



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

Concordo e proponho  
à consideração superior  
para homologação.  
Ap. 93.03.31  
Visto

Concordo.  
Havil. J.º  
*[Signature]*  
13.4.93

Do Sr. G. Pi  
*[Signature]*  
93.04.14

RELATÓRIO DO ACIDENTE COM O HELICÓPTERO  
CS-HBA, MODELO ECUREUIL AS-350-B  
OCORRIDO EM SEMINA, NA QUINTA DA BALAIA  
EM 26-JUNHO-1991

NOTA: esta aeronave foi mandada apreender  
por ordem do 15º juízo do Tribunal Cível da  
Comarca de Lisboa (ofício 583 - Pº10.333 de 93.04.01  
transmitido por FAX nesta data)

RELATÓRIO Nº 16/ACCID/GPI/91

A consideração superior propondo-se  
a homologação de recomendações de 4.2  
em virtude das recomendações 4.1.1. e 4.1.2  
já terem sido efectuadas imediatamente em data  
anterior.

Propor-se ainda o envio de cópia deste relatório  
ao Operador; DMA; e Bureau de Enquêtes  
de France, país do Fabricante.

G. Pi  
*[Signature]*

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

I N D I C E

SINOPSE

- 1.1 FACTOS
- 1.2 DANOS PESSOAIS
- 1.3 DANOS NA AERONAVE
- 1.4 OUTROS DANOS
- 1.5 INFORMAÇÕES SOBRE A TRIPULAÇÃO
- 1.6 INFORMAÇÃO SOBRE A AERONAVE
- 1.7 INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS
- 1.8 AJUDAS À NAVEGAÇÃO
- 1.9 COMUNICAÇÕES
- 1.10 AERÓDROMO
- 1.11 INFORMAÇÃO SOBRE GESTÃO E ORGANIZAÇÃO
- 1.12 REGISTADORES DE VOO
- 1.13 DESCRIÇÃO PANORÂMICA DOS DESTROÇOS
- 1.14 INFORMAÇÃO MÉDICA
- 1.15 FOGO
- 1.16 SOBREVIVÊNCIA
- 1.17 ENSAIOS E PERITAGENS



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

- 2. ANÁLISE
- 3. CONCLUSÃO
- 3.1 FACTOS ESTABELECIDOS
- 3.2 CAUSA PROVÁVEL
- 4. RECOMENDAÇÕES
- 4.2 RECOMENDAÇÕES FINAIS

ANEXOS

- ANEXO 1 RELATÓRIO DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATERIAIS
- ANEXO 2 DN 91-13-01; DN 91-13-02 E PÁGS 3 DO CAP. 5-10-02 DE OCT 1991 E DEC. 1991
- ANEXO 3 LETTRE SERVICE Nº 1406/91/ARRIEL/1 DE 11 MARS 1991

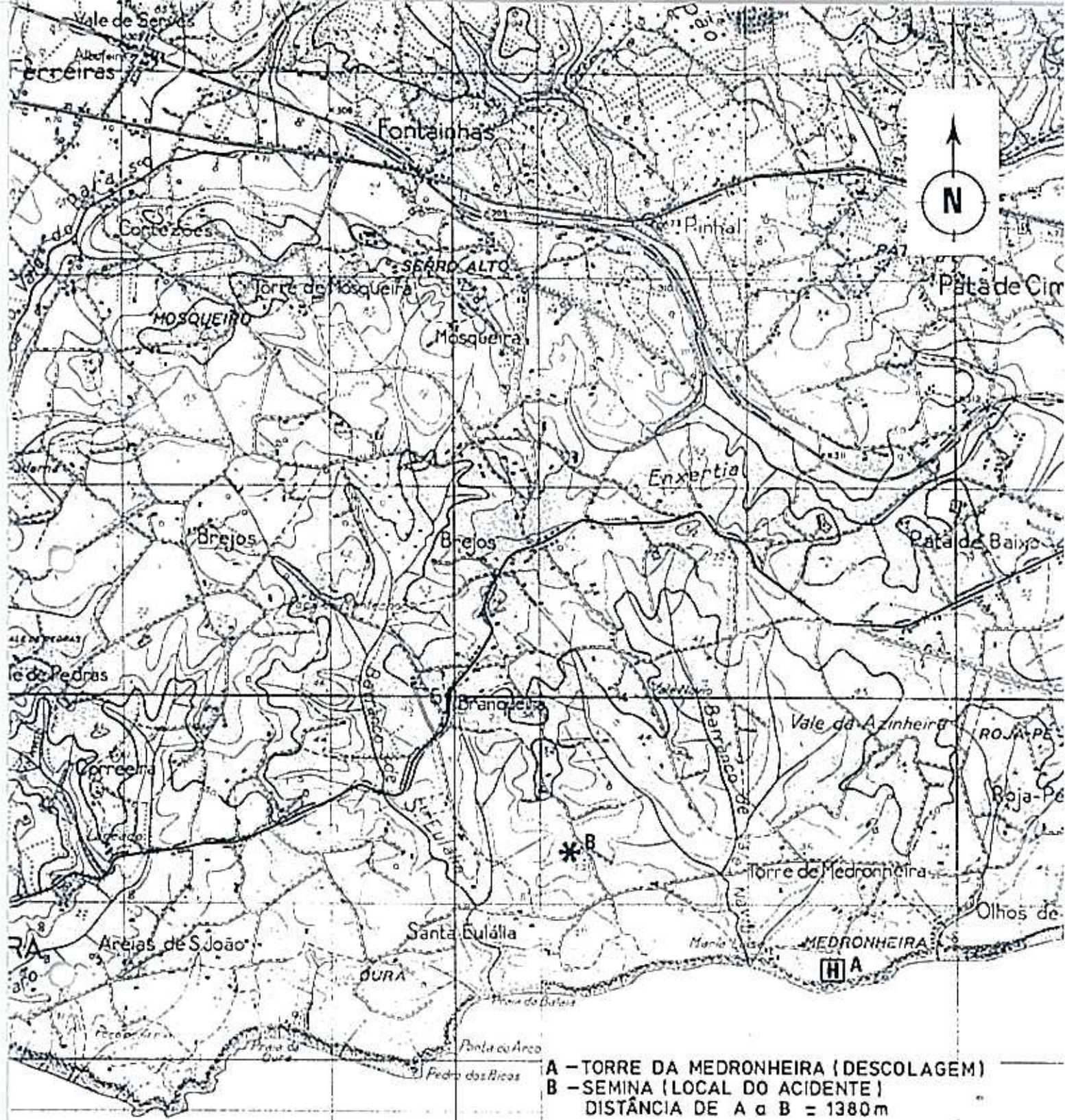
MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

SINOPSE

No dia 26 de Junho de 1991, o helicóptero modelo ECUREUIL AS-350-B, matrícula CS-HBA, após ter descolado da torre da MEDRONHEIRA, cerca das 12:00, para efectuar um voo particular com destino a LISBOA, sofreu um acidente devido ao colapso do motor, despenhando-se no em Semina, na Quinta da Balaia.

Em consequência do acidente o piloto ficou ferido, assim como os dois passageiros.

A notificação do acidente foi transmitida no mesmo dia ao Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes. Os investigadores deslocaram-se ao local do acidente na manhã do dia imediato ao da ocorrência.



**DIRECÇÃO-GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL**  
 GABINETE DE PREVENÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES

ACIDENTE COM O HELICÓPTERO CS - HBA  
 MODELO AS-350 OCORRIDO NA SEMINA  
 QUINTA DA BALAIA

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

1. FACTOS

1.1 HISTÓRIA DO VOO

O piloto descolou da torre da Medronheira - Algarve - com destino a Lisboa.

Após a descolagem entrou em contacto com o ATC de Faro pedindo autorização para 1 500 pés.

Com o helicóptero em linha de subida e a cerca de 700 pés, o piloto ouviu um estrondo no motor seguido de rotação do helicóptero sobre o eixo vertical.

O piloto executou seguidamente os procedimentos normais da autorotação.

Devido às irregularidades do terreno o piloto manobrou para um espaço que lhe pareceu com condições de aterragem.

O piloto executou uma autorotação do tipo de velocidade de translação zero executando um "FLARE" pronunciado. O primeiro contacto com o terreno foi efectuado com a "BEQUILLE" e a velocidade zero. Em resultado o helicóptero ficou seriamente danificado.

1.2 DANOS PESSOAIS

1.2.1 Do acidente resultaram ferimentos graves no piloto e menos graves nos dois passageiros.

1.3 DANOS NA AERONAVE

Ver 1.3.1 e 1.3.2, nas páginas seguintes.



DIRECÇÃO-GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL  
DIRECÇÃO DO MATERIAL AERONÁUTICO

COMPONENTES		ESTADO				OBSERVAÇÕES	
		DESTRUÍDO	GRAVE	LIGEIRO	INTACTO		
ROTOR PRINCIPAL	PÁS				X		
	CUBO				X		
	MASTRO				X		
	COMANDOS			X			
ROTOR DE CAUDA	PÁS	X					
	CUBO		X				
	TRANSMISSÃO	X				- Separada	
	COMANDOS	X					
	GUARDA DO MOTOR GEAR FOX				X		
TRANSMISSÃO	ACESSÓRIOS				X		
	CAIXA				X		
	CIRCUITOS DE LUBRIFICAÇÃO				X		
TREM	RODAS	Direito				- NÃO APLICÁVEL	
		Esquerdo				- NÃO APLICÁVEL	
	PATIM	Direito	X				- Travessa anterior fracturada na zona de fixação à fuselagem.
		Esquerdo	X				- Travessa anterior e posterior fracturadas na zona de fixação à fuselagem.



DIRECÇÃO-GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL  
DIRECÇÃO DO MATERIAL AERONÁUTICO

COMPONENTES	ESTADO				OBSERVAÇÕES
	DESTRUIDO	GRAVE	LIGEIRO	INTACTO	
CINTOS DE SEGURANÇA				X	
MOTOR		X			<ul style="list-style-type: none"><li>- Pós da turbina livre muito danificada.</li><li>- Carter exterior da turbina fracturado.</li><li>- Rotura circular em toda a periferia da parede de turbulência da câmara de combustão.</li></ul>
ACCESÓRIOS DO MOTOR	F.C.U.			X	
	GERADOR			X	
	TRANSMISSOR TORQUE			X	
	TRANSMISSOR PRESSÃO			X	
	BUJÃO MAGNETICO				X
TOMADA DE AR				X	
BERÇO DO MOTOR		X			
FUSELAGEM		X			<ul style="list-style-type: none"><li>- Danificada em toda a extensão da cabine de pilotagem</li><li>- Separada do cone de cauda, "TAILBOOM"</li></ul>
PLANO FIXO HORIZONTAL			X		
DERIVA	X				- Destruída na base de fixação.
COMANDOS DE VOO		X			

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

1.4 OUTROS DANOS

Não há conhecimento da existência de outros danos.

1.5 INFORMAÇÕES SOBRE A TRIPULAÇÃO

PILOTO: Sexo masculino; 57 anos de idade  
Titular de uma licença de Piloto Comercial  
de Helicópteros.

Experiência de Voo: 3 165:55 horas  
Último exame médico: 01/04/91

1.6 INFORMAÇÃO SOBRE A AERONAVE

Ver 1.6.1, na página seguinte.

1.7 INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS

Não existem observações meteorológicas específicas, mas o acidente ocorreu de dia e com visibilidade superior a 10 Km, sem nuvens e vento calmo.

1.8 AJUDAS À NAVEGAÇÃO

Não pertinente.

1.9 COMUNICAÇÕES

A aeronave tinha comunicações VHF Standard e estava em comunicação com o ATC de Faro.



**DIRECÇÃO - GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL**  
**DIRECÇÃO DO MATERIAL AERONÁUTICO**

**REGISTO HISTÓRICO DA AERONAVE**

CÉLULA											
FABRICANTE: AEROSPATIALE		MODELO: AS-350 B		N.º DE SÉRIE 1965		ANO CONSTRUÇÃO: 1986		MARCAS DE NACIONALIDADE E MATRÍCULA: CS-HBA			
PROPRIETÁRIO: AVIALGARVE				EMPREGO: I. P.				CERTIFICADO DE MATRÍCULA: N.º 649/1 DATA 06 / 11 / 86			
CERTIFICADO DE NAVEGABILIDADE: N.º 649/1		DIÁRIO DE NAVEGAÇÃO:				VALIDADE DO CN:		ÚLTIMA VISTORIA D.G.A.C.:			
DATA EMISSÃO 07 / 11 / 86		N.º 5 ÚLTIMO SERVIÇO:				20 / 11 / 91		I. T. : INICIAL			
TEMPO TOTAL DE SERVIÇO: 1356:00		T. APÓS ÚLTIMA R.G. --		N.º DE ATERRAGENS: 2409		ÚLTIMA INSPECÇÃO: T. T. 1338:45 h					
						DATA 07 / 06 / 91 TIPO 30H OFICINA AVIALGARVE					
SITUAÇÃO DA AERONAVE FACE ÀS DTE'S APLICÁVEIS: CUMPRIDAS								C. AERONAVE: N.º 3			
OBSERVAÇÕES:											
MOTORES											
	MARCA	MODELO	N.º DE SÉRIE	ANO CONST.	TEMPO TOTAL	TEMPO APÓS ULT. REG.	ÚLTIMA INSPECÇÃO				SITUAÇÃO FACE ÀS DTE'S APLICÁVEIS
							DATA	TIPO	OFICINA	I. T.	
1	TURBOMECA	ARRIEL 1 B	968	1986	1356:00 e 2775 ciclos T.T.	--	7/6/91	30H	AVIALGARVE	1338:45	CUMPRIDAS
2											
CADERNETAS: MOTOR 1: 2 MOTOR 2:			OBSERVAÇÕES:								
HÉLICES/ROTORES											
	MARCA	MODELO	N.º DE SÉRIE	ANO CONST.	TEMPO TOTAL	TEMPO APÓS ULT. REG.	ÚLTIMA INSPECÇÃO				SITUAÇÃO FACE ÀS DTE'S APLICÁVEIS
							DATA	TIPO	OFICINA	I. T.	
CAUDA PRINCIPAL	AEROSPATIALE	350A.31.0000.06	M1123	1986	1356:00	-	7/6/91	30 H	AVIALGARVE	1338:45	CUMPRIDAS
CAUDA	AEROSPATIALE	350A.12.0000.08	2843	1987	1250:50	-	7/6/91	30 H	AVIALGARVE	1230:50	CUMPRIDAS
CADERNETAS: HELICE 1: 3 HELICE 2:			OBSERVAÇÕES:								

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

1.10 AERÓDROMO

Não pertinente.

1.11 INFORMAÇÃO SOBRE GESTÃO E ORGANIZAÇÃO

O helicóptero era operado por uma empresa de transporte aéreo não regular que estava certificada pela DGAC. A manutenção da aeronave foi efectuada em oficina certificada e de acordo com os protocolos aprovados pela DGAC. Foram cumpridas em tempo, todas as Inspeções periódicas recomendadas pelo Fabricante, pelo que a manutenção de aeronave se encontrava actualizada à data do acidente.

1.12 REGISTADORES DE VOO

A aeronave não estava equipada com registadores de voo.

1.13 DESCRIÇÃO PANORAMICA DOS DESTROÇOS

O helicóptero efectuou uma aterragem com muita violência e ficou agrupado no local de impacto, apenas com separação de uma pá do rotor de cauda e o estabilizador vertical.

Ver fotografias nas páginas seguintes.

09



VISTA PANORÁMICA DOS DESTRUÇÕES

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

1.14 **INFORMAÇÃO MÉDICA**

O registo médico existente na Divisão de Medicina Aero-náutica da DGAC/DPA, não revela nada de significativo em relação ao piloto da aeronave. No último exame médico havia sido considerado APTO.

1.15 **FOGO**

Não houve fogo.

1.16 **SOBREVIVÊNCIA**

O piloto e os dois passageiros foram assistidos no Hospital Distrital de Faro, tendo mais tarde os sinistrados sido evacuados para uma unidade hospitalar de Lisboa, para efectuarem exames médicos mais pormenorizados.

1.17 **ENSAIOS E PERITAGENS**

1.17.1 Na análise efectuada no terreno, e de acordo com o depoimento do piloto, verificou-se que houve falha de potência com informação de elevação da temperatura T-4.

1.17.2 Para determinar a razão da falha de potência e elevação da temperatura T-4 no voo do acidente, foram mais tarde efectuadas novas peritagens:

1.17.2.1 Utilizando um endoscópio foi verificada a câmara de combustão onde se detectou existir uma rotura circular em toda a periferia da parede (TOLE) de turbulência, assim como danos graves nas pás da turbina livre (ver exemplo na fig. 605, Pág. 605, Cap. 72-40-10 do Manuel d'Entretien da Turbomeca e fotografias).

4. Recherche des défauts sur la chambre de combustion (Figure 605)

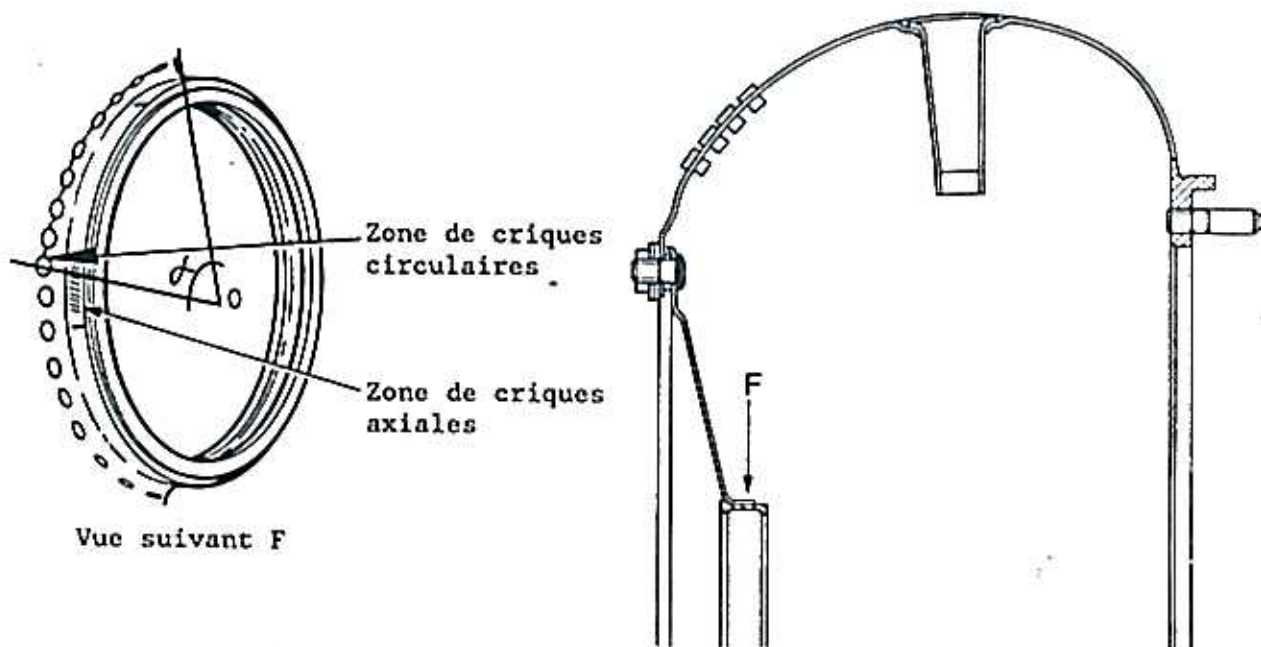
A. Généralités

Le contrôle endoscopique de certaines parties du générateur de gaz peut être effectué :

- Par les orifices de  $\phi$  13 mm, de passage des injecteurs ou des allumeurs afin d'examiner la chambre de combustion et le distributeur ler étage de turbine du générateur de gaz. Utiliser pour cette opération un endoscope  $\phi$  8, vision 60°, champs 60°.

**NOTA :**

Pour l'examen des pales de turbine ler étage (paragraphe 5), il est utilisé un endoscope semi-souple de  $\phi$  6 mm et un guide.



- Figure 605 - Zones de criques sur la toile de turbulence -

B. Critères d'acceptation

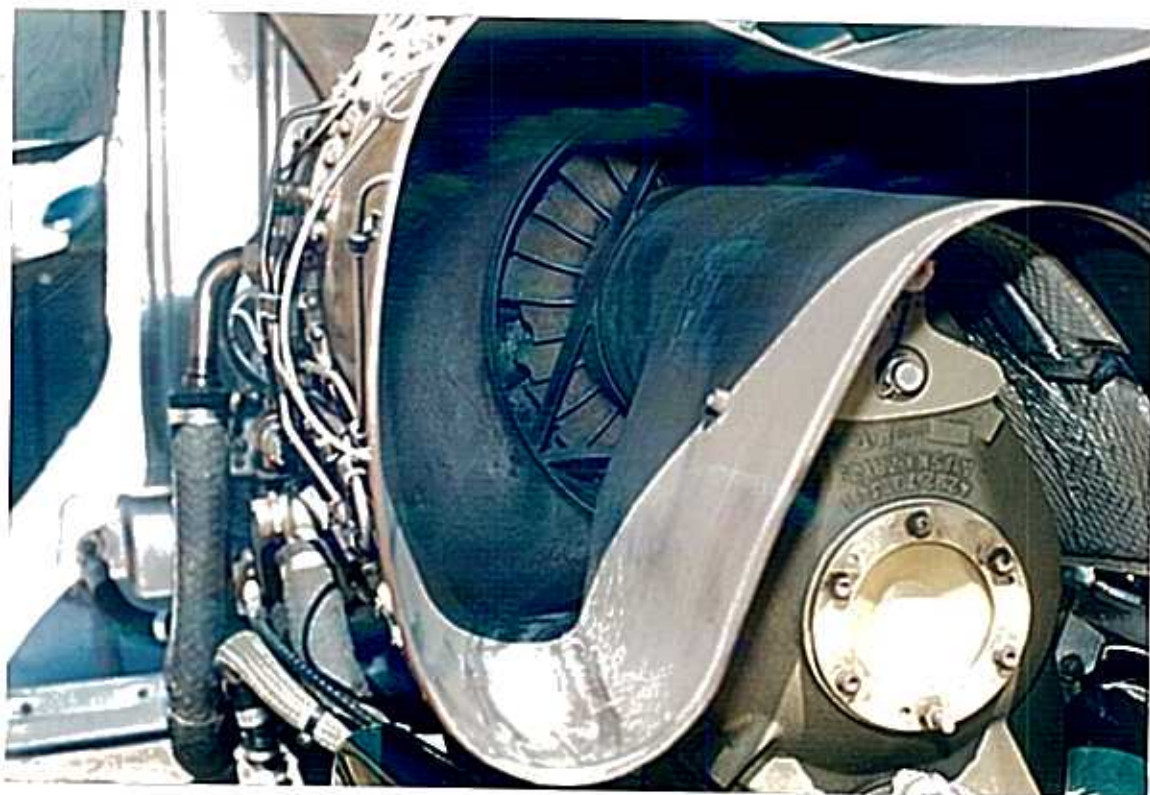
- 1) D'une façon générale AUCUN DEFAUT (crique, brûlure, fissure, impact, déformation) N'EST ACCEPTE.
- 2) Cependant : sur la virole de la toile de turbulence de la chambre de combustion (Figure 605), les criques axiales sont acceptées si elles ne présentent pas de risque de départ d'éclat.
- 3) Criques circulaires dans la zone localisée ci-dessus allant de trou en trou.

Toute crique développée sur un arc égal ou supérieur à 180° nécessite le retour en usine du MO3.

Dans le cas de plusieurs criques, considérer l'arc allant du début de la lère crique à la fin de la dernière.

L'amplitude des criques est donnée en degrés ( $\alpha$ )

- $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  : Maintien en service et inspection endoscopique toutes les 100 h.
- $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  : Maintien en service et inspection endoscopique toutes les 50 h.
- $\alpha \geq 180^\circ$  : Dépose du MO3 et retour en usine.



PANORAMICA DOS DANOS GRAVES NAS PÁS DA TURBINA LIVRE

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

- 1.17.3 Em 13 de Dezembro de 1991 foi efectuada uma peritagem à turbina nas instalações do fabricante. A desmontagem da turbina permitiu constatar:
- 1.17.3.1 O núcleo do distribuidor do 2º andar da turbina estava destruído.
  - 1.17.3.2 As pás do 2º andar da turbina estavam destruídas.
  - 1.17.3.3 O bordo de fuga das pás do 1º andar da turbina estavam fracturados.
  - 1.17.3.4 existia uma rotura circular na TÓLE de turbulência da câmara de combustão.
- 1.17.4 Na peritagem verificou-se que as travessas posteriores e anteriores do trem de aterragem apresentavam roturas e corrosões anteriores ao acidente. (Ver exemplo na Fig.1, Pág 02, Cap. 32-10-10 do IPC da Aerospatiale e fotografias, na página seguinte).
- Estas anomalias foram confirmadas em Laboratório.  
(Ver ANEXO 3)

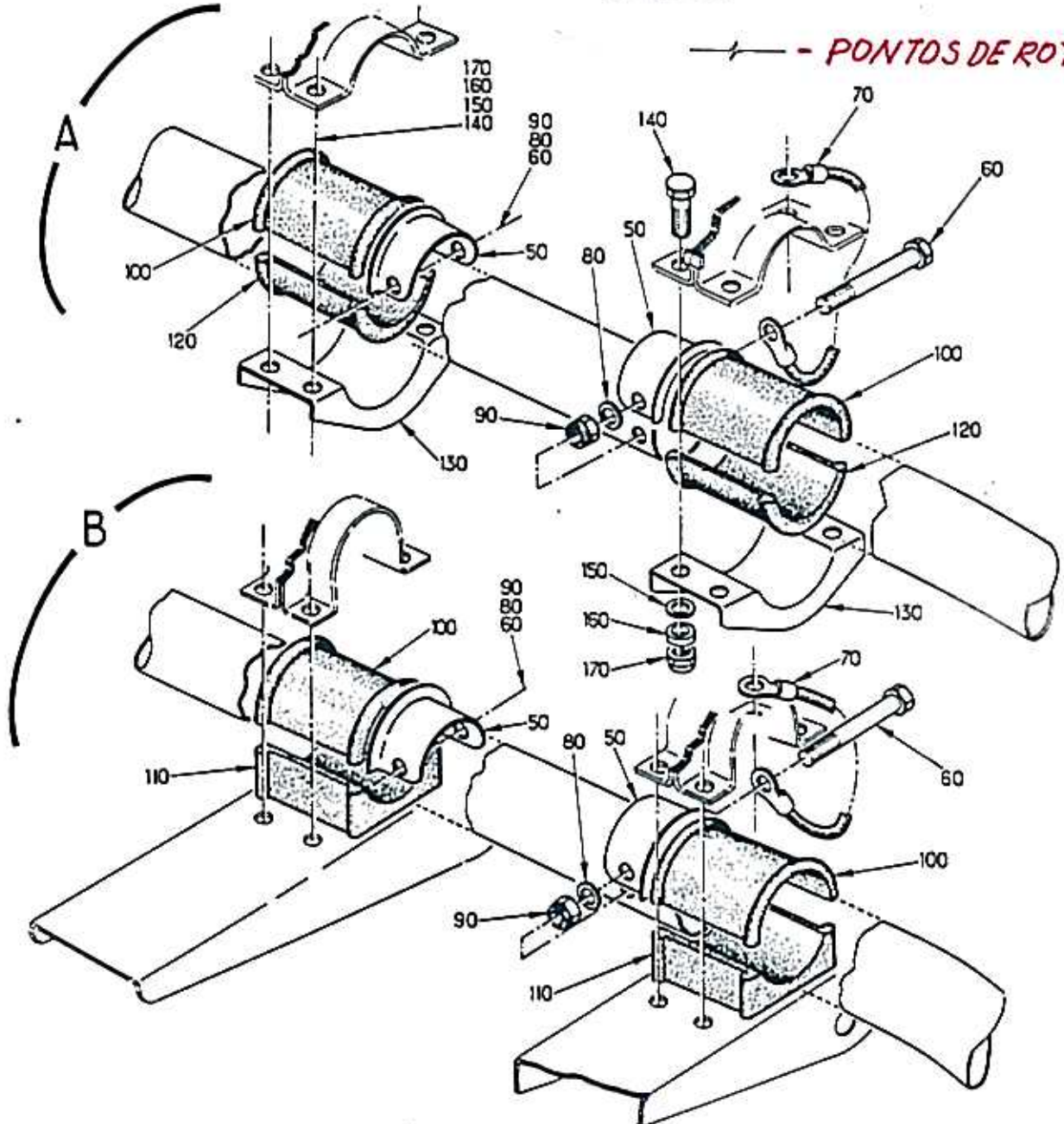
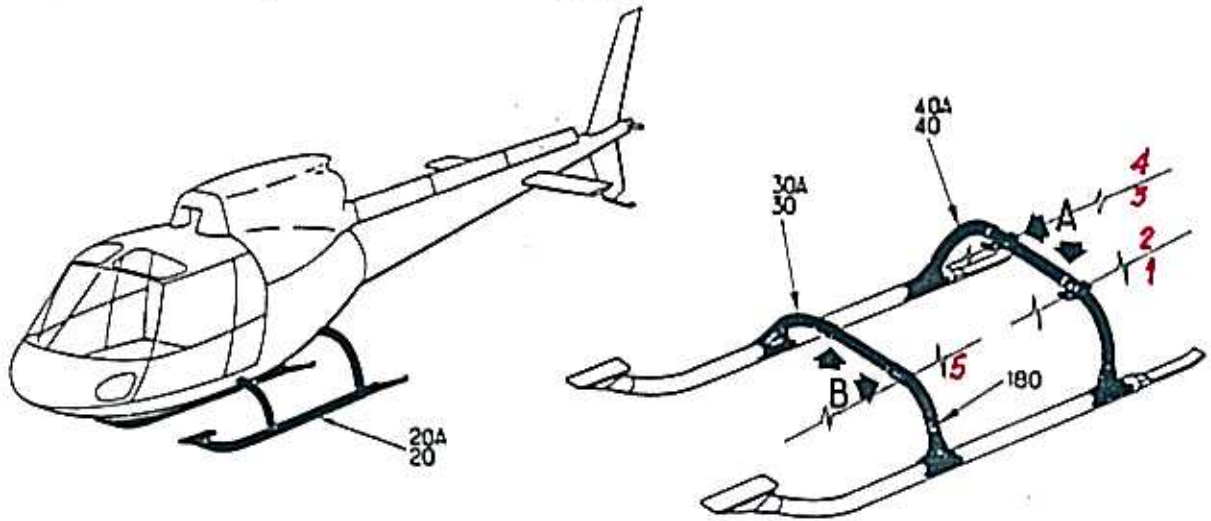
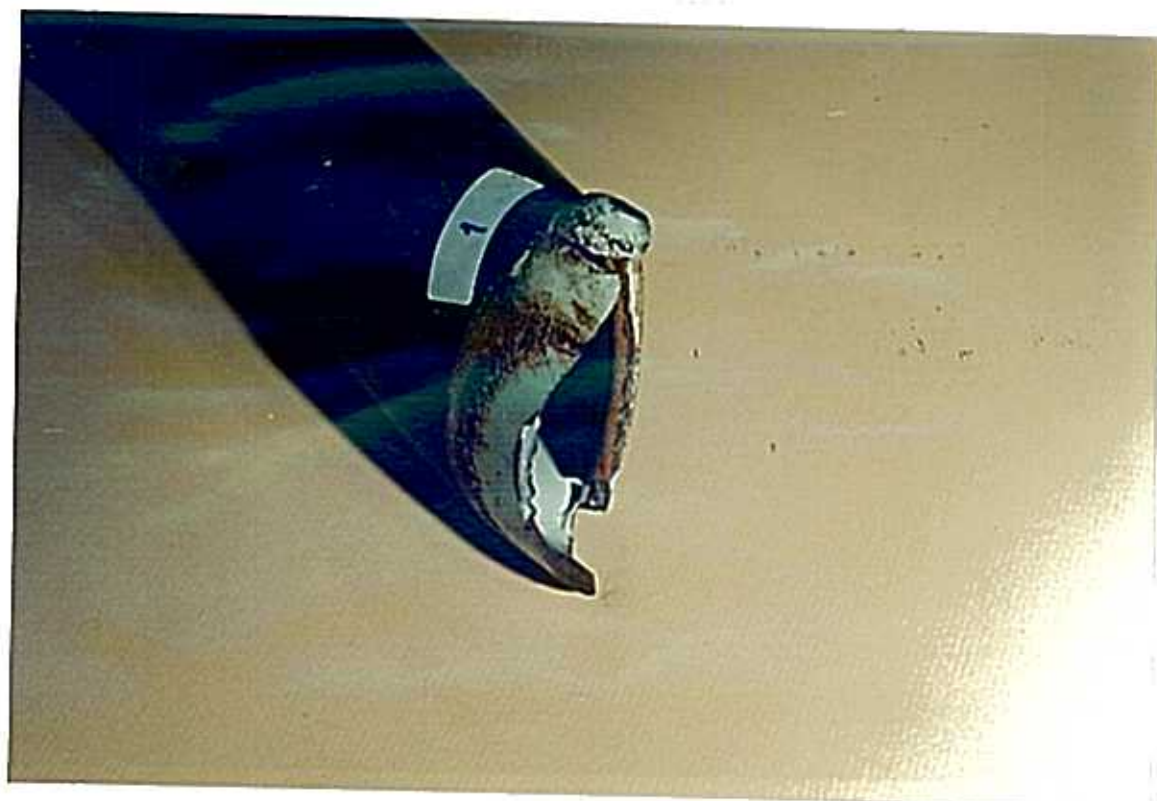
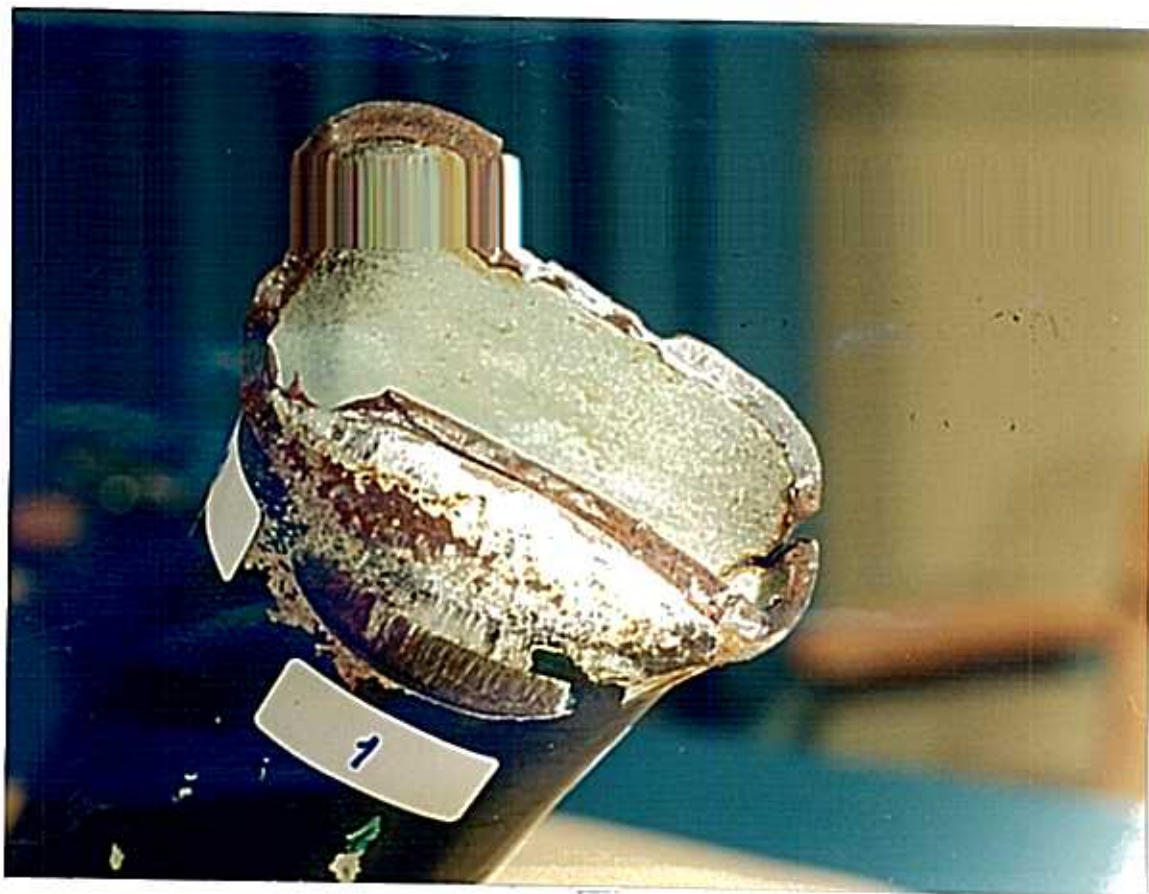
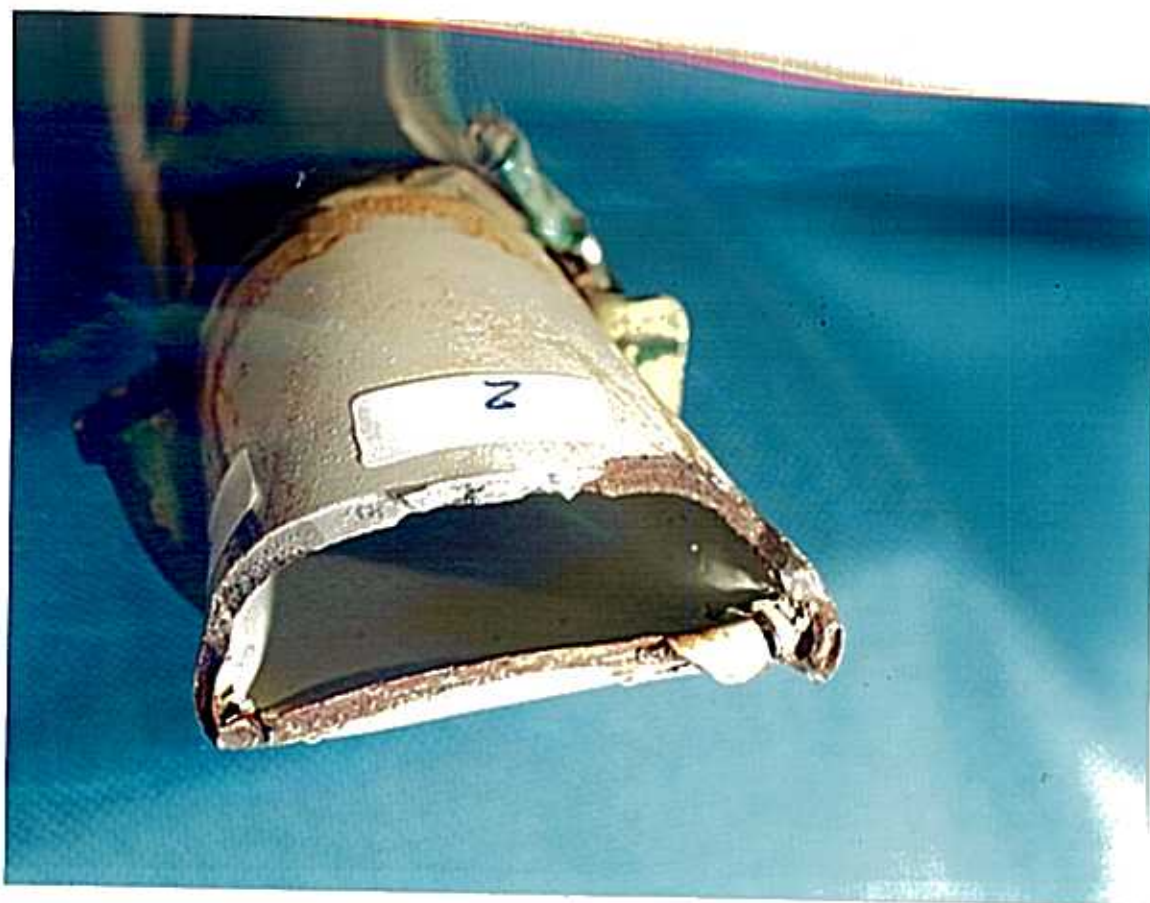


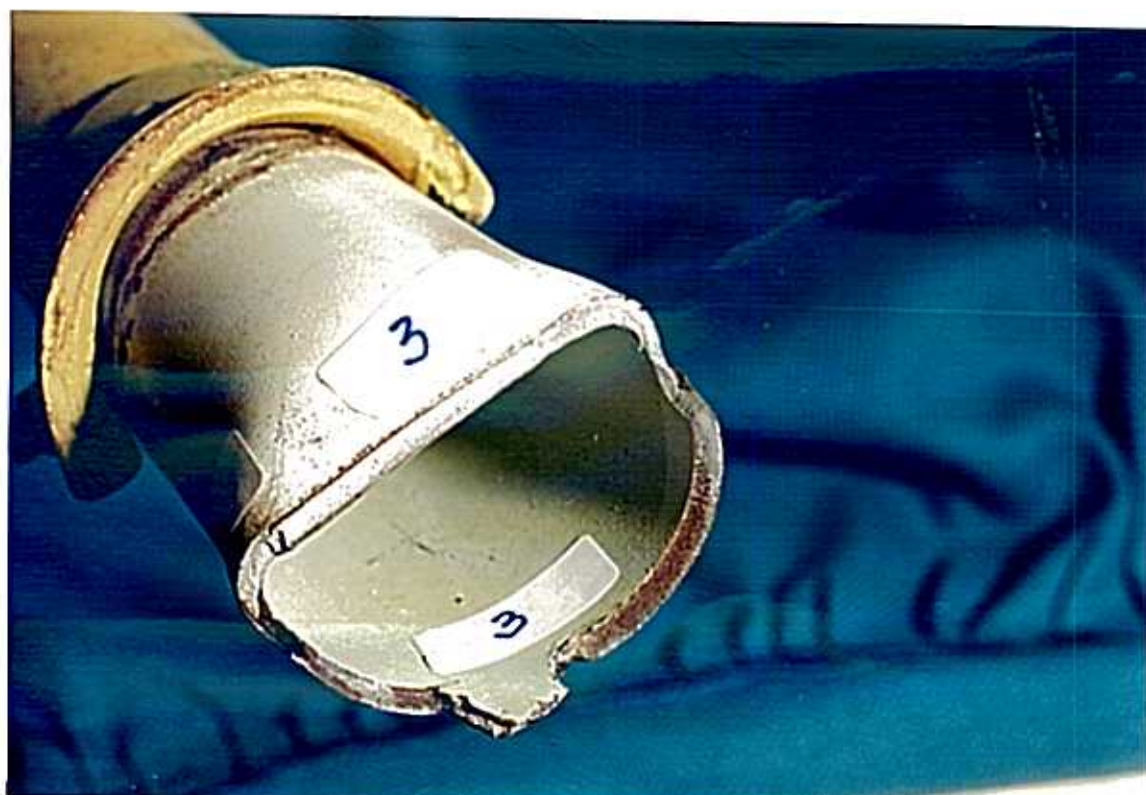
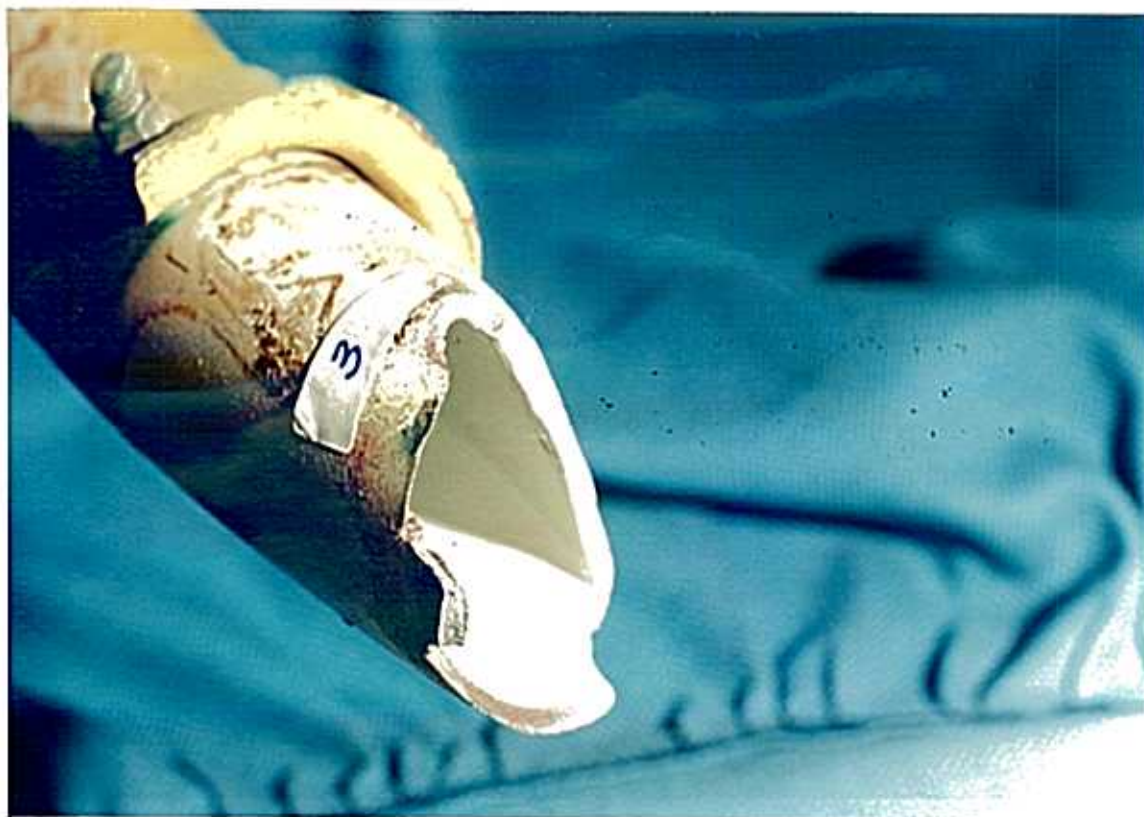
FIG.1  
INSTALLATION TRAIN RIGIDE  
RIGID LANDING GEAR INSTALLATION



ROTURA DA TRAVESSA POSTERIOR LADO ESQUERDO (1)



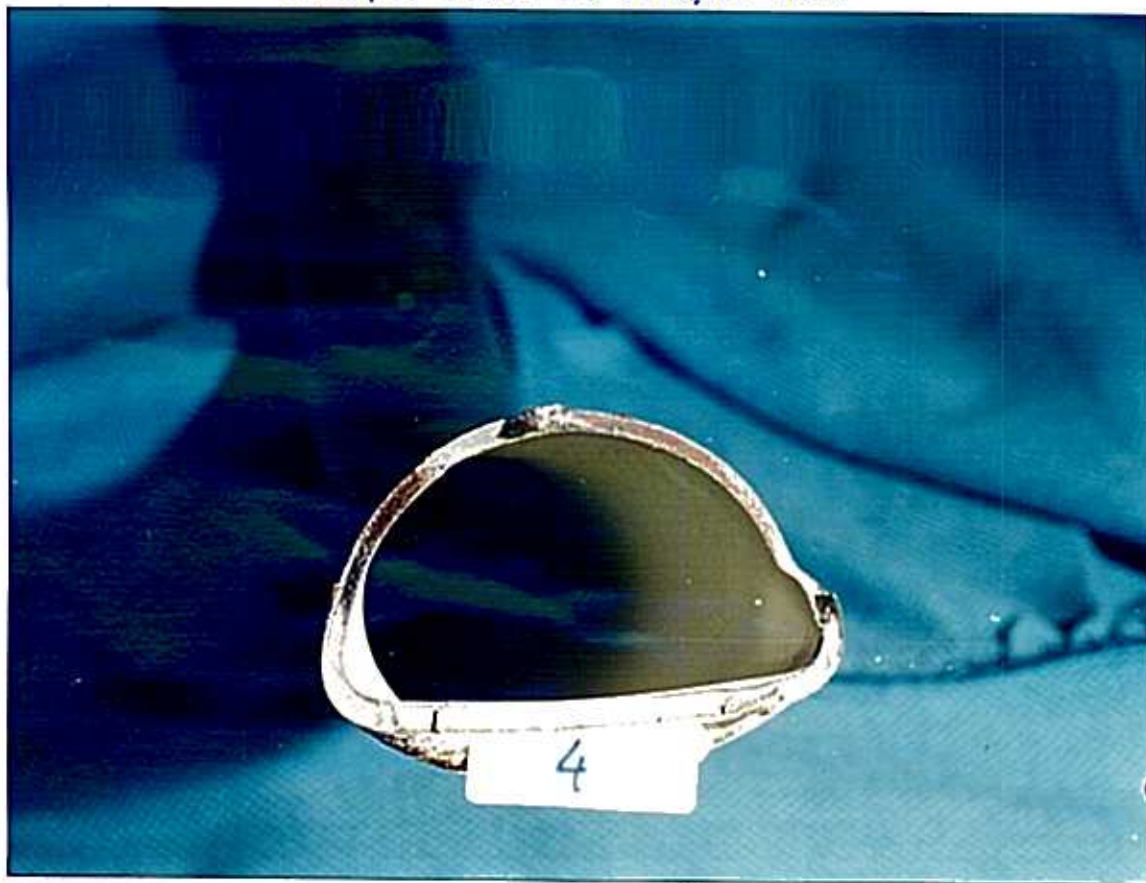
ROTURA DA TRAVESSA POSTERIOR LADO ESQUERDO (2)



ROTURA DA TRAVESSA POSTERIOR LADO DIREITO (3)

*Cl*

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

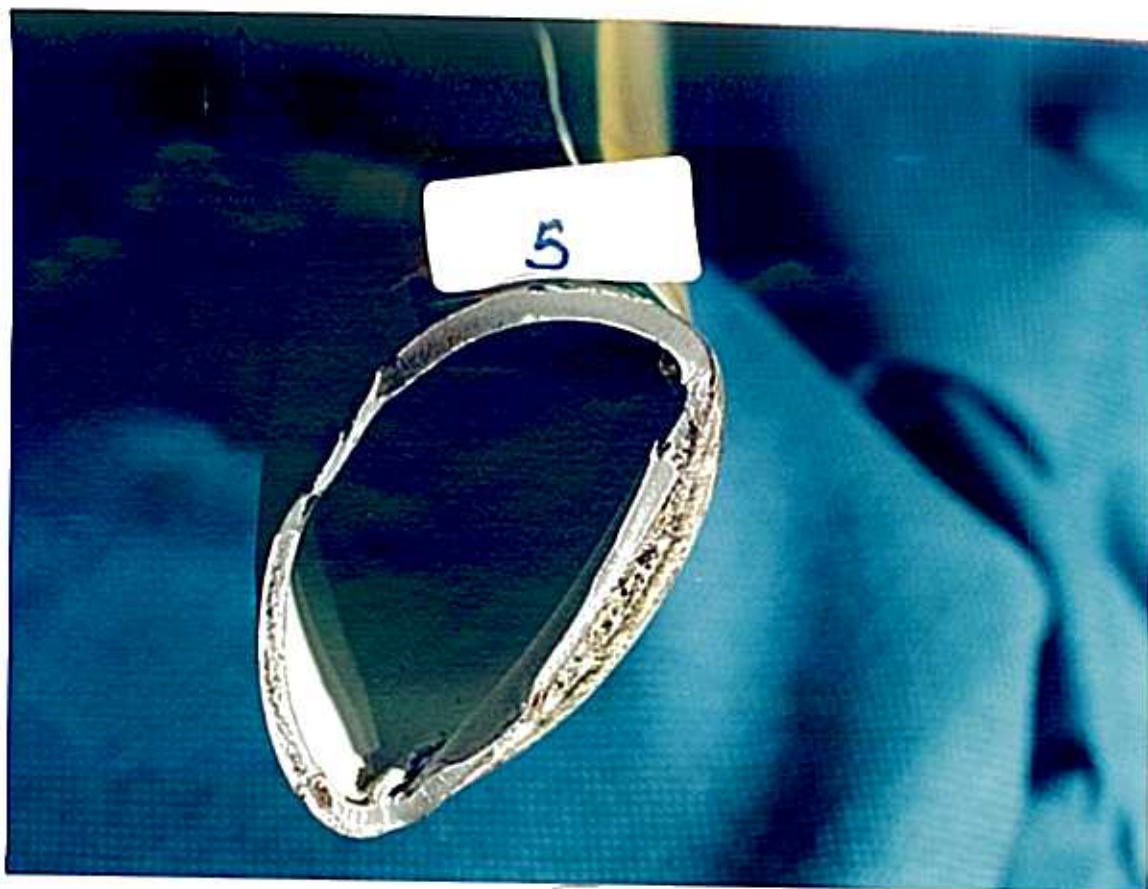


ROTURA DA TRAVESSA POSTERIOR LADO DIREITO (4)



LOCALIZAÇÃO DAS ROTURAS NA TRAVESSA POSTERIOR

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

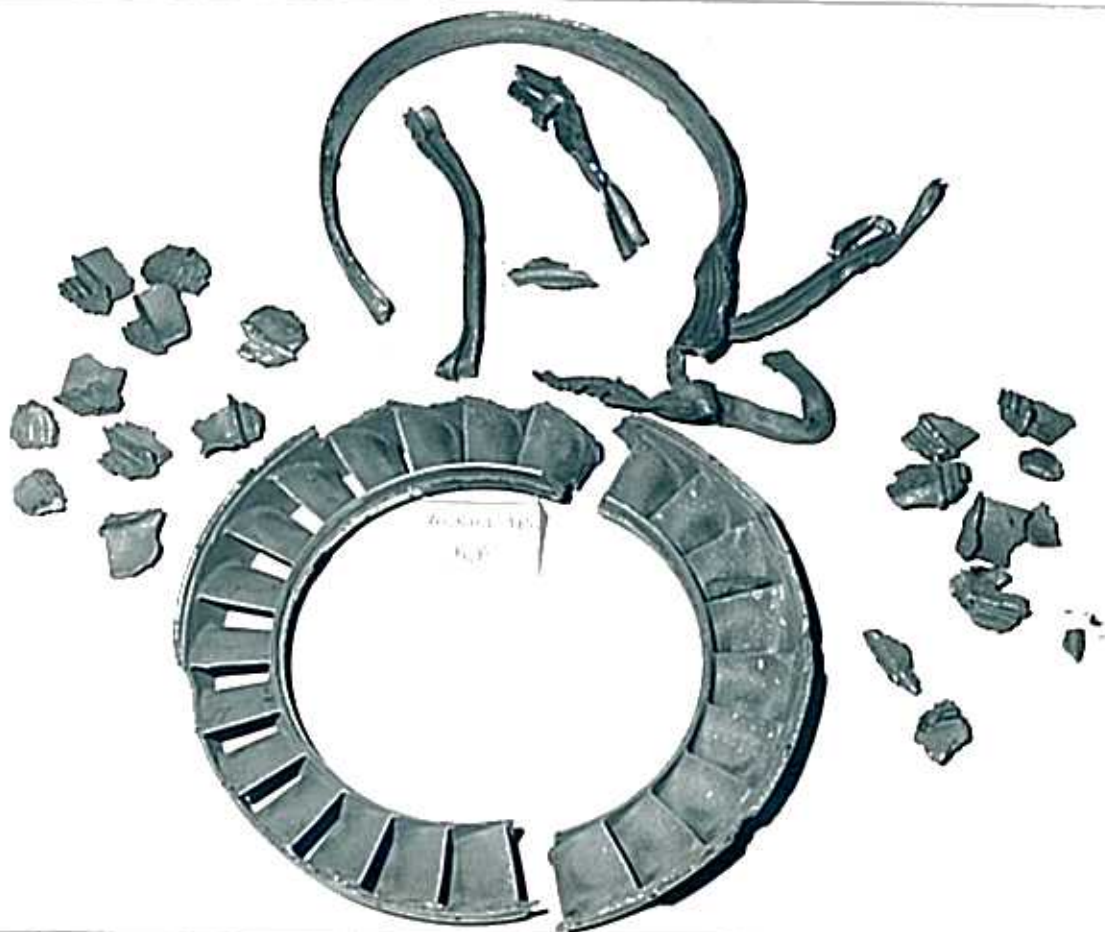
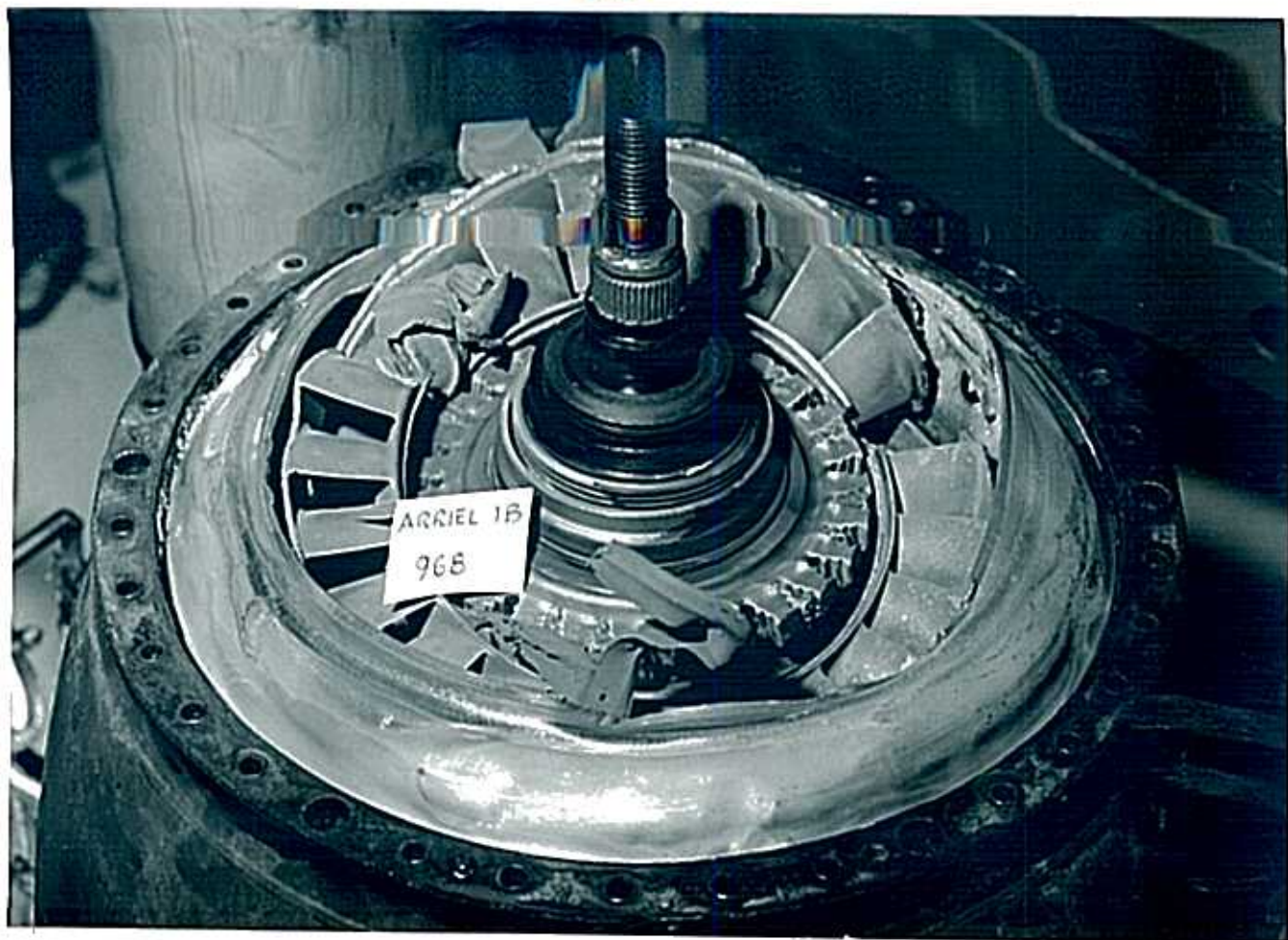


ROTURA DA TRAVESSA ANTERIOR. LADO ESQUERDO (5)

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

2. ANÁLISE

- 2.1. Apesar da grande experiência de voo do piloto, a aterragem foi de grande violência em virtude de o procedimento de autorotação ter sido iniciado a baixa altura entre os 500' a 700' .
- 2.2. A existência fissuração anterior com corrosão nas travessas posterior e anterior do trem de aterragem diminuiu o seu poder amortecedor no violento contacto com o terreno.
- 2.3. A desmontagem das partes quentes permitiu determinar a causa da perda de potência em voo: o núcleo interno do distribuidor do 2º andar da turbina, fracturado, rompeu-se e sob o efeito do veio de ar veio roçar nas pás da turbina do 2º andar, provocando a sua destruição. Esta avaria está na origem da falha repentina de potência.  
(Ver fotografias na página seguinte).



IMAGENS DOS DANOS DO DISTRIBUIDOR DO 2º ANDAR DA TURBINA

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

3. CONCLUSÃO

3.1 FACTOS ESTABELECIDOS

3.1.1 A aeronave estava devidamente certificada e mantida.

3.1.2 O piloto possuía licença adequada e grande experiência de voo naquele tipo de helicóptero.

3.1.3 Cumprindo rigorosamente os procedimentos mandatários estabelecidos pelo fabricante não era possível detectar qualquer anomalia que pudesse prever uma eventual rotura circular, ou outras, da parede de turbulência da câmara de combustão. Este procedimento de inspeção era recomendado pelo fabricante, mas não obrigatório.

3.1.4 A rotura, em funcionamento, do núcleo do distribuidor do 2º andar da turbina constitui um facto grave. A possibilidade de ocorrência de tal anomalia faz supor que a recomendação emitida pelo fabricante para a inspeção deste órgão, deveria ter tido carácter mandatário desde a origem.

3.1.5 Os procedimentos determinados pelo fabricante para a inspeção periódica do trem de aterragem da aeronave não permitem detectar fadiga ou início de corrosão nas zonas de fixação das travessas posterior e anterior do trem.

3.2 CAUSA PROVÁVEL

O acidente verificou-se devido a falha de potência durante a subida. A perda de potência deveu-se à destruição do núcleo interno do 2º andar da turbina.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

4. RECOMENDAÇÕES

- 4.1.1 Logo após as peritagens iniciais, os Investigadores recomendaram em 26 de Julho de 1991 que a inspecção "recomendada" no Manual de Manutenção à camara de combustão do motor que equipa aquela aeronave, passasse a ter carácter "mandatório" em todas as inspecções de 400 horas.

Esta recomendação foi adoptada pelo fabricante em Dezembro de 1991.  
(ANEXO 2)

- 4.1.2 Os Investigadores recomendaram ainda, em 27 de Julho de 1991, que passassem a ter carácter mandatório inspecções às zonas de fixação do trem de aterragem, pelo método de líquidos penetrantes, em todas as investigações das 400 horas.  
(ANEXO 2)

Este método foi adoptado pela Aeronáutica Civil Portuguesa.

4.2 RECOMENDAÇÕES FINAIS

Recomenda-se que as medidas constantes da Lettre Service nº 1406/91/ARRIEL/1 de 11 de Março de 1991, relativas ao procedimento a adoptar em caso de ruído estranho durante a paragem do motor passem a ser obrigatórias.  
(Ver Anexo 3)

Lisboa, 26 de Março de 1993

OS INVESTIGADORES

  
José Camilo Pastor

  
Joaquim Queirós Neves



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

A N E X O 1

RELATÓRIO DA SOCIEDADE PORTUGUESA  
DE MATERIAIS



SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATERIAIS  
SECÇÃO TÉCNICA DE FRACTURA

RELATÓRIO SOBRE AS CAUSAS DA ROTURA DO TREM DO  
HELICÓPTERO CS-HBA, MODELO AS 350 B

TRABALHO PARA A D.G.A.C., LISBOA

JULHO 1991

### 1. Introdução. Definição do problema

Este relatório refere-se a um estudo solicitado pela DGAC (Processo 16/ACCID/GPV/91) motivado por um acidente ocorrido em 26/06/91 no ALGARVE com o helicóptero matrícula CS-HBA, modelo AS 350 B. O acidente consistiu na rutura completa das longarinas e travessas do trem de aterragem do helicóptero a quando surge a aterragem de emergência provocada por uma falha na câmara de combustão do motor durante o voo.

- Fig. 1 retratada por elementos técnicos do fabricante apresentadas em anexo indica as três secções em que se verificaram as roturas. As roturas identificadas pelas metades 1-2 a 3-4 ocorreram na travessa mais atrás do trem arduanto que a rotura 5 ocorreu na travessa mais à frente. Estas roturas ocorreram imediatamente no instante da aterragem assim que as longarinas do trem tocaram no solo. Como consequência a fuselagem do helicóptero embateu violentamente no solo o que provocou danos físicos graves nos ocupantes da aeronave.

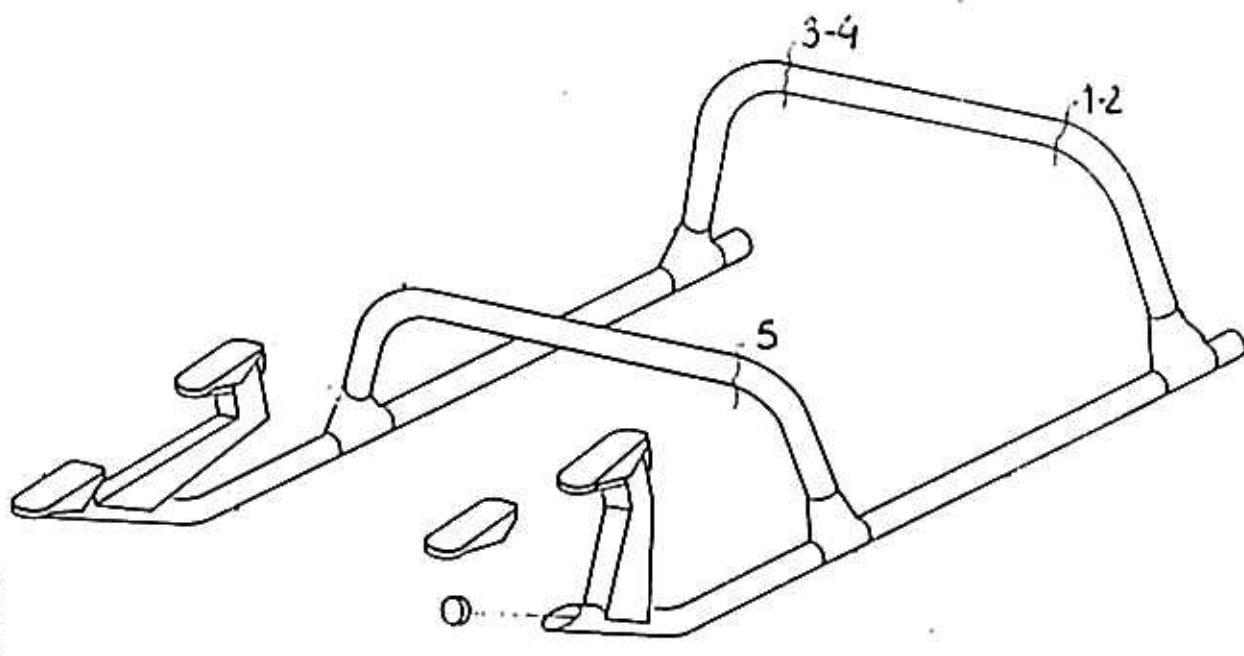


FIG. 1 - Esquema das localizações em que se deram as roturas nas travessas do trem

Notar que a estrutura do trem de aterragem está concebida, no caso duma aterragem de emergência violenta por causa de motor para entrar em operação sem notura amortecendo o efeito de choque e evitando que a fuselagem assente no solo. Portanto em condições normais de operação raras se sabem ver noturas no trem numa situação deste tipo.

Fornam fornecidos pela DGAC um conjunto de elementos de análise designadamente

- fichas e procedimentos de manutenção do trem;
- registo histórico da aeronave;
- lista de manutenção da aeronave;
- especifico do manual de voo AB 350 B referente aos casos e deslizo da aeronave;
- manual de reparação do trem;
- características do material do trem.

No presente estudo começa-se por fazer uma análise do material do trem em termos de dureza e estrutura e em seguida através do exame microscópico às superfícies de fractura tirar conclusões sobre as causas das noturas.

## 2. Material do trem

O material do trem utilizado nas travessas fracturadas é de acordo com o manual de reparação do fabricante, Aeroespaciale, o aço para tubo 35CD4 de norma francesa AFNOR. A travessa da frente é em tubo 59.4x4.2 e a travessa de trás em tubo 59.4x3.7 sem incluir a espessura dos revestimentos de protecção anticorrosivos.

O aço para tubo 35CD4 é um aço de liga especial ao cromo molibdenio para tratamento térmico, com 0.35% de percentagem de carbono.

Para verificar as características mecânicas do aço realizaram-se ensaios de dureza Vickers com carga de 30Kgf no material do tubo numa zona afastada das secções de notura e também na vizinhança da secção de notura donde se deu uma quantidade apreciável de deformação plástica. Com este procedimento pode ter-se

Uma ideia aproximada do nível de encruamento e das tensões na zona de rotura e verificar ainda as especificações de dureza do aço do tubo no estado original de fornecimento sem estar afectado pela deformação elástica da zona de rotura.

As médias dos valores de dez determinações de dureza escolhidas aleatoriamente nas zonas atrás referidas foram:

- zona afastada da rotura (material tal como fornecido): HV 294
- zona junto da rotura (deformada plasticamente): HV 365

Verifica-se que a dureza do aço tal como fornecido está na gama dos valores especificados pelo fabricante (290 a 320HB - Dureza Brinell para o aço no estado de estado bruto). Em qualquer das seis séries de determinações a dispersão dos valores de dureza foi bastante reduzida (máxima variação de 0,05mm no tamanho das impressões) o que revela uma boa homogeneidade de estrutura. Essa homogeneidade foi posteriormente confirmada pela análise metalográfica realizada por microscopia ótica numa amostra retirada do tubo. A microestrutura observada foi típica dum aço de liga com esta composição não tendo sido detectadas quaisquer defeitos internos ou outras anomalias. Por não ser relevante para este estudo não se apresenta aqui nenhuma fotomicrografia da estrutura.

Como os valores de dureza revelaram homogeneidade e conformidade com as especificações e atendendo também as limitações de tempo impostas a este trabalho não foram realizados ensaios de tração em provetes retirados do tubo cuja informação não iria adiantar nada em relação ao atrás referido.

O valor de dureza Vickers obtido na zona plastificada junto à superfície de fractura corresponde a uma resistência à tração no aço de cerca de 122Kg/mm<sup>2</sup> que terá sido o nível de tensão local atingido na zona de rotura provocado pelo amate no solo. Este valor é muito aproximado como seria de esperar à resistência à tração especificada para o aço (130Kg/mm<sup>2</sup>).

Pode concluir-se assim que em relação ao material do trem este revela homogeneidade de propriedades e tem as características mecânicas que estão de acordo com as especificações fornecidas.

### 3. Análise das superfícies de fractura e das roturas

A Fig.2 apresenta um esquema (não à escala) da rotura identificada por 1-2 na Fig.1. Escolheu-se esta por as outras duas revelarem características muito semelhantes. Deste modo as conclusões que se retirarem para estas superfícies são perfeitamente válidas em relação às outras duas.

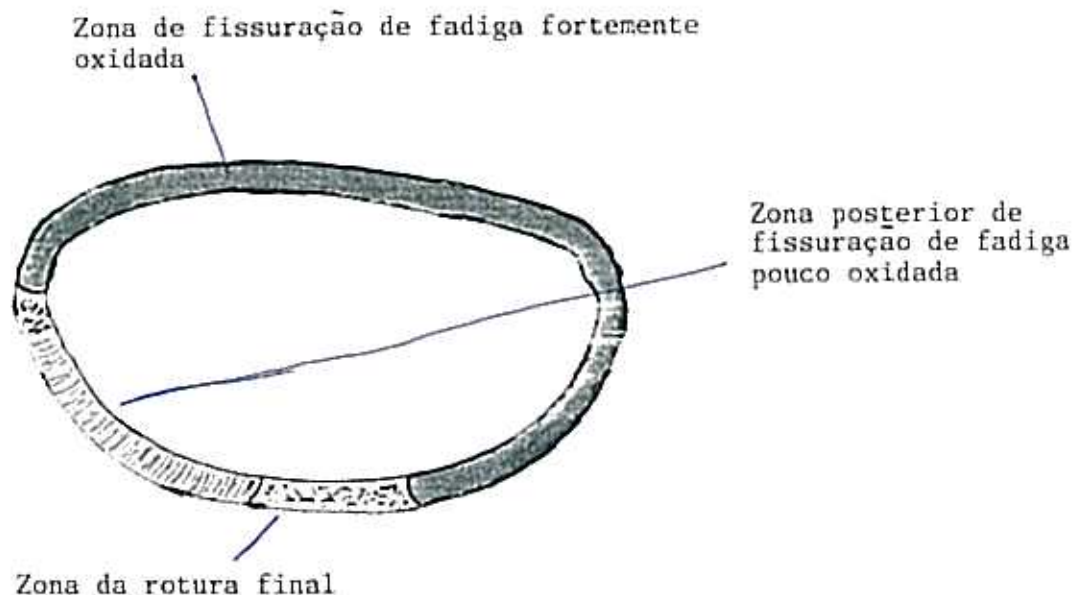


FIG.2 - Representação esquemática da superfície fracturada 1-2 da Fig.1

Outros dados importantes da análise da rotura são:

- Tempo total de serviço do helicóptero: 1356 horas
- No. total de aterragens: 2403
- No. total de horas de serviço na última inspeção de 30 horas realizada em 7/06/91: 1338:45

Na Fig. 2 a zona indicada a escuro encontrava-se bastante oxidada com marcas nitidas de corrosão superficial e apresentando características de fissuração por fadiga, com corrosão que atendendo ao elevado estado de deterioração da superfície não é possível quantificar com rigor. O elevado grau de oxidação da superfície indica que a fissuração se deve ter iniciado bastante tempo antes do acidente pois de outro modo não poderia ter havido acesso da atmosfera à

superfície progressivamente fissurada. Houve assim uma exposição contínua e prolongada da fissura ao meio ambiente à medida que a dimensão da mesma ia aumentando.

A zona superior direita da superfície de fractura em que a deformação elástica exterior é maior apresentará menor grau de oxidação mas também com características de fissuração de fadiga. Nesta zona a fissuração iniciou-se mais tarde e culminou na rotura final do tubo com uma fenda longitudinal terminal no lado direito quando a fissuração já corria praticamente toda a secção transversal do tubo.

« confirmar a existência de forte oxidação nota-se elevada corrosão no tubo na vizinhança das superfícies de fractura 1-2 incluindo oxigem e deterioração superficial na superfície interior do tubo,

« superfície de fractura 3-4 revela características análogas mas a zona oxidada e corroída é menos extensa. Aqui já se distingue muito claramente a fissuração por fadiga em grande parte da secção do tubo cuja superfície de fractura está apenas ligeiramente oxidada. Tal como no caso anterior a fissuração de fadiga iniciou-se muito antes da rotura final se ter verificado. A fissuração de fadiga iniciou-se na parte inferior do tubo (Fig 3) que é a zona mais oxidada, e progrediu na secção transversal do tubo conferindo o aspecto zedoso e brilhante típico das superfícies de fractura por fadiga. A rotura final que não está oxidada apresenta-se nos campos superior direito e esquerdo da secção 3-4.

Com pequena ampliação ao microscópio verifica-se que a fissuração de fadiga é do tipo oligocíclico ou seja um reduzido número de esforços aplicados e com uma intensidade relativamente elevada correspondente às aterrações realizadas.

Para ter uma ideia mais exacta das características de fissuração de fadiga e dos locais de nucleação das fissuras fizeram-se várias observações microscópicas à superfície de fractura. Para esse efeito utilizou-se o microscópio fractográfico NIKON com ampliações variadas. A oxidação das superfícies de fractura não permitiu tirar fotografias de qualidade. De qualquer modo estas servem para

confirmar o exposto atrás.

Assim na Fig. 3 pode ver-se o aspecto geral da superfície de fractura da zona 3-4 em que se distinguem as marcas da fissuração de fadiga na superfície oxidada. À superfície a peça apresenta inúmeros defeitos de corrosão quer na parte interna quer na parte externa do tubo ( ver zonas superior e inferior da Fig 3 ). A fissuração iniciou-se nestes defeitos (Fig.3) e foi-se propagando na direcção radial e tangencial do tubo como se pode verificar com maior ampliação na Fig. 4 que mostra o facies característico da rotura por fadiga com uma propagação relativamente elevada.



FIG. 3 - Superfície de fractura por fadiga na secção transversal do tubo.  
Ampliação 25X



FIG. 4 - Aspecto da fissuração por fadiga na secção transversal do tubo. Ampliação 40X

A Fig. 5 mostra a transição entre a fissuração de fadiga visível no lado direito da fotografia e a zona de rotura final situada em planos diferentes (zona inferior e esquerda da fotografia). Enquanto que a zona de fissuração de fadiga está oxidada a zona de rotura final não apresenta oxidação e tem o aspecto grosseiro e cristalino duma rotura final e instável num material de alta resistência como é o caso presente.

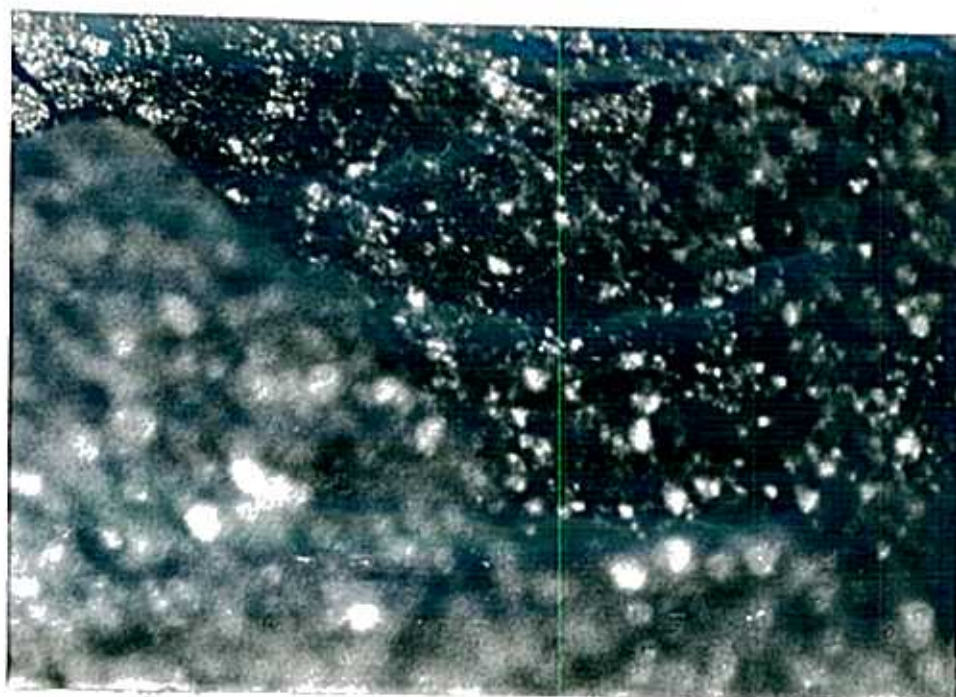


FIG. 5 - Aspecto da superfície de fractura na transição entre a zona de fadiga e a rotura final. Ampliação 90X

Em conclusão pode fazer-se uma descrição bastante aproximada do modo como a rotura se processou nas secções 1-2 e 3-4 das travessas do trem

- Fissuração de fadiga iniciada em defeitos superficiais diversos mas principalmente de corrosão e com maior distribuição na secção 1-2. No caso desta secção a fissuração deve ter-se iniciado na fase inicial da vida da peça o que é comprovado pela oxidação intensa observada na superfície de fractura. Observam-se diferentes níveis de oxidação nas superfícies de fractura mas cada vez mais reduzida à medida que a fenda de fadiga caminha para a rotura final. Na secção 3-4 as conclusões são análogas mas como a fissuração de fadiga se iniciou mais tarde a oxidação da superfície de fractura é mais reduzida.

A primeira secção que entrou em falha foi a secção 1-2, onde se deu a primeira

fissuração de fadiga. O aspecto extremamente oxidado da zona onde se iniciou a fissuração e ainda a impossibilidade de obter em tempo útil as características de fissuração do material ao tipo incidem de avaliar com exactidão a altura em que a fissuração de fadiga se iniciou. Contudo a observação da superfície de fractura e o cálculo aproximado dos esforços actuantes na travessa nas atarragadas permite concluir sem qualquer margem para dúvidas que a secção 1-2 já estaria significativamente fissurada por fadiga quando foi realizada a última inspecção ao trem ocorrida a 7/06/91 apenas 17 55 horas de serviço antes do acidente (12 dias de intervalo de tempo antes do acidente).

Em termos de atarragadas este número de horas de serviço corresponde em média a 32 atarragadas o que equivale a 32 ciclos de fadiga. A fissuração por fadiga indica normalmente um número de ciclos bastante superior a 32.


A secção 3-4 entrou em falha e a secção 1-2 o que foi essencialmente devido a transferência do esforço para a secção 3-4 causada pela fissuração que se estava a verificar na secção 1-2. A comprovar este facto nota-se que nesta secção não são visíveis defeitos iniciais significativos.

A cumprir-se os procedimentos de inspecção/verificação ao trem de atarragadas detalhados no documento de inspecção do fabricante, Ref.º 32.13.00.601 em anexo conhece estranho que não tenha sido detectada esta fissuração de fadiga nas inspecções anteriores especialmente na última inspecção antes do acidente. É de levar a concluir que estes procedimentos de inspecção não foram implementados nas inspecções anteriores nomeadamente no que diz respeito à detecção e eliminação de zonas corroídas (secção 5; pag. 2 de Ref.º 32.13.00.601) e verificação de fissuras rasgamentos e deformações nas longarinas e travessas do trem (secção 4; pag. 2 de Ref.º 32.13.00.601). Notar que em relação às fissuras este procedimento obriga à substituição integral do patim de atarragadas quando foram detectadas quaisquer fissuras nas zonas de ligação das travessas com a fuselagem que foram precisamente as zonas em que a fissuração se verificou (Fig. 1).

#### 4. CONCLUSÕES

1. O material dos tubos do trem de aterragem do helicóptero CS-HBA, modelo AS 350 B não apresenta defeitos de homogeneidade e de processamento e tem características mecânicas que cumprem as especificações do fabricante.
2. A causa da rotura do trem de aterragem do helicóptero referido em 1 foi fissuração de fadiga verificada em serviço originada a partir de defeitos iniciais de corrosão e montagem que não foram detectados e corrigidos nas inspeções de manutenção ao trem, cujos procedimentos não foram seguidos especialmente na última inspeção de 30 horas realizada antes do acidente.

Lisboa, 30 de Julho de 1991

  
Prof. Doutor Eng.º C. Moura Branco  
Prof. Catedrático do IST



SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATERIAIS  
SECÇÃO TÉCNICA DE FRACTURA

12

## ANEXO

Procedimento de inspeção Ref<sup>a</sup> 62.13.00.601 da AEROSPATIALE

Verificação e inspeção dos patins de aterragem dos helicópteros modelo AS 330 B

4 - CRITERES DE REBUT DU PATIN DE L'ATTERISSEUR RIGIDE  
TRAIN HAUT ET TRAIN BAS - Fig. 1

4.1 Ecrasement du patin diamètre 80 x 3 - (DETAIL B - C)

- Ecrasements locaux inférieurs à 5 mm (0.19°)
- Aplatissement limité à h = 70 mm (2.75°).

4.2 Rayures

- Rayures longitudinales : profondeur maximale 1,5 mm (.059°).
- Rayures transversales : profondeur maximale 1 mm (.039°).

4.3 Criques

Vérifier l'absence de crique dans les zones 1 et 2, DETAIL D (Fig.2), sous le patin, de part et d'autre de la plaque d'usure.

REPLACER TOUT PATIN LORSQUE L'UN DES DEFAUTS CI-DESSUS EST DECELE.

5 - CRITERES DE REBUT D'UNE TRAVERSE D'ATTERISSEUR RIGIDE

5.1 Corrosion

Zones corrodées :

- 10 % de la longueur de la circonférence du tube en une ou plusieurs zones prises sur toute la longueur de la traverse.
- profondeur : 10 % de l'épaisseur du tube après ragréage.

Le diamètre extérieur du tube est évolutif dans les extrémités, de part et d'autre d'une zone de 900 mm (35.43°) centrée sur l'axe appareil suivant DETAIL E (Figure 2) et tableau ci-après :

	Traverse avant		Traverse arrière		
	Dia. intérieur	Epaisseur constante	Dia. intérieur	Epaisseur constante	
Train bas	50 mm 1.968°	3 mm .118°	50,4 mm 1.984°	2,8 mm .110°	R
Train bas Type 355	48 mm 1.889°	4 mm .157°	49,6 mm 1.953°	3,2 mm .126°	R R
Train haut	51 mm 2.007°	4,2 mm .165°	51 mm 2.007°	3,7 mm .146°	R

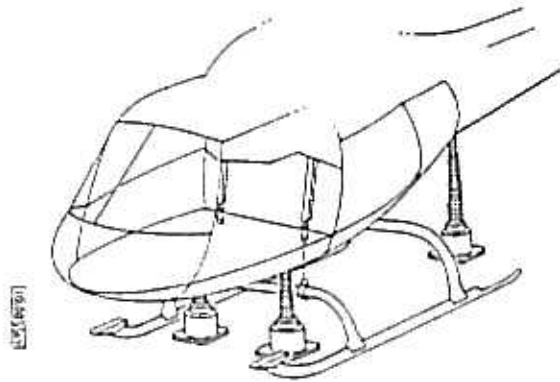
350

32.13.00.601

85-52

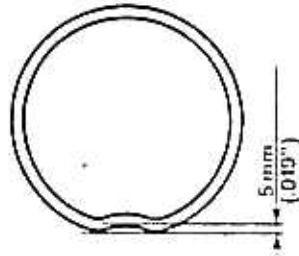
Fig. 1

R

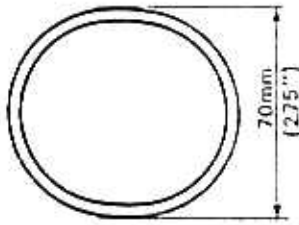


435501100

B

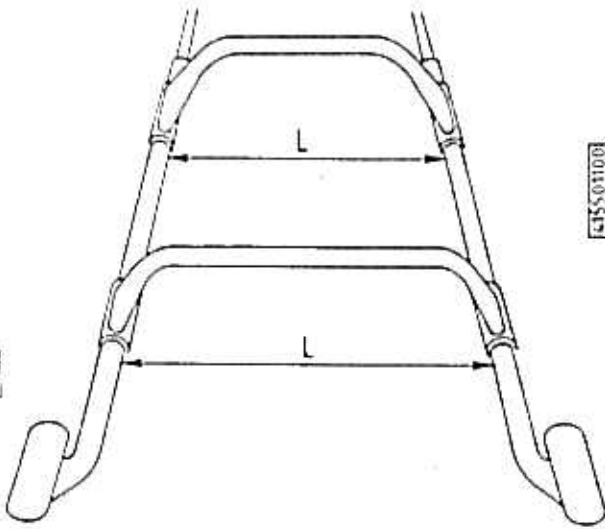


C



435501100

A



435501100

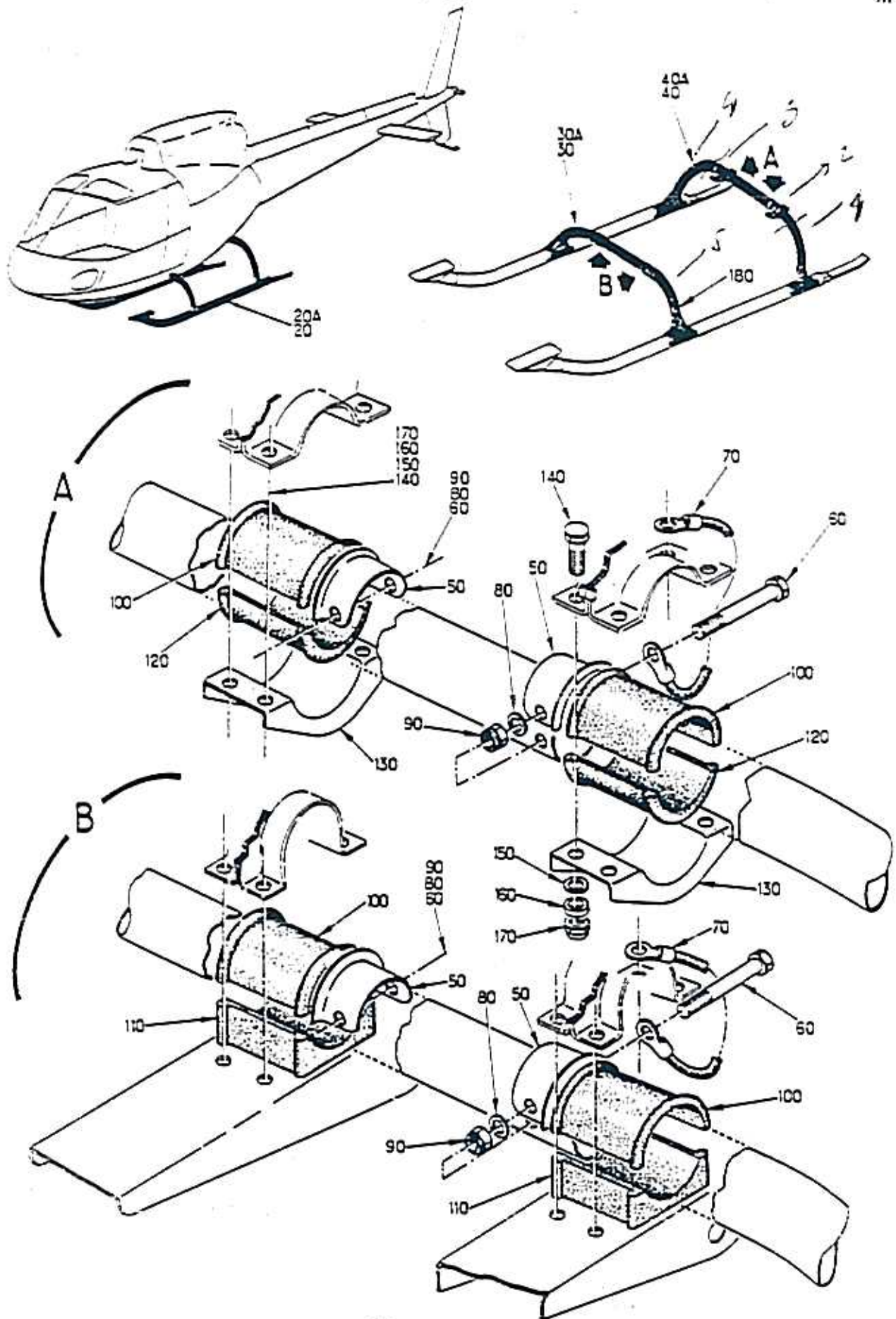


FIG.1  
INSTALLATION TRAIN RIGIDE  
RIGID LANDING GEAR INSTALLATION



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

A N E X O 2

N 91-13-01; DN 91-13-02  
E PÁGS 3 DO CAP. 5-10-02 DE OCT.91  
E DEC. 1991



PORTUGAL

# DIRECÇÃO-GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

## DIRECÇÃO DO MATERIAL AERONÁUTICO

### DIRECTIVA DE NAVIGABILIDADE

### AIRWORTHINESS DIRECTIVE

#### 1.0 - MOTORES AFECTADOS

Turbinas Turbomeca Arriel IB.

#### 2.0 - OBJECTIVO

Inspeção das câmaras de combustão.

#### 3.0 - PRAZO LIMITE DE CUMPRIMENTO

3.1 - Imediato

3.2 - Posteriormente em todas as inspecções de 400 horas.

#### 4.0 - DESCRIÇÃO

Estes Serviços tornam mandatória a inspeção das câmaras de combustão de acordo com o capítulo 72-40-10, parágrafo 4, pág. 604.

#### 5.0 - OBSERVAÇÕES

Averbar os trabalhos realizados na documentação apropriada.

pel O DIRECTOR DO MATERIAL AERONÁUTICO DIV. DE NAVIGABILIDADE

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten initials]*

01 AGO.91

TURBOMECA ARRIEL IB  
VOLUME I

91-13-01  
EDIÇÃO 1



PORTUGAL

# DIRECÇÃO-GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

## DIRECÇÃO DO MATERIAL AERONÁUTICO

### DIRECTIVA DE NAVIGABILIDADE AIRWORTHINESS DIRECTIVE

#### 1.0 - AERONAVES AFECTADAS

Helicópteros Aerospatiale AS 350B.

#### 2.0 - OBJECTIVO

Inspeção do trem.

#### 3.0 - PRAZO LIMITE DE CUMPRIMENTO

3.1 - Nas próximas 10 horas de operação

3.2 - Posteriormente, em todas as inspeções de 400 horas.

#### 4.0 - DESCRIÇÃO

Estes Serviços tornam mandatária a execução dos seguintes trabalhos:

4.1 - Inspeccionar o trem de acordo com a carta de trabalho 32.13.00.601.

4.2 - As zonas de fixação do trem à fuselagem deverão ser inspeccionadas por métodos de líquido penetrante.

4.3 - Caso sejam detectadas fendas substituir o componente afectado, antes do próximo voo.

#### 5.0 - OBSERVAÇÕES

Averbar os trabalhos realizados na documentação apropriada.

PEL O DIRECTOR DO MATERIAL AERONÁUTICO DIV. DE NAVIGABILIDADE

01 AGO.91

HELICOPTEROS AEROSPATIALE AS 350B  
VOLUME I

91-13-02  
EDIÇÃO 1

TURBOMECA  
ARRIEL I  
MANUEL D'ENTRETIEN

Désignation des opérations	R - Recommandé O - Obligatoire			Chapitre/section page/paragraphe concernés
	VISITES			
	100h	400h	autres	
<b>C. Circuit d'air</b>				
1. Vérifier et nettoyer le filtre d'air P2 de la vanne de décharge ..		O		75-30-01 p. 201, para. 2 ou 75-30-03 p. 201, para. 2 ou 75-30-04 p.201 para 2
2. Nettoyer les raccords d'air P2 (voir NOTA 4) ..	O	O		75-00-00 p. 201
3. Moteurs non modifiés TU160 : S'assurer de l'absence de jeu radial de la tuyauterie dans son collier de maintien. En présence de jeu, remplacer le collier par un neuf.....		O		73-20-01 Fig. 202, Rep. 2
<b>D. Moteur</b>				
1. Vérifier l'usure des pales du compresseur axial ..		O		72-40-10 p. 603, para. 3
2. Rechercher les défauts sur :				
a - Les parties fixes du compresseur	O	O		72-40-10 p. 601, para. 1
b - Les pales du compresseur axial ..	O	O		72-40-10 p. 602, para. 2
c - La chambre de combustion ..		R		72-40-10 p. 604, para. 4
d - Les pales de la turbine 1er étage ..		R		72-40-10 p. 605, para. 5
e - Les trois bras creux de passage des tubes d'huile ..		O	NOTA 5	72-40-10 p. 609, para. 6
3. Rechercher les défauts sur la turbine libre.....	O	O		72-50-10 p.601, para.1 AB p. 602, para. 2
4. Vérifier la tuyère de sortie et le bouclier thermique (absence de criques, fixation) ..	O	O		72-51-01 p. 201 para. 1
5. Vérifier l'état des carters (absence de fuite aux différents plans de joints) ..	O	O		_____
6. Inspecter visuellement les deux colliers de fixation du moteur (état et freinage)	O	O		_____
7. Recherche de criques sur le support avant moteur	O	O		72-10-10 p. 602 para. D
pour IA-IA1-IA2.....			O	
pour IB.....			1200 heures	

TURBOHECA  
ARRIEL I  
MANUEL D'ENTRETIEN

Désignation des opérations	R - Recommandé O - Obligatoire			Chapitre/section page/paragraphe concernés
	VISITES			
	100h	400h	autres	
<b>C. Circuit d'air</b>				
1. Vérifier et nettoyer le filtre d'air P2 de la vanne de décharge .....	..	0		75-30-01 p. 201, para. 2 ou 75-30-03 p. 201, para. 2 ou 75-30-04 p.201 para 2
2. Nettoyer les raccords d'air P2 (voir NOTA 4) .....	0	0		75-00-00 p. 201
3. Moteurs non modifiés TU160 : S'assurer de l'absence de jeu radial de la tuyauterie dans son collier de maintien. En présence de jeu, remplacer le collier par un neuf.....	..	0		73-20-01 Fig. 202, Rep. 2
<b>D. Moteur</b>				
1. Vérifier l'usure des pales du compresseur axial .....	..	0		72-40-10 p. 603, para. 3
2. Rechercher les défauts sur :				
a - Les parties fixes du compresseur	0	0		72-40-10 p. 601, para. 1
b - Les pales du compresseur axial ..	0	0		72-40-10 p. 602, para. 2
c - La chambre de combustion .....	..	0		72-40-10 p. 604, para. 4
d - Les pales de la turbine 1er étage ..	..	R		72-40-10 p. 605, para. 5
e - Les trois bras creux de passage des tubes d'huile .....	..	0	NOTA 5	72-40-10 p. 609, para. 6
3. Rechercher les défauts sur la turbine libre.....	0	0		72-50-10 p.601, para.1 AB p. 602, para. 2
4. Vérifier la tuyère de sortie et le bouclier thermique (absence de criques, fixation) .....	0	0		72-51-01 p. 201 para. 1
5. Vérifier l'état des carters (absence de fuite aux différents plans de joints) .....	0	0		_____
6. Inspecter visuellement les deux colliers de fixation du moteur (état et freinage)	0	0		_____
7. Recherche de criques sur le support avant moteur	0	0		72-10-10 p. 602 para.1D
pour IA-IA1-IA2.....	0	0		
pour IB.....	.....	.....	0 1200 heures	

S.  R.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
DIRECÇÃO GERAL DA AVIAÇÃO CIVIL

A N E X O 3

LETTRE SERVICE Nº 1406/91/ARRIEL/1  
DE 11 MARS 1991

DÉPARTEMENT APRES-VENTE

64511 Bordes - France  
Tél. (33) 59 32 84 37  
Télex 571 417 TMADG  
Télécopie 59 53 12 84

APRES-VENTE  
JM/AB/CG

**Lettre Service n° 1406/91/ARRIEL/1**

**Objet : Moteur ARRIEL toutes variantes  
Bruit inhabituel pendant la phase  
d'arrêt moteur**

Bordes, le 11 Mars 1991

Messieurs,

Il a été observé en utilisation quelques cas de bruits de frottement de l'ensemble tournant du générateur de gaz pendant la phase d'arrêt moteur (entre  $N_g = 30\%$  et  $N_g = 0\%$ ) ou pendant la mise en rotation manuelle.

Ce bruit peut avoir pour origine une touche entre le moyeu interne du distributeur 2ème étage de turbine et l'ensemble tournant.

Nous recommandons d'appliquer la procédure indiquée ci-après sur les moteurs équipés de la modification TU 76 dont le temps de fonctionnement est supérieur à 500 heures depuis :

- Le montage neuf
- La révision générale ou la réparation (VNIP)
- Le changement du flasque du distributeur de turbine 2ème étage.

Note :

Après une révision générale ou une réparation, le changement ou l'inspection du flasque est indiqué dans le livret moteur (feuillet E) et sur la Fiche matricule du module 3 depuis le 1er Mars 1991.

**ARRIEL 1 B - 1 D - 1 D1 équipant les hélicoptères mono-moteur**

- Contrôle obligatoire du bruit en autorotation après le dernier vol de la journée ou au moins une fois par jour.

**ARRIEL autres variantes équipant les hélicoptères bi-moteur**

- Contrôle obligatoire à effectuer au cours d'une ventilation toutes les 50 heures.

**Ne pas effectuer ce contrôle sur les moteurs équipés de la modification TU 202.**

.../...

## Procédure de contrôle

### 1 - Léger bruit de touche intermittente

- Vérifier l'état de l'entrée d'air moteur : trace d'impacts et déformation des pales du compresseur axial
- Contrôler l'état des bouchons magnétiques et le filtre à huile
- Effectuer un contrôle endoscopique de la tôle de turbulence (se référer au manuel d'entretien, chapitre 72-40-10)
- Effectuer un contrôle endoscopique de l'état des pales de la turbine 1er étage (se référer au manuel d'entretien, chapitre 72-40-10)

Si aucune anomalie n'est décelée, effectuer une ventilation moteur froid :

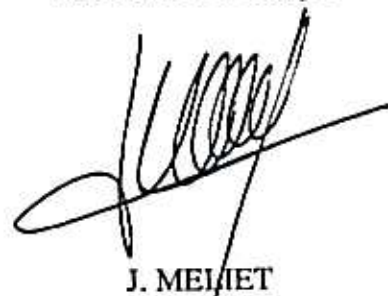
- Si le bruit de touche persiste, déposer les MO 2 et MO 3.
- Si le bruit de touche n'apparaît plus au cours de cette ventilation, maintenir le moteur en service et s'assurer que le temps d'autorotation n'est pas inférieur à 30 secondes

### 2 - Bruit de frottement continu ou bruit fort de touche intermittente

- Déposer les MO 2 et MO 3.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, et nous vous prions d'agréer, Messieurs, nos salutations les meilleures.

Département Après-Vente  
Le Service Technique



J. MEI/RET