99.

- Nessuna indicazione relativa a SB/SL del motore
- La perdita improvvisa e totale di potenza durante il volo è da imputare alla rottura di una pala nel compressore radiale.
- Secondo indicazioni della ditta di manutenzione, il danno è occorso durante i normali limiti di tempo ammessi per il funzionamento del motore.
- Il problema era noto al costruttore del motore e si era alla ricerca di soluzioni.
- L'autorotazione effettuata dopo il guasto al motore ha avuto buon esito.
- Le indicazioni iscritte nel libro di rotta dall'operatore non corrispondevano alle prescrizioni del costruttore, ovvero non era possibile desumere singolarmente i *rotations, landings und engine starts (cycles)*.
- Nella manutenzione del motore e delle cellule, il termine *cycle* ha diversi significati e diverse valenze che possono dare adito a fraintendimenti.
- Le condizioni meteorologiche non hanno influito sull'incidente.

3.2 Causa dell'incidento

L'incidento è da ricondurre a un guasto al motore provocato dalla rottura di una pala nel compressore radiale.

3.3 Raccomandazioni di sicurezza no. 329

L'Ufficio federale dell'aviazione civile deve provvedere affinché il termine *cycle* sia definito e utilizzato in modo univoco nell'ambito della manutenzione di motori e cellule.

L'Ufficio federale dell'aviazione civile deve valutare se prescrivere l'installazione di dispositivi dai costi accessibili per il controllo dei parametri di volo e del motore.

Berna, 27 gennaio 2005

Ufficio d'inchiesta sugli incidenti aeronautici

Il presente rapporto è stato redatto unicamente allo scopo di prevenire incidenti aeronautici. L'inchiesta non ha lo scopo di valutare giuridicamente le cause e le circostanze dell'incidento (art. 24 della legge sulla navigazione aerea)