



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE  
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-A-2011-010-I

<b>Date de l'événement</b>	<b>15 juin 2011</b>
<b>Lieu</b>	<b>Base aérienne 118</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>Mirage F1 CT</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>n° 231, F-UOQK</b>
<b>Organisme</b>	<b>Armée de l'air</b>
<b>Unité</b>	<b>Escadron de reconnaissance 02.033 « Savoie »</b>

## **AVERTISSEMENT**

### **COMPOSITION DU RAPPORT**

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

### **UTILISATION DU RAPPORT**

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

---

## **CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS**

**Page de garde :** SIRPA-Air

**Photos :**

- Pages 10 : SIAé
- Pages 11, 12, 16, 17 : BEAD-air

**Schémas :**

- Pages 15 : RESEDA
- Pages 19, BEAD-air
- Page 26 SIAé
- Page 27, 28, 29 SNECMA

## TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Tués et blessés	7
1.3. Dommages à l'aéronef	7
1.4. Autres dommages	7
1.5. Renseignements sur le pilote	8
1.6. Renseignements sur l'aéronef	9
1.7. Conditions météorologiques	10
1.8. Aides à la navigation	10
1.9. Télécommunications	10
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	11
1.11. Enregistreurs de bord	11
1.12. Renseignements sur la zone et sur l'appareil	11
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	13
1.14. Incendie	13
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	13
1.16. Essais et recherches	14
1.17. Renseignements sur les organismes	14
1.18. Renseignements supplémentaires	14
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	14
2. Analyse	15
2.1. Résultats des expertises	15
2.2. Recherche des causes de la fissuration en fatigue du disque	19
3. Conclusion	24
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	24
3.2. Causes de l'événement	24
4. Recommandations de sécurité	25
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	25
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	26
ANNEXES	27
ANNEXE 1 SYNTHÈSE DE DOMMAGES	28
ANNEXE 2 SERVICE SNECMA N° 186	29
ANNEXE 3 DONNÉES CONCERNANT LE DISQUE BP N° 156	32

## GLOSSAIRE

BA	base aérienne
BP	basse pression
CFA	commandement des forces aériennes
CPEMPN	centre principal d'expertise médicale du personnel navigant
CSFA	commandement du soutien des forces aériennes
DGA	direction générale de l'armement
DGA – TA	direction générale de l'armement Techniques aéronautiques
DVA	durée de vie autorisée
ESCA	escadron des services de la circulation aérienne
ESIS	escadron sécurité incendie sauvetage
ESPAR	Enregistreur Statique de PARamètres
ESTA	escadron de soutien technique aéronautique
GTR	groupe turboréacteur
HP	haute pression
kt	<i>knot</i> , Nœud (1kt = 1,852 km/h)
METAR	<i>ME</i> Teorological Aerodrome Report – rapport météorologique d'aérodrome
NTI	niveau d'intervention technique
PN	personnel navigant
QNH	pression atmosphérique au niveau de la mer en hectopascal (hPa)
RESEDA	département de restitution des enregistreurs d'accidents
RG	révision générale
SIAé	service industriel de l'aéronautique
SM	service médical
SNECMA	société nationale de construction de moteurs d'avion
TFT	temps de fonctionnement total
UGMN	unité de gestion et de maintien de la navigabilité
VP	visite périodique
VSA	véhicule de secours aérodrome
VTH	visualisation tête haute

## SYNOPSIS

Date de l'événement : mercredi 15 juin 2011 à 11 h 12  
Lieu de l'événement : base aérienne 118 Mont-de-Marsan  
Organisme : armée de l'air  
Commandement organique : commandement des forces aériennes  
Unité : escadron de reconnaissance 2/3 « Savoie »  
Aéronef : Mirage F1 CT n° 231  
Nature du vol : entraînement  
Nombre de personnes à bord : 1

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors de la mise en puissance pour le décollage, une détonation provenant du moteur est entendue par le pilote, accompagnée de vibrations. Après avoir réduit la puissance, il coupe le moteur et évacue l'appareil.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air)
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage F1.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Mirage F1.

Autres experts consultés

- DGA - Essais propulseurs (DGA – EP) : Département de restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).
- DGA - Essais propulseurs (DGA – EP) : Département analyses et investigations.
- Service Industriel de l'aéronautique (SIAé) de Bordeaux (industriel réparateur).
- SNECMA groupe SAFRAN (constructeur - motoriste).

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu téléphoniquement par l'armée de l'air le mercredi 15 juin 2011 dans le courant de l'après-midi.

Le groupe d'enquête technique s'est rendu sur la BA 118 le lendemain de l'événement.

Enquête judiciaire

Cet événement ne fait l'objet d'aucune procédure judiciaire.

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Indicatif mission : CAROL INDIA

Type de vol : circulation aérienne militaire aux instruments (CAM I)

Type de mission : mission d'entraînement aux interceptions et aux combats aériens

Dernier point de départ : BA 118 de Mont-de-Marsan

Heure de départ : 10 h 45

Point d'atterrissage prévu : BA 118 de Mont-de-Marsan

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Préparation du vol

La mission est un entraînement à l'interception et au combat aérien. Elle met en œuvre un Mirage F1 CT servant de plastron et un Mirage F1 B ayant le rôle d'intercepteur.

##### 1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement

Au parking, le pilote du Mirage F1 CT, leader de la patrouille, effectue la mise en route du moteur. Après démarrage, les paramètres sont normaux. Le mécanicien de piste à proximité de l'avion ne perçoit aucun son anormal venant du moteur.

Au cours du roulage sur le taxiway pour rejoindre le point de manœuvre, le moteur répond correctement aux sollicitations du pilote et les paramètres demeurent cohérents.

L'équipage du Mirage F1 B suit le Mirage F1 CT.

##### 1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Sur autorisation de la tour de contrôle, les deux Mirage F1 s'alignent sur la piste 09, le Mirage F1 B en échelon à droite derrière le leader.

Le pilote du Mirage F1 CT fait le signe conventionnel de mise en puissance et positionne la manette des gaz sur « Mini PC ». Alors que le régime moteur passe les 8000 tr/mn, il entend une détonation et ressent de fortes vibrations. L'indication de régime diminue par à-coups et le voyant PC reste éteint. Le pilote réduit immédiatement les gaz au minimum, mais les vibrations persistent. Parallèlement, l'équipier constate l'apparition d'une fumée noire provenant de l'arrière de l'appareil et la projection de débris. Il en informe le leader qui coupe immédiatement le moteur et procède à une évacuation rapide.

## 1.1.3. Localisation

- Lieu : BA 118
  - pays : France métropolitaine
  - département : Landes
  - commune : Mont-de-Marsan
  - coordonnées géographiques :
    - N : 43° 51' 41''
    - E : 000° 30' 37''
  - altitude du lieu de l'événement : 61 m
- Moment : jour

## 1.2. Tués et blessés

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

## 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Mirage F1 n° 231			1	

## 1.4. Autres dommages

Sans objet.

### 1.5. Renseignements sur le pilote

- Age : 32 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron de reconnaissance 2/33 « Savoie »
  - fonction dans l'unité : officier d'utilisation opérationnelle et instructeur
- Formation :
  - qualification : chef de patrouille
  - école de spécialisation : chasse
  - année de sortie d'école : 2000
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur Mirage F1	sur tous types	dont sur Mirage F1	sur tous types	dont sur Mirage F1
Total (h)	2262	1881	108	108	15	15
Dont nuit	164	129	1	1	1	1
Dont VSV	/	150	1	1	/	/

- Date du dernier vol comme pilote :
  - sur Mirage F1 de jour : 14 juin 2011
- Carte de circulation aérienne :
  - type : verte
  - date d'expiration : 23 mars 2012



## 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement organique (ou opérationnel) d'appartenance : commandement du soutien des forces aériennes (CSFA)
- Base aérienne de stationnement : BA 118 Mont-de-Marsan
- Unité d'affectation : Escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 2E118
- Type d'aéronef : Mirage F1 CT
  - configuration : un réservoir ventral de 1200 litres
  - armement : maquette MAGIC II
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	F1 CT	<b>231</b>	<b>6465</b>	GV3 <sup>1</sup> :91	VP <sup>2</sup> : 155
Moteur	9 K 50	<b>11556</b>	<b>3710</b>	RG <sup>3</sup> : 858	RP <sup>4</sup> : 156

### 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique du moteur et de la cellule témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur.

Le disque de turbine BP a subi un contrôle magnétoscopique par champ actif lors de sa dernière révision générale en septembre 1999 tel que le préconisait la documentation en vigueur du constructeur.

### 1.6.2. Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

<sup>1</sup> GV3 = troisième grande visite

<sup>2</sup> VP = visite périodique

<sup>3</sup> RG = révision générale

<sup>4</sup> RP = révision périodique

### 1.6.3. Masse et centrage

Au moment de l'événement la masse de l'appareil est de 12650 kg. Le centrage est dans les normes.

### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F 34-TRO
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 5300 litres

## 1.7. Conditions météorologiques

Informations extraites du message *METEorological Aerodrome Report* (METAR) émis le 15 juin 2011 à 11 h 30 :

- vent : 2 kt ;
- direction du vent : variable ;
- visibilité : supérieure à 10 km ;
- nébulosité : pas de nuage significatif ;
- température : 22 C ;
- point de rosée : 16 C ;
- QNH : 1020 hPa<sup>5</sup>.

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

Les deux appareils sont en contact avec la tour de contrôle sur une fréquence UHF et communiquent entre eux sur cette même fréquence.

---

<sup>5</sup> hPa : hectopascal.

### 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

La piste 09 est en service et elle ne fait l'objet d'aucune restriction.

### 1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil est équipé d'un enregistreur de vol de type ENERTEC type PE 6010-5 à bande magnétique. La restitution des données de l'enregistreur de vol a été réalisée par le centre RESEDA qui a extrait les 4 vols précédents.

La VTH ainsi que les conversations sont enregistrées sur bande magnétique au format Hi-8.

L'ensemble des informations enregistrées est exploitable.

### 1.12. Renseignements sur la zone et sur l'appareil

#### 1.12.1. Examen de la zone

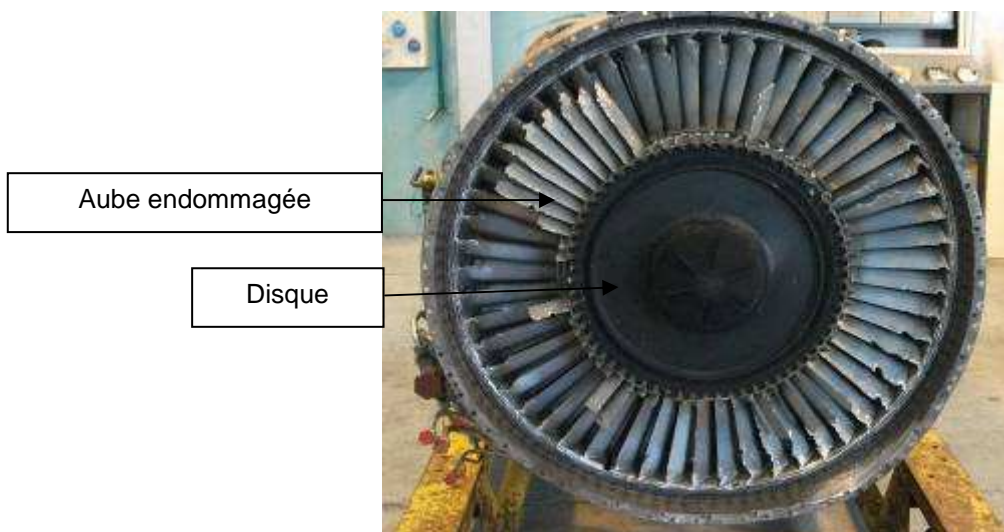
Des débris métalliques sont éparpillés derrière l'aéronef jusqu'à une distance de 136 mètres selon un angle de plus ou moins 30° environ de part et d'autre de l'axe du réacteur.

#### 1.12.2. Examen de l'épave

##### 1.12.2.1. Dommages constatés sur le moteur

Constatations au niveau de l'étage turbine basse pression (BP) :

- l'aubage BP est endommagé. De nombreuses aubes sont brisées ;



Etage turbine BP

- trois alvéoles du disque BP permettant l'insertion des pieds d'aube présentent des ruptures de barrettes ;
- l'abradable<sup>6</sup> de l'anneau de turbine 2<sup>ème</sup> étage a complètement disparu, il est sectionné en position 5 h 00 et présente des impacts.



Ouverture à la jonction de la turbine BP et du raccordement

Constatations au niveau du distributeur du 2<sup>ème</sup> étage turbine :

- les bords de fuite montrent de nombreuses déchirures et impacts ;
- les bords d'attaques sont affectés.

Constatations au niveau de l'étage turbine HP :

- quelques impacts et défauts localisés affectent les bords d'attaques ;
- les extrémités de certaines aubes HP sont tordues et présentent des traces de frottements avec l'abradable HP.

Constatations au niveau du distributeur de la turbine HP :

- plusieurs secteurs d'aubes sont décalés et présentent des déformations ;
- un frein double et une plaquette d'étanchéité sont manquants ;
- l'aubage des bords d'attaque et bords de fuite est intègre.

Carter de chambre :

Le support du distributeur purgeur PC est déformé et présente un arrachement total sur un point de fixation et un arrachement partiel sur un 2<sup>ème</sup> point de fixation.

Constatations au niveau du mélangeur intérieur/extérieur :

Toutes les vis de fixation du mélangeur intérieur sont en place.

Brûleurs :

Toutes les tuyères sont en place.

---

<sup>6</sup> abradable : revêtement conçu pour s'user lors du fonctionnement du moteur.

#### 1.12.2.2. Dommages constatés sur la cellule

Dans le logement moteur, le plancher présente une ouverture d'une vingtaine de centimètres.



Perforation de la cellule du logement moteur

Le réservoir arrière droit est perforé.

#### **1.13. Renseignements médicaux et pathologiques**

Sans objet.

#### **1.14. Incendie**

Sans objet.

#### **1.15. Questions relatives à la survie des occupants**

##### 1.15.1. Abandon de bord

Suite aux informations données par l'équipier, le pilote envisage un risque d'incendie et d'explosion. Il effectue alors une évacuation rapide de l'appareil après avoir coupé le moteur.

##### 1.15.2. Organisation des secours

Dès l'apparition de la fumée, l'alerte est donnée immédiatement par l'escadron des services de la circulation aérienne (ESCA), par klaxon de crash.

Les premiers éléments de l'escadron sécurité incendie sauvetage (ESIS) interviennent sur les lieux dans les trois minutes environ après l'alerte et sécurisent l'appareil.

L'intervention de l'ESIS s'achève à 12 h 50 après le tractage de l'appareil et la dépollution de la piste.

**1.16. Essais et recherches**

Sans objet.

**1.17. Renseignements sur les organismes**

Sans objet.

**1.18. Renseignements supplémentaires**

Sans objet.

**1.19. Techniques spécifiques d'enquête**

Sans objet.

## 2. ANALYSE

Selon le témoignage du pilote et les faits exposés au précédent chapitre, lors de la mise en puissance sur « mini PC » pour le décollage, le régime du moteur chute brutalement.

Aucun signe précurseur n'a été détecté par le pilote, le moteur répondant correctement à ses sollicitations jusqu'à l'alignement sur la piste.

L'analyse qui suit détermine les causes de la dégradation soudaine des performances du moteur en s'appuyant sur les expertises puis étudie les causes de la fissuration en fatigue du disque.

### 2.1. Résultats des expertises

#### 2.1.1. Analyse des données enregistrées

L'étude de la totalité de la mémoire de l'enregistreur de vol ne révèle aucun dysfonctionnement du moteur sur les quatre vols précédant celui du 15 juin.

Les graphiques présentés ci-après permettent de suivre l'évolution des paramètres de la position de la manette des gaz (manette), du régime moteur (N), de l'accélération verticale (Jz), de la température de sortie turbine (T4) et du cap de l'avion.

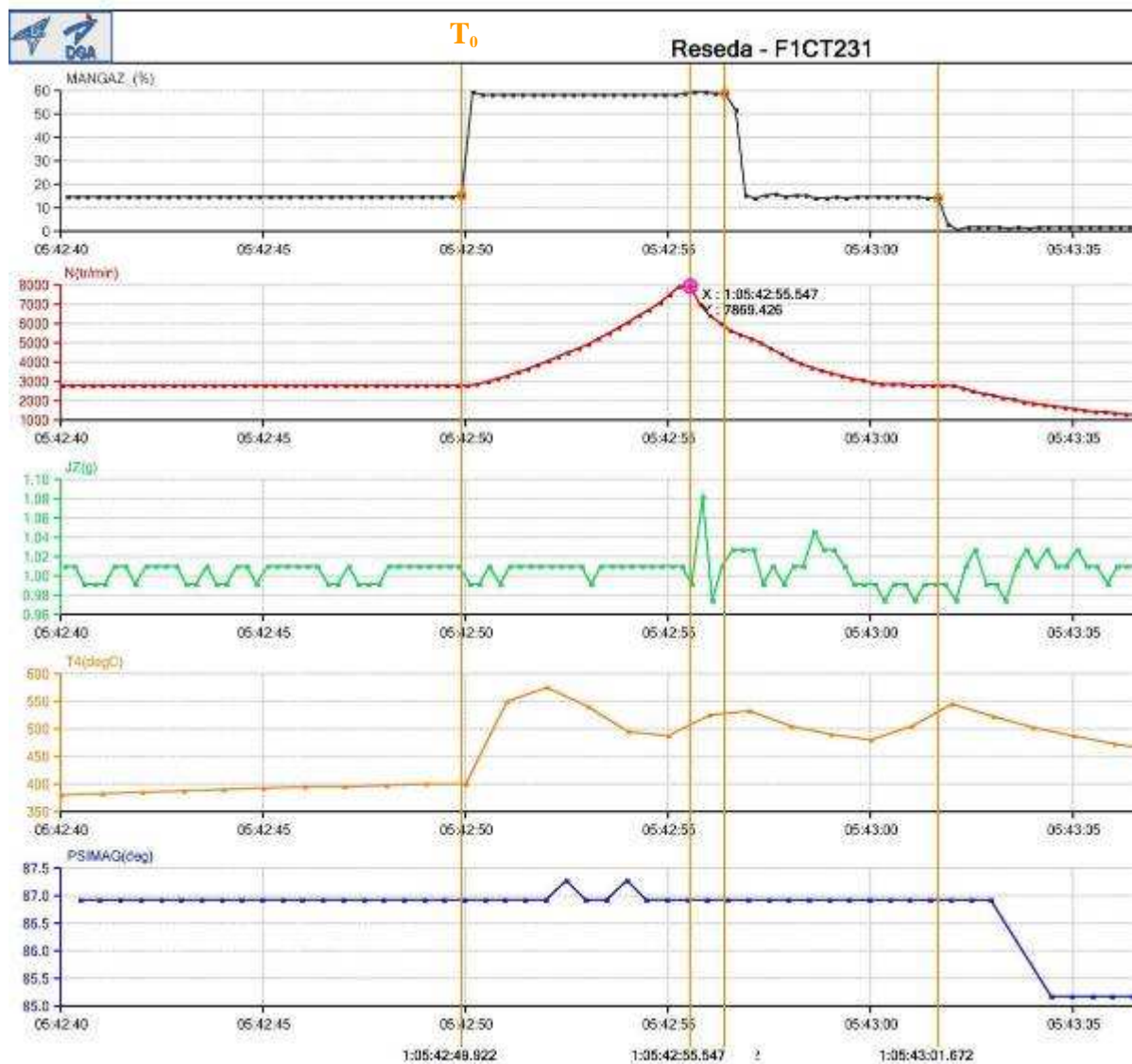
La séquence présentée débute 10 secondes avant la mise en position de la manette sur « mini PC », et se termine à la coupure du moteur. La référence  $T_0$ , est prise à l'action du pilote sur la manette des gaz.

Avant  $T_0$ , la position de la manette des gaz est sur la position « ralenti » et le régime moteur stable à 3000 tr/mn.

Après la mise en position sur « mini PC », le régime moteur augmente pendant 5 secondes d'une manière régulière jusqu'à environ 8000 tr/mn.

Alors que la manette reste sur la position « mini PC », le régime décroît brutalement. Les vibrations enregistrées par le capteur d'accélération verticales deviennent alors plus importantes.

La manette est remise à la position « ralenti » moins d'une seconde après la chute de régime. Les vibrations persistent et la coupure moteur est initiée 5 secondes après le début de la baisse de régime.



Évolution des paramètres du moteur lors de la séquence de mise en puissance

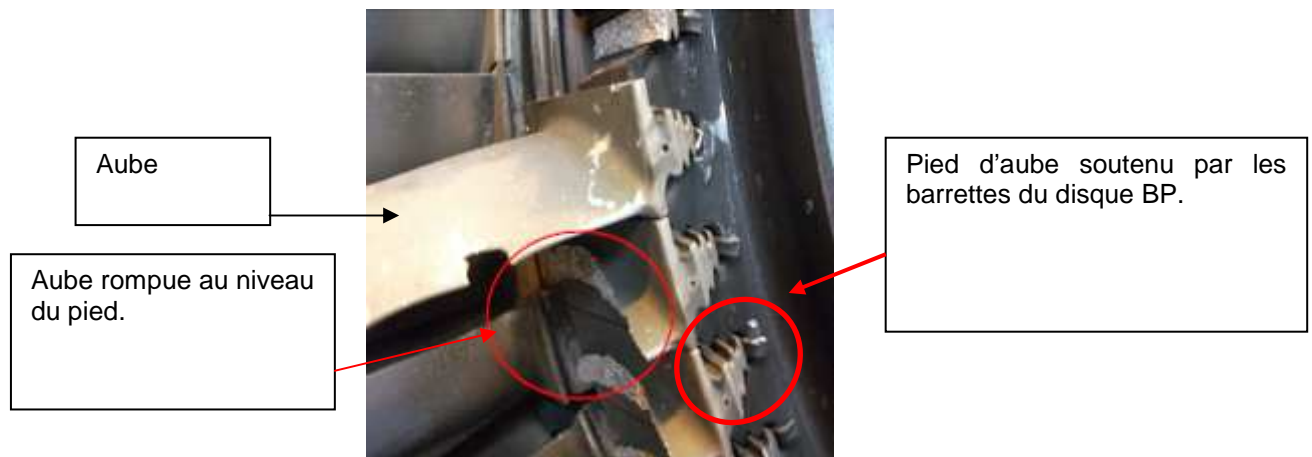
**L'analyse des données provenant de l'enregistreur de vol confirme la perte de puissance alors que la manette des gaz est en position « mini PC ».**



### 2.1.2. Analyse des expertises du groupe turboréacteur

La partie comprise entre l'entrée compresseur du moteur et les brûleurs est intègre, alors que celle comprise entre le carter de combustion et la sortie tuyère présente des dégradations. La synthèse des dommages constatés sur le moteur est représentée en ANNEXE 1.

L'inspection de la roue mobile de la turbine basse pression montre des dégradations importantes. La majorité des aubes de turbine BP a subi une rupture brutale selon les expertises menées sur les profils de sections.



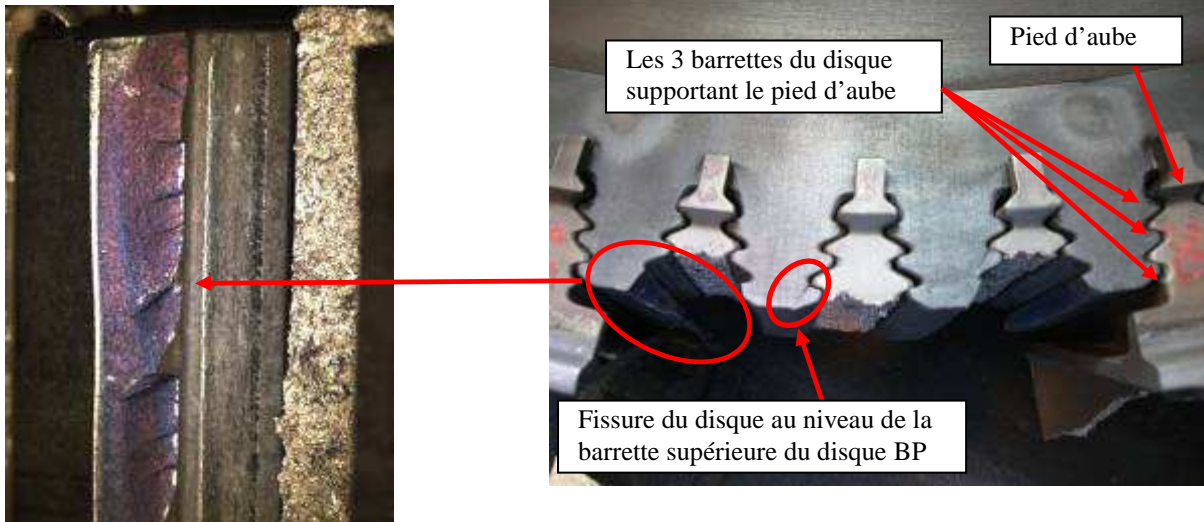
Pieds d'aubes de turbines BP sectionnés

Trois alvéoles du disque BP montrent des ruptures de barrettes de part et d'autre du pied d'aube.

**L'analyse des expertises du groupe turbo réacteur montre une dégradation importante des aubes et du disque BP de la turbine.**

Selon l'analyse métallurgique, les aubes BP n'ont pas subi de surchauffe, mais une rupture en fatigue dont les faciès montrent un amorçage des fissures se localisant en milieu de barrette.

De plus, l'examen binoculaire des faciès de rupture au niveau des barrettes rompues révèle la présence de striation de fatigue avec amorçages multi foyers.



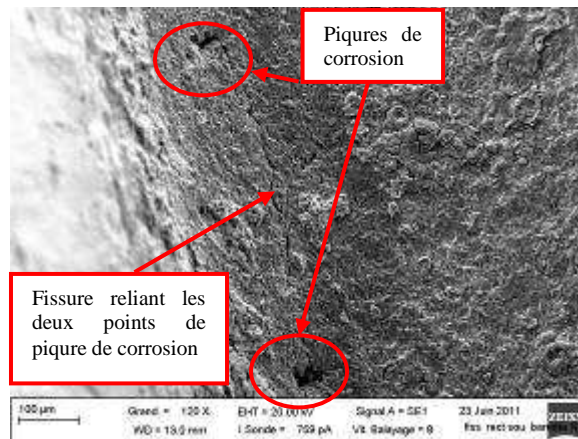
Faciès de rupture en fatigue

**Lors de la mise en puissance par le pilote, une contrainte maximale s'exerce au niveau des barrettes supérieures d'une alvéole du disque BP qui a rompu. L'aube ainsi désolidarisée a perforé le carter moteur ainsi que la cellule du logement moteur, et a provoqué les dommages constatés.**

**La rupture de barrettes est la conséquence d'une fatigue vibratoire<sup>7</sup> du matériau composant le disque turbine BP.**

L'examen au microscope électronique à balayage montre que la rupture des barrettes a été provoquée par des fissures de fatigue initiées à partir de piqures de corrosion et dont la propagation s'est effectuée sous sollicitation vibratoire et forte contrainte.

<sup>7</sup> Vibration oligocyclique produit par le fonctionnement normal du GTR.



Fissure reliant deux piqures de corrosion

L'examen métallurgique des trois alvéoles montre des fissures de mêmes caractéristiques : évolution en fatigue ayant une origine multi foyers par piqûres de corrosion.

La vérification dimensionnelle et contrôle de matière du disque BP ne révèle pas d'anomalie.

**La rupture des barrettes maintenant les aubes dans les alvéoles du disque BP résulte des fissures de fatigue dont l'amorçage est multi foyers par piqûres de corrosion. Cette rupture de barrettes a conduit à la rupture des aubes.**

Les faciès de rupture et les piqûres de corrosion relevées sur ce disque ne présentent pas de singularités et sont ceux habituellement constatés lors des révisions générales, sur un disque dont le vieillissement est similaire.

## 2.2. Recherche des causes de la fissuration en fatigue du disque

### 2.2.1. Vieillessement du disque BP sur ATAR 9 K 50

En 1998, SNECMA sur la demande de la DGA, a réalisé des essais d'endurance sur un disque BP neuf de moteur ATAR 9 K 50 dans le cadre d'une actualisation des limites de vie autorisées. Ces essais ont été menés jusqu'à rupture. Ce vieillissement simulé sur banc a montré une rupture de barrettes en fatigue initiée par une fissure.

Le disque étant neuf, aucune piqûre de corrosion n'était à l'origine des fissures constatées. Ces essais ont permis d'augmenter la durée de vie des disques BP de 3200 à 4100 heures, la vitesse calculée de propagation étant très lente.

L'expérience issue des contrôles de maintenance sur les disques BP en service, a confirmé le développement des fissures au niveau des barrettes supérieures s'amorçant à partir des points de piqûres de corrosion.

**Les essais d'endurance sur les disques BP et les constatations issues des contrôles de maintenance ont montré que des fissures de fatigue se propagent au niveau des barrettes supérieures supportant l'aube.**

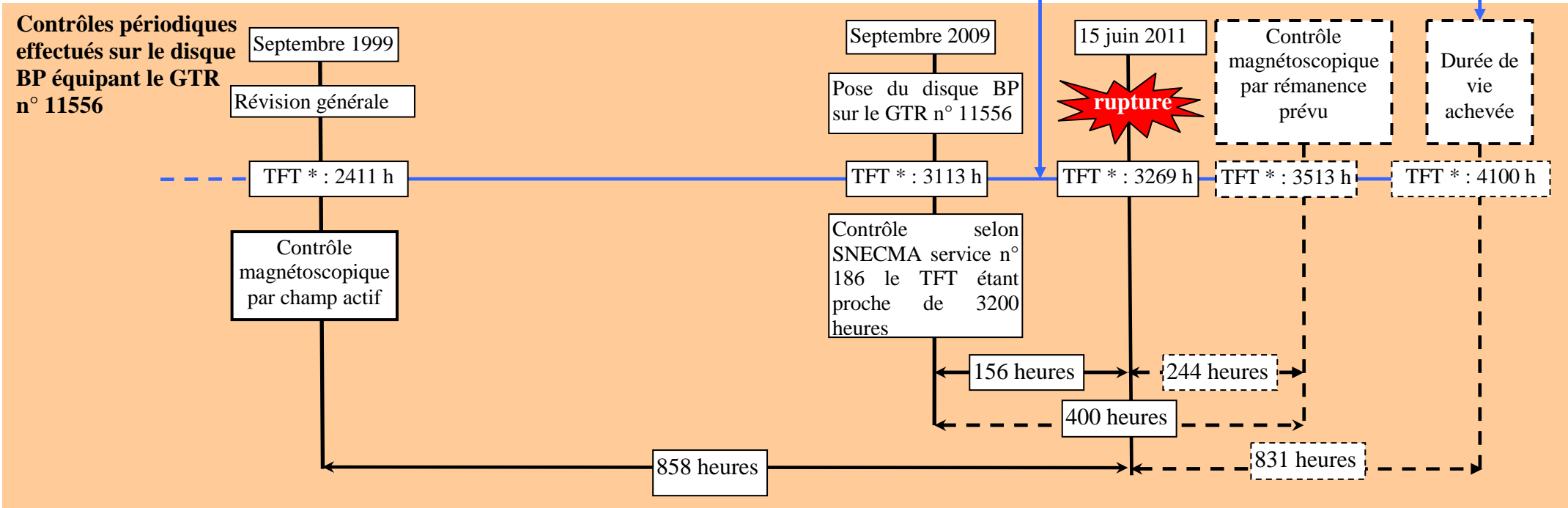
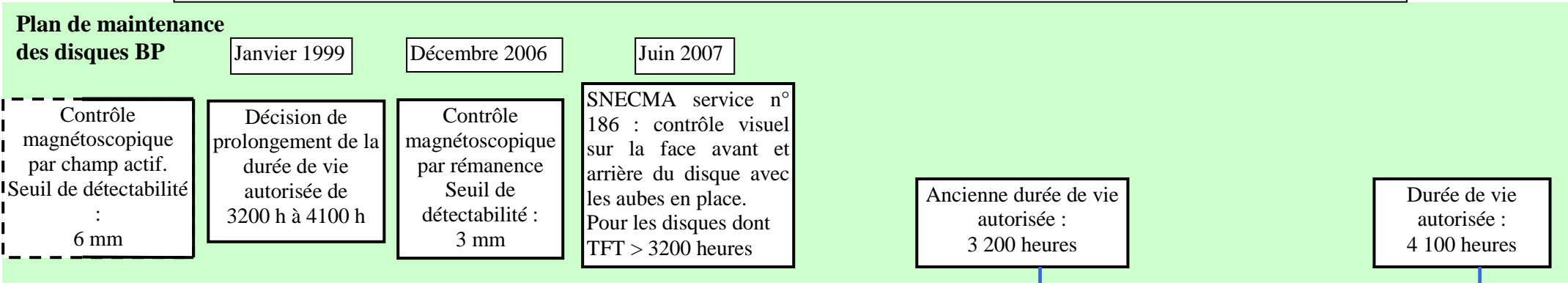
#### 2.2.2. Contrôles périodiques applicables aux disques BP

Afin de prévenir les ruptures de barrettes sur les disques BP, la documentation technique spécifie un contrôle magnétoscopique par champ actif permettant de détecter des fissures supérieures à 6 mm.

Depuis 2006, le service industriel de l'aéronautique (SIAé) a mis au point le contrôle magnétoscopique par rémanence sur cette pièce. Ce contrôle plus performant permet de déceler des fissures supérieures à 3 mm depuis la parution de l'acte technique n° 236-06/CEP/ASA/PRA qui remplace le contrôle magnétoscopiques par champ actif lors de la révision générale (NTI 3) ou de la visite périodique (NTI 2) tous les 400 heures.

En 2007, le SNECMA service n° 186 instaurant un contrôle visuel, est mis en place dans le plan de maintenance afin de détecter des fissures « débouchantes » sur la face avant et arrière. Ce contrôle concerne uniquement les disques BP dont le temps de fonctionnement est supérieur à 3200 heures.

**Plan de maintenance et contrôles subis par le disque BP équipant le GTR n° 11556**



\* : temps de fonctionnement total (TFT)

### 2.2.3. Contrôles effectués sur le disque BP équipant le GTR n° 11556

A l'occasion de la révision générale (RG) en septembre 1999, après 2411 heures de fonctionnement total depuis sa mise en service, le disque BP est contrôlé par magnétoscopie par champ actif. Le disque BP ne révélant aucune fissure, il est remis en service.

En septembre 2009, à l'occasion de la révision périodique, le disque étant proche des 3200 heures de fonctionnement total, il est contrôlé au SIAé de Bordeaux selon le SNECMA service n° 186 (cf. ANNEXE 2). Aucune fissure « débouchante » n'est détectée sur les faces avant et arrière du disque. Lors de ce contrôle, il n'est pas prévu d'examen visuel de l'intérieur des alvéoles.

Après 858 heures de fonctionnement depuis la dernière RG et 156 heures depuis la visite périodique, les barrettes supérieures consécutives ont rompu.

**Le disque BP a subi tous les contrôles prévus selon le plan de maintenance en vigueur. La rupture des barrettes s'est produite 858 heures après le contrôle magnétoscopique par champ actif et 156 heures après l'application du SNECMA service n° 186. Pour subir le contrôle magnétoscopique par rémanence, le moteur devait encore fonctionner pendant 244 heures.**

### 2.2.4. Causes de la non détection des fissures lors des contrôles périodiques

Malgré les contrôles préventifs effectués sur le disque, les fissures préalables à la rupture n'ont pas été détectées. Plusieurs causes peuvent être établies.

- Analyse de la vitesse de propagation de la fissure

La vitesse de propagation de fissure a été estimée, sur le disque du moteur n° 11556, 6 fois plus rapide que la vitesse définie selon les calculs réalisés par Snecma lors des essais d'endurance.

Aucun calcul de propagation basé sur l'expérience n'a pu être réalisé avant l'événement puisqu'aucun disque BP n'a subi deux contrôles magnétoscopiques par rémanence consécutifs.

**Ainsi, les paramètres d'essais d'endurance ont pu aboutir à un calcul erroné de la vitesse de propagation de fissure.**

- Analyse statistique et pas de maintenance

L'analyse statistique réalisée par SNECMA sur la population des disques BP contrôlés n'a pas permis de prévenir la rupture de barrettes grâce au pas de maintenance défini dans la documentation technique au moment de l'événement.

**Les données statistiques qui ont contribué à la définition des pas de maintenance des disques BP ont pu faire l'objet d'une estimation inappropriée.**

- Contrôle magnétoscopique par champ actif

Le contrôle magnétoscopique par champ actif 858 heures avant la rupture, n'a pas permis de déceler l'amorçage des fissures en multi foyer à l'intérieur des alvéoles.

Ainsi, il est possible qu'une fissure supérieure à 6 mm n'ait pas été détectée en 1999, lors de la révision générale ; l'efficacité de ce contrôle ne pouvant être totale.

- SNECMA Service n° 186

Le dernier contrôle sur le disque a eu lieu lors de la dernière révision périodique<sup>8</sup>, soit 156 heures avant la rupture. En devançant la butée des 3 200 heures de fonctionnement total, le SIAé a appliqué le SNECMA service n° 186 et aucune fissure débouchante en face avant et arrière n'a été détectée.

Une fissure dont l'amorce se localise en milieu d'alvéole devient visuellement détectable lorsqu'elle débouche sur la face avant ou arrière du disque, donc quand une proportion importante de la section de barrette est fragilisée. Ainsi, la probabilité de détection préventive par application du SNECMA SERVICE n°186 de fissures dont le point d'amorçage est localisé au milieu de l'alvéole du disque, est très faible

**Dans le cadre de la rupture de barrette du disque BP du GTR n° 11556, l'application du SNECMA service n° 186 est inefficace.**

#### 2.2.5. Conclusion

**La maintenance appliquée n'a pas permis détecter les fissures amorcées en multi foyer.**

**Plusieurs hypothèses ont été avancées :**

- le contrôle magnétoscopique par champ actif a pu faillir lors de la révision générale en 1999 ;
- la vitesse de propagation des fissures (paramètre calculé) est sous-estimée ;
- le pas de contrôle périodique n'est pas adapté ;
- le SNECMA service n° 186 appliqué en l'état est inefficace pour détecter les fissures amorcées dans les alvéoles.

<sup>8</sup> Temps de fonctionnement total : 3113 heures.

### **3. CONCLUSION**

#### **3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement**

La forte détonation provenant de l'arrière de l'appareil, accompagnée de fortes vibrations ressenties par le pilote, a provoqué une perte de puissance soudaine lors de la mise en position de la manette des gaz sur « mini PC » pour décoller.

La cause de cette perte de puissance est la rupture de barrettes qui maintiennent l'aube en place sur le disque BP. Cette désolidarisation a provoqué une dégradation importante du GTR et de la cellule de l'avion.

#### **3.2. Causes de l'événement**

La rupture des barrettes du disque BP est provoquée par des fissures en fatigue.

Les contrôles préventifs spécifiés dans le plan de maintenance en vigueur n'ont pas permis de déceler l'amorçage des fissures.

L'absence de détection des fissures à l'origine de la rupture peut être :

- une défaillance du contrôle magnétoscopique par champ actif lors de la révision générale en 1999 ;
- une vitesse de propagation des fissures sous-estimée ;
- un pas de maintenance inadapté ;
- l'inefficacité du contrôle visuel défini dans le SNECMA service n° 186.



## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

### 4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

Le contrôle magnétoscopique par rémanence améliore la détection des fissures afin de prévenir le risque de rupture des disques BP. Ainsi, la DGA a fait évoluer l'acte technique qui instaure un recensement des disques BP n'ayant pas subi le contrôle magnétoscopique par rémanence et réduit les pas de maintenance.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air (SIAé), en relation avec les utilisateurs, d'effectuer le plus rapidement possible un contrôle magnétoscopique par rémanence sur les disques BP qui n'en ont pas encore subi.**

#### 4.1.1. Contrôle de maintenance

L'application de l'acte technique n° 236-06/CEP/ASA/PRA du 14 décembre 2006 n'a pas permis d'éviter la rupture de barrettes sur disque BP du GTR n° 11556.

Un nouvel acte technique<sup>9</sup> prend en compte ce fait technique mais les méthodes de calculs de risque sont les mêmes que celles utilisées dans les actes techniques précédents. Dès lors, ces calculs devraient être réactualisés.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à la direction générale de l'armement en relation avec le constructeur SNECMA de réactualiser les méthodes de calcul de probabilité utilisées afin de garantir un niveau de sécurité des vols satisfaisant.**

#### 4.1.2. Etude des vitesses de propagation des fissures

L'enquête a montré que le calcul de vitesse de propagation de fissure a été élaboré sur la base de l'expérience sur une roue neuve d'une part, et d'extrapolation de données issue de la maintenance appliquée d'autre part. Ce calcul apparaît donc incertain.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à la direction générale de l'armement d'affiner les calculs à partir de données issues des disques BP soumis à un deuxième contrôle magnétoscopique par rémanence.**

<sup>9</sup> N° 1369/CEP/ASA/PRA du 8 décembre 2011.

#### 4.1.3. Procédé de contrôle sans démontage des aubes

Les opérations prévues au plan de maintenance en vigueur n'ont pas permis la détection de fissure<sup>10</sup>. Selon l'expérience constatée au niveau NTI 2 et NTI 3, l'application du SNECMA Service n° 186 n'a pas permis de détecter de fissures « débouchantes » sur les faces avant et arrière de disques BP.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à la direction générale de l'armement en relation avec le constructeur SNECMA d'étudier soit le retrait du SNECMA service n° 186 en adaptant en conséquence le plan de maintenance, soit l'amélioration du contrôle visuel.**

#### 4.1.4. Documentation technique

Le constructeur SNECMA a annoncé en 2006, la mise à jour de la documentation technique concernant le contrôle par rémanence. A ce jour, cette mise à jour n'a pas été effectuée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**au constructeur en liaison avec l'armée de l'air (SIAé) de mettre à jour la documentation technique relative au contrôle magnétoscopique par rémanence.**

#### 4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement

Le contrôle par rémanence est plus performant que le contrôle magnétoscopique par champ actif. D'autres pièces du GTR pourraient être concernées par un passage du contrôle magnétoscopique par champ actif vers celui d'une magnétoscopie par rémanence.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'armée de l'air (SIAé) d'étudier la possibilité d'étendre le contrôle magnétoscopique par rémanence aux pièces aujourd'hui contrôlées par champ actif.**

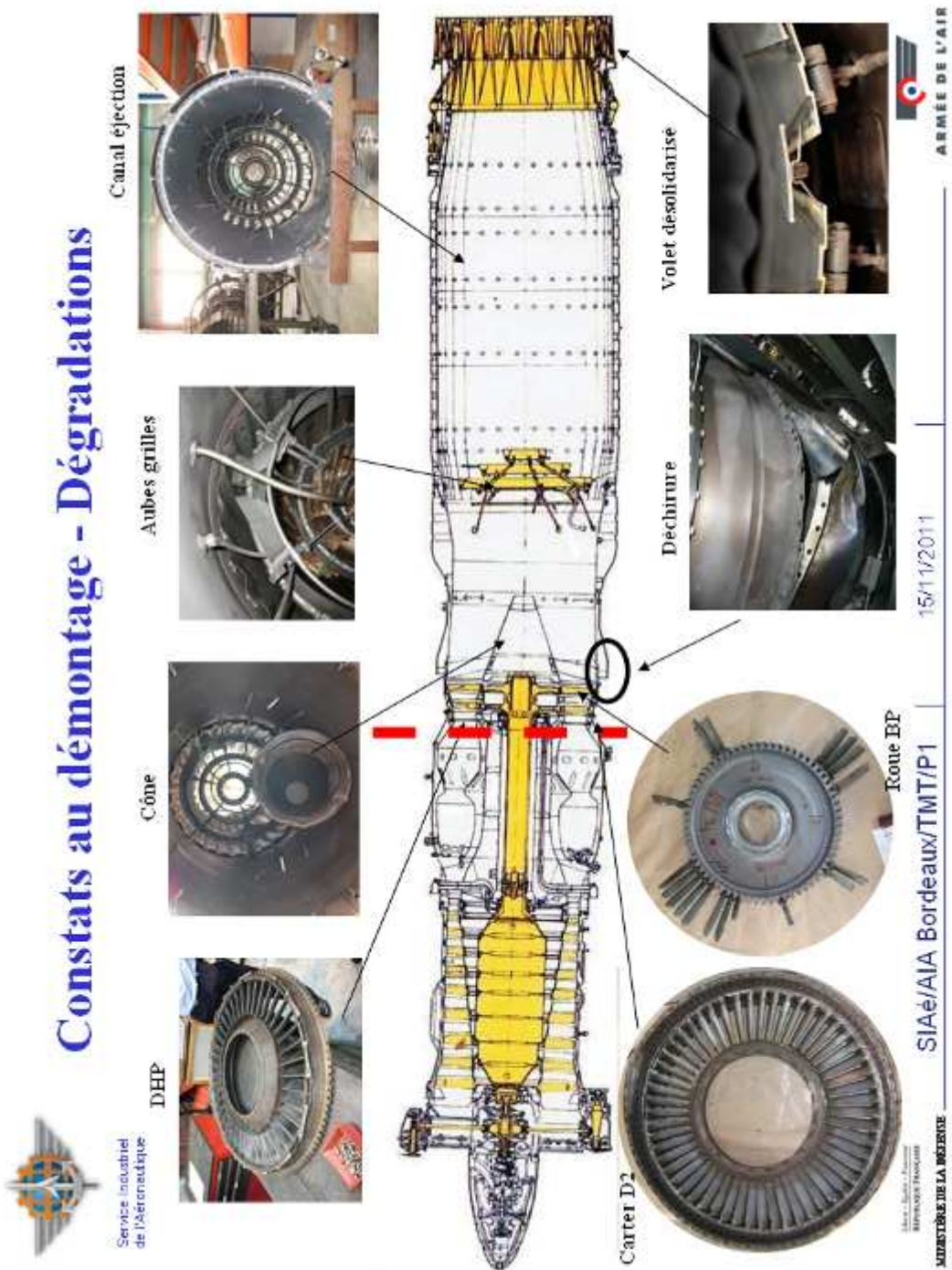
<sup>10</sup> Selon une note interne du SIAé de 2008, le SNECMA Service n'est pas adapté pour 30 % des disques BP.

## ANNEXES

ANNEXE 1 Synthèse de dommages .....	28
ANNEXE 2 Service SNECMA n° 186 .....	29
ANNEXE 3 Données concernant le disque BP n° 156 .....	32

# ANNEXE 1

## Synthèse de dommages



ANNEXE 2

Service SNECMA n° 186

ATELIER INDUSTRIEL DE L'AÉRONAUTIQUE  
FONCTION DOCUMENTATION

**SNECMA**  
*Service*  
TURBORÉACTEUR **ATAR**

TYPE	K50	Classement au CAD 12	N° 186
VARIANTE	Toutes	Chapitre : B	
VERSION	Toutes	Section : S	SECTION N° 5
		N° 395BS du 15/05/01	

**OBJET :** Contrôle visuel de la présence de criques ouvertes sur les faces avant et arrière des disques BP sans démontage des aubes.

**INTERESSE :** Turbine

**S'APPLIQUE :** Aux turboréacteurs ATAR 08/09K50 ayant des disques de turbine BP avec un temps de fonctionnement total  $\geq$  3200 heures depuis le neuf.

Réservé à la S.N.E.C.M.A.	
P1 : 01.01.07	P4 :
P2 :	P5 :
P3 :	P6 :

Approbation SPAé
N°110-07/CEP/ASA/PRA
Du 11 juin 2007

F01

**1 -OBJET**

Le présent SNECMA-SERVICE a pour but de définir les consignes et opérations nécessaire pour s'assurer du bon état des disques de turbine BP et en particulier la présence de criques ouvertes détectables en visuel.

**2 -APPLICABILITE**

Ce SNECMA SERVICE est applicable à chaque VP à tous les turboréacteurs ayant des disques de turbine BP avec un temps de fonctionnement total  $\geq$  3200 heures depuis neuf.

**3 -MATERIEL NECESSAIRE****3.1 -Outils**

- Suivant carte 2-25-301.

**3.2 -Recharges**

- Suivant carte 2-25-301.

**3.3 -Ingrédients**

- Suivant carte 2-25-301 et 2-25-602.

**4 -MODE D'EXECUTION**

Nettoyer les faces avant et arrière de la roue BP à l'aide des ingrédients et outillages de la carte 2-25-602.

Lors du contrôle des aubes de turbine BP suivant carte 2-25-521, contrôler visuellement la présence de crique ouverte sur la face avant et arrière des disques BP comparable à la PL 1.

- Si aucune crique n'est constatée, le disque de turbine BP sera remis en service.
- Si une ou des criques sont constatées, remplacer l'ensemble de turbine suivant cartes 2-25-818 ou 2-25-822 ou 2-25-824. Retourner au NII3 l'ensemble de turbine ayant le disque de turbine BP détérioré.

Renseigner le tableau de relevé, paragraphe 6 en cas de disque de turbine détérioré.

**5 -RENSEIGNEMENT DE LA DOCUMENTATION**

Renseigner la mention "Sneema Service n° 186 appliqué" sur le livret moteur.

**6 -TRANSMISSION DES INFORMATIONS**

En cas de découverte de criques sur un disque BP, renseigner les différentes colonnes du tableau ci-dessous puis en adresser une copie par courrier à l'adresse ci-dessous :

SNECMA

Service VXAE

BP 83

91003 EVRY CEDEX

ou par Télécopie au +33 (0) 1 69 87 96 39

ATAR K50

SNECMA-SERVICE N°186

**TABEAU**

UTILISATEUR	
DATE DE CONTRÔLE	
DISQUE BP (Référence et numéro de série)	
TEMPS DE FONCTIONNEMENT TOTAL	
TEMPS DE FONCTIONNEMENT DEPUIS REVISION GENERALE	
OBSERVATIONS	

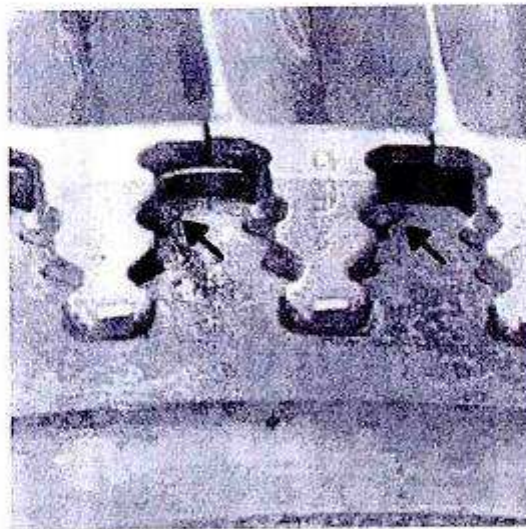


PLANCHE 1

PL 1 -

### ANNEXE 3

#### Données concernant le disque BP n° 156

Roue de turbine 2<sup>ème</sup> étage n° 156

Référence : 401-550-012-0

N° série : 156

- 09/1999 à 2411 h depuis l'état neuf : contrôle magnétoscopique par champ actif lors de la révision générale.
- 02/2005 à 399 h 40 : contrôle par courant de Foucault et pas de retouche sur les bords d'attaque et de fuite des aubes lors de la visite périodique.
- 09/2006 à 657 h 25 : dépose du disque BP du GTR n° 11427 suite à vibrations au banc essai-réception. Malgré un changement de turbine les vibrations sont toujours présentes sur le moteur (4.2 cm/s à 7200 tr/mn). Intervention au NTI 3 du moteur n° 11427 équipé de sa turbine d'origine.
- 11/2007 à 657 h 25 : repose du disque BP sur le GTR n° 11427.
- 09/2009 à 702 h 50 : contrôle par courant de Foucault et pas de retouche sur les bords d'attaque et de fuite des aubes lors de la visite périodique.
- 11/2009 à 702 h 50: pose du disque BP sur le GTR 11556.
- 15/06/2011 à 858 h 25 depuis la révision générale ; à 155 h 35 depuis la visite périodique et à 3269 h depuis l'état neuf: **Incident avant décollage sur Mirage F1-CT n° 231**