



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-A-2014-015-A

Date de l'événement	4 août 2014
Lieu	commune de Viens (Vaucluse)
Type d'appareil	Mirage 2000-B
Immatriculation	F-UHYP n° 526
Organisme	armée de l'air
Unité d'emploi	escadron de chasse 2/5 « Ile de France »

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 retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA air

Photos et illustrations :

- Pages 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 : BEAD-air
- Pages 25, 26, 27, 28, 29, 38, 39, 40, 41 : AIA Bordeaux
- Pages 9, 15, 42, 43, 44, 45, 49 : RESEDA
- Pages 48, 57 : armée de l'air
- Page 24, 32, 34, 35, 36 : SNECMA

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT _____	2
GLOSSAIRE _____	4
SYNOPSIS _____	5
1. Renseignements de base _____	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Tués et blessés.....	10
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages.....	10
1.5. Renseignements sur le personnel	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	12
1.7. Conditions météorologiques	14
1.8. Enregistreurs de bord.....	14
1.9. Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	15
1.10. Renseignements médicaux et pathologiques.....	30
1.11. Incendie.....	30
1.12. Questions relatives à la survie des occupants.....	31
1.13. Renseignements sur les organismes	34
1.14. Renseignements supplémentaires.....	34
1.15. Techniques spécifiques d'enquête.....	36
2. Analyse _____	Erreur !
3. conclusion _____	Erreur !
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	Erreur !
3.2. Causes de l'événement.....	Erreur !
4. Recommandations de sécurité _____	Erreur !
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	Erreur !
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement.....	Erreur !
ANNEXES _____	ERREUR
ANNEXE 1 SNECMA-SERVICE M53-P2 N°166R6 ED03 _____	ERREUR
ANNEXE 2 ACTE TECHNIQUE N°105-14/DT/ASA/AAC DU 27 AOUT 2014 _____	ERREUR

GLOSSAIRE

AIA	Atelier industriel de l'aéronautique
AM	Antenne médicale
BP	Basse pression
CMA	Centre médical des armées
CMAD	Commission médicale de l'aéronautique de défense
CSFA	Commandement du soutien des forces aériennes
DMAO	Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle
ESTA	Escadron de soutien technique aéronautique
FDR	<i>Flight data recorder</i> – enregistreur de paramètres de vol
GTR	Groupe turboréacteur
HP	Haute pression
PFT	Pression fermeture tuyère
POT	Pression ouverture tuyère
RPM	Rotation per minute - tours par minute
SIMMAD	structure intégrée du maintien en condition opérationnel des matériels aériens de la défense

SYNOPSIS

Date de l'événement : le 4 août 2014 à 09h58
Lieu de l'événement : lieu-dit « La petite blaque » commune de Viens (Vaucluse)
Organisme : armée de l'air
Commandement organique : commandement du soutien des forces aériennes (CSFA)
Unité d'emploi : escadron de chasse 2/5 «Ile de France »
Aéronef : Mirage 2000 - B F-UHYP n° 526
Nature du vol : vol d'instruction
Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'un vol d'instruction avant lâcher solo comprenant plusieurs séries de voltige, l'équipage (composé d'un moniteur¹ en place arrière et d'un stagiaire² en place avant) perçoit une perte de poussée moteur sans alarme associée. Le moniteur reprend les commandes. Il constate une chute brutale du régime moteur qu'il analyse comme un « dévissage ». Il procède à une coupure moteur et tente un rallumage en vol en mode secours carburant. Le moteur démarre mais stagne à 30% de régime. Le moniteur choisit une zone dégagée et les pilotes s'éjectent. Le stagiaire est blessé, l'appareil est détruit.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un expert technicien du BEAD-air.
- Un officier pilote ayant une expertise Mirage 2000.
- Un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur Mirage 2000.
- Un médecin du personnel navigant.
- Un officier parachutiste d'essai.

Autres experts consultés

- Dassault aviation.
- SNECMA.
- Direction générale de l'armement - département RESEDA.
- Atelier industriel de l'aéronautique (AIA) de Bordeaux.
- Direction générale de l'armement - essais propulseurs.

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu par le bureau maîtrise des risques de l'armée de l'air le 4 août 2014 à 10h39. L'équipe d'enquête de sécurité est sur la base aérienne 115 d'Orange le 5 août 2014 dès 08h00.

¹ Instructeur/examineur sur Mirage 2000 biplace dit «moniteur ».

² Pilote breveté chasse en formation sur Mirage 2000 dit «stagiaire ».

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : Coton 26

Type de vol : circulation aérienne militaire tactique (CAM T)

Type de mission : vol d'instruction AC8 – Vol test de pré-lâché

Dernier point de départ : base aérienne 115 d'Orange (BA 115)

Heure de départ : 09h45

Point d'atterrissage prévu : base aérienne 115 d'Orange (BA 115)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Dans le cadre de la transformation d'un stagiaire sur Mirage 2000, un vol test comprenant des séries de voltige est programmé. Il s'agit du dixième vol du stagiaire sur ce type d'appareil et du test préalable à son lâcher solo. La zone désignée est la R 71 (à la verticale du terrain désaffecté d'Apt Saint-Christol) en contact avec l'approche de salon de Provence. Il est prévu d'effectuer au minimum deux séries de voltige puis une finale secours carburant suivie de tours de piste à Orange. Un briefing préalable a été effectué.

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

Le décollage s'effectue à 09h45. Aucune anomalie n'est observée. Le contrôle d'accélération au décollage permettant de vérifier le bon fonctionnement du moteur est effectué. L'accélération (Jx) lue est de 0,57 pour un attendu compris entre 0,52 et 0,58. *L'équipage rejoint la zone assignée d'Apt Saint-Christol et débute les exercices. Le contrôle de Salon de Provence fixe une tranche d'évolution entre les FL³ 85 et 185.*

A peine débutée, la première série de voltige est interrompue par le stagiaire qui prend en compte les données du moniteur lui fixant une zone d'évolution comprise entre les FL 95 et 165.

La seconde série débute par un départ en post combustion mini (PC Mini) pour un retournement. En haut de la figure les paramètres sont corrects (180 Kt⁴ au FL 165) mais le point bas s'achève à 350 Kt au FL 90 pour un attendu de 400 Kt au FL 95. Le stagiaire décide d'arrêter pour recommencer l'exercice.

³ FL : *Flight level* – niveau de vol.

⁴ Kt : *knot* – nœud.

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

Une troisième série de voltige est initiée. Elle débute par un départ plein gaz sec au FL 105 à 350 Kt pour un retournement point clé haut au FL 180 à 175 Kt. Le point clé bas s'effectue au FL 88 à 350 Kt. Le stagiaire enchaine sur une boucle, point clé haut au FL 140 à 95 Kt. Il perçoit la sortie du domaine de vol et un départ en balistique⁵. Il avertit la place arrière et relâche le manche « pour faire respirer l'avion » et ne pas perdre le contrôle. Il laisse l'avion redescendre et ré accélérer avant de poursuivre sa figure. La figure s'achève en dessous du FL 80.

Le moniteur demande au stagiaire de remonter. Il pense alors que le stagiaire a affiché plein réduit. Le moniteur lui demande ce qu'il fait. Le stagiaire vérifie que la manette est plein gaz sec et constate que le régime moteur n'est qu'à 75 % au lieu de 100 %. Il annonce un problème moteur pensant à un décrochage compresseur. A ce moment le moniteur ne voit aucun voyant allumé au panneau d'alarmes et ne perçoit aucune alarme sonore. Il reprend les commandes et effectue un test du réacteur en réduisant les gaz puis en affichant plein gaz.

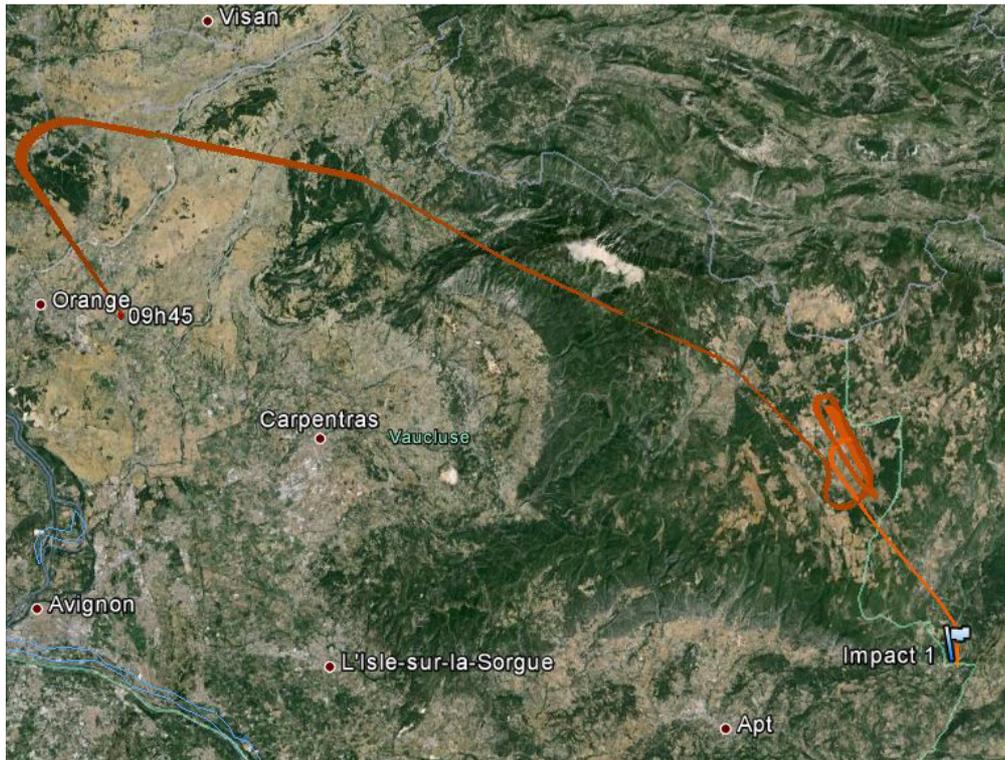
Le régime moteur continue à décroître. La T7 est perçue « cadran à midi » (soit autour de 500°). Le moniteur pense que le moteur « dévisse ». Il perçoit alors les alarmes RPM, ALT 1, ALT 2, BP. Le voyant d'alarme T7 n'est pas allumé et la température n'est pas en butée. Le moniteur coupe le réacteur (N = 20% et T7 = 400°) et lance une procédure de rallumage « secours carburant ». Il demande au stagiaire d'abaisser la palette secours carburant. Le stagiaire lui confirme que c'est fait et le moniteur vérifie que le répéteur est allumé.

Il estime la hauteur avion entre 5 et 6 000 ft⁶. Il pousse sur le manche pour maintenir une vitesse comprise entre 300 et 310 Kt. Le régime moteur remonte entre 28 et 30% puis stagne à cette valeur. Le moniteur perçoit alors de grosses vibrations ainsi que du bruit anormal. Il actionne le manipulateur secours carburant de la place arrière sans effet notable. Le stagiaire active la fonction *emergency* au transpondeur. Le moniteur annonce au contrôle qu'ils vont s'éjecter. Il vise une zone qu'il juge déserte. Le stagiaire lui annonce qu'il est en position. Quand le moniteur a l'assurance que la zone est inhabitée, il annonce l'éjection.

Le stagiaire déclenche la séquence. L'appareil poursuit le vol et percute le relief, rebondit puis s'immobilise dans une ravine.

⁵ L'avion se trouve en phase balistique : l'action aux commandes est inefficace, l'ordinateur de bord bloque les élévons et la commande de direction au neutre en attendant que l'aéronef reprenne une vitesse compatible avec le domaine de vol.

⁶ ft :*feet* - pieds



Trajectoire de l'appareil

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Vaucluse
 - commune : Viens
 - coordonnées géographiques :
 - N 43°54'52''
 - E 005°35'31''
 - altitude du lieu de l'événement : 526 mètres
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Orange

1.2. Tués et blessés

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4. Autres dommages

Une zone boisée a été dégradée lors de l'impact. Un muret de pierres sèches a été partiellement détruit. Un début d'incendie a été rapidement circonscrit. Une zone militaire réservée a été définie par arrêté inter préfectoral durant les constatations et l'enlèvement des débris. A l'issue, des mesures de dépollution du terrain ont été prises et jugées conformes par les services préfectoraux des départements des Alpes maritimes et du Vaucluse. Les parcelles impactées ont été restituées aux propriétaires.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Pilote instructeur en place arrière

- Age : 36 ans
- Unité d'affectation : EC 2/5 Ile de France, BA 115 d'Orange
 - fonction dans l'unité : moniteur – chef de la cellule opération
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse – Tours
 - année de sortie d'école : 2003

- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont M 2000	sur tout type	dont M 2000	sur tout type	dont M 2000
Total (h)	2 862h40	2 001h00	81h15	81h15	13h25	13h25

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 25 juillet 2014
- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte verte n° 690/SIMU/R/EC2/5
 - date d'expiration : 12 août 2014

1.5.1.2. Stagiaire aux commandes en place avant

- Age : 31 ans
- Unité d'affectation : EC 2/3 Champagne à Nancy
 - fonction dans l'unité : stagiaire en transformation Mirage 2000
- Formation :
 - qualification : pilote de combat
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse – Tours
 - année de sortie d'école : 2008
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont M 2000	sur tout type	dont M 2000	sur tout type	dont M 2000
Total (h)	1 541h45 ⁷	11h00	27h20	11h00	07h55	07h55

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 1er août 2014
- Carte de circulation aérienne : non encore obtenue sur Mirage 2000

⁷ Auparavant, le stagiaire a été moniteur « ab ovo » durant trois ans à Cognac.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement organique d'appartenance : CSFA
- Base aérienne de stationnement : BA 115 d'Orange
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 2E005
- Type d'aéronef : Mirage 2000 - B
 - configuration : 1 réservoir pendulaire largable central de 1 300 l
 - armement : 1 missile MAGIC d'entraînement côté droit
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	M2000 – B	526	4 488h54	VP 6 ⁸ : 64h10	VG ⁹ : 1 699h54
Moteur	M53-P2	6 0191	4717h05	VN ¹⁰ : 75h36	Pose : 41h36
Module 6	(turbine)	1 6490	3 059h	174h ¹¹	

Nota : Potentiel restant sur le module 6 le matin avant vol : 26h22 / 539 cycles.

1.6.1. Maintenance

1.6.1.1. Visites d'entretien cellule

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au plan de maintenance applicable.

1.6.1.2. Visite de mise en œuvre

Toutes les visites de mise en œuvre ont été réalisées.

⁸ VP : visite périodique effectuée par l'AIA de Clermont Ferrand.

⁹ VG : visite graissage effectuée par l'ECE 05.330.

¹⁰ VN : visite normale réacteur effectuée par l'ESTA 2E003.

¹¹ Depuis application du SS166R6 : contrôle stellite de la roue HP de la turbine prévu toutes les 200 h.

1.6.1.3. Visites d'entretien moteur depuis la dernière visite normale

L'examen de la documentation technique du groupe turboréacteur (GTR) témoigne :

- d'un contrôle¹² du module 6 effectué en mars 2013 à 2 885h48 par l'AIA de Bordeaux. Le module avait également fait l'objet du remplacement du disque basse pression (BP), de l'entretoise. L'aubage haute pression (HP) homogène petits stellites avait également satisfait au contrôle courant de Foucaud (CDF) et au contrôle déversement¹³. A l'issue le module a été remis en service avec un potentiel de 200h ou 10h en zone S1¹⁴.
- du montage sur le GTR 60191 en mai 2013 par ESTA 2E005 d'Orange.

1.6.2. Performances

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

1.6.3. Masse et centrage

La masse et le centrage respectent les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34
- Quantité de carburant au décollage : 4,1 t
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : il n'a pas été possible de mesurer le pétrole restant à bord de l'épave.

Résultats des analyses du carburant :

- les prélèvements effectués dans la tuyère de l'aéronef correspondent à du carburéacteur F34 mélangé avec de l'huile moteur de type O-150. Les proportions n'ont pas pu être déterminées avec précision.
- les prélèvements, effectués dans le réservoir pendulaire et dans le régulateur post combustion ainsi que dans la citerne à partir de laquelle le dernier plein avion a été fait, attestent que ces fluides étaient conformes aux spécifications et qu'ils ne révèlent aucune anomalie.

¹² Ce contrôle est préconisé par le bulletin Snecma Service 166R6 édition 3 (SS166R6 ed 3) approuvé par acte technique valant consigne de navigabilité n°975/DT/ASA/PRA du 15 juillet 2013.

¹³ Contrôle dimensionnel.

¹⁴ Zone d'emploi de l'avion correspondant à une vitesse supérieure à 450 Kt pour une altitude inférieure à 5 000 ft.

1.6.5. Autres fluides

Les résultats des analyses de liquide hydraulique prélevé dans les circuits 1 et 2 sont conformes aux spécifications attendues pour de l'H-515/9.

L'huile moteur prélevée est de type O-150. Aucune pollution n'a été mise en évidence. Une présence anormale d'eau est décelée. Elle résulte de l'arrosage du GTR par les pompiers lors de l'extinction du départ d'incendie. La bache à huile moteur a été éventrée dans l'accident.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

CAVOK¹⁵.

1.7.2. Observations

Les observations sont conformes aux prévisions et font état de bonnes conditions pour la mission.

1.8. Enregistreurs de bord

L'avion était équipé :

- d'un enregistreur de paramètres de vol (FDR) de type PE 6011-FA ;
- d'un enregistreur HI 8, permettant d'acquérir la vidéo de la visualisation tête haute (VTH) et d'enregistrer les conversations radio émises et entendues par le pilote ;
- d'un système d'enregistrement et de restitution des paramètres de mission (SERPAM) non en fonction ;
- d'un enregistreur d'événements situé dans le calculateur du GTR qui permet l'enregistrement des paramètres moteurs en cas de panne.

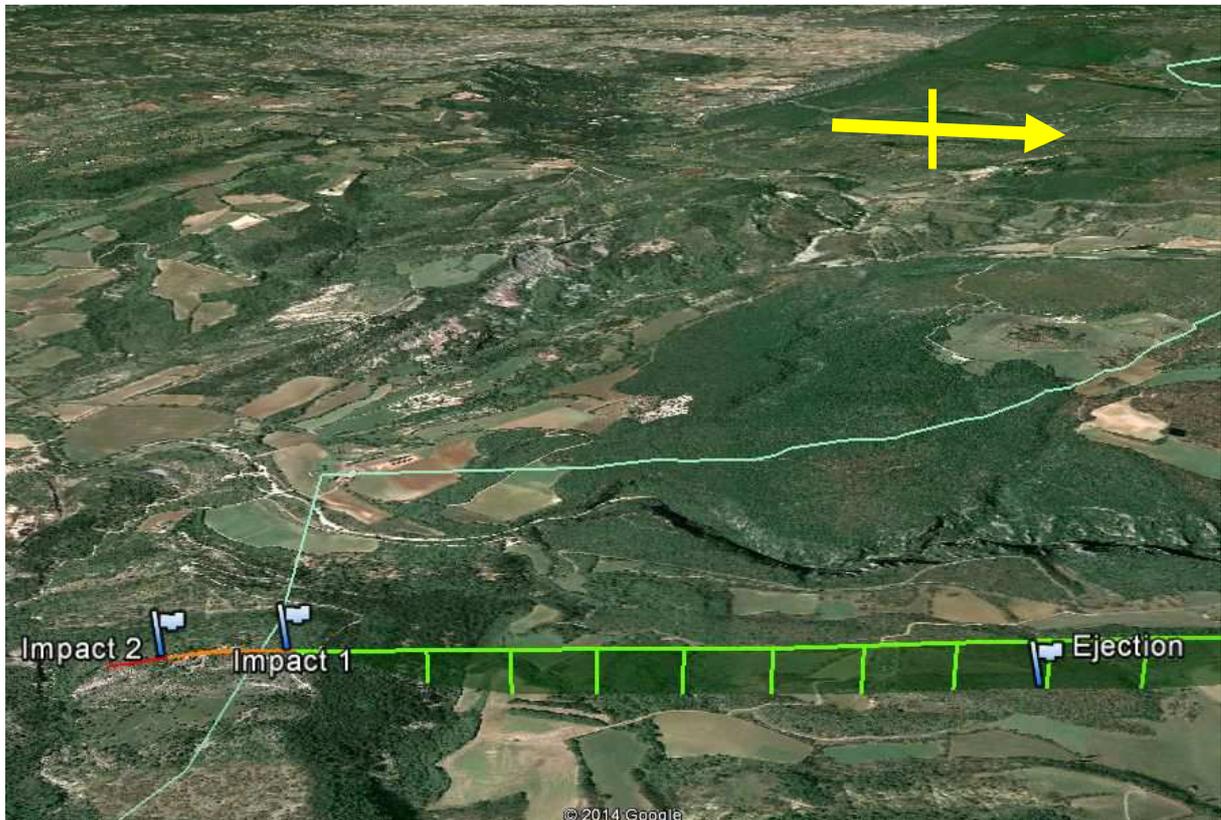
Seuls le FDR et le calculateur moteur ont pu être exploités. La cassette HI 8 a entièrement brûlé.

¹⁵ *Ceiling and visibility OK* (CAVOK) est un terme météorologique utilisé en aéronautique signifiant : visibilité ≥ 10 km, pas de nuage au-dessous de la plus élevée des altitudes ou hauteurs suivantes : l'altitude minimale de secteur 1 la plus élevée ou la hauteur de 5000 ft (1500m) par rapport à l'aérodrome.

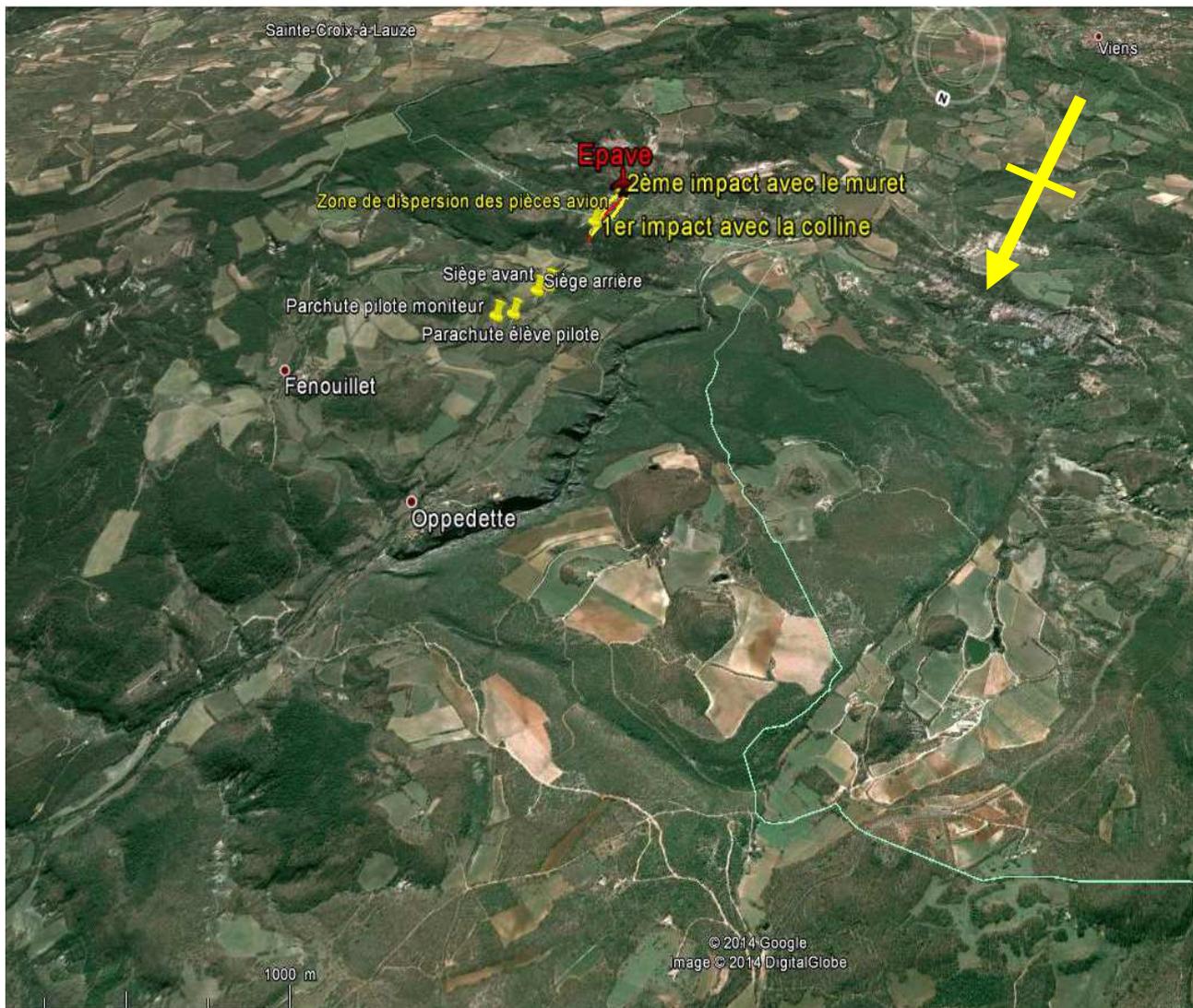
1.9. Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.9.1. Examen de la zone

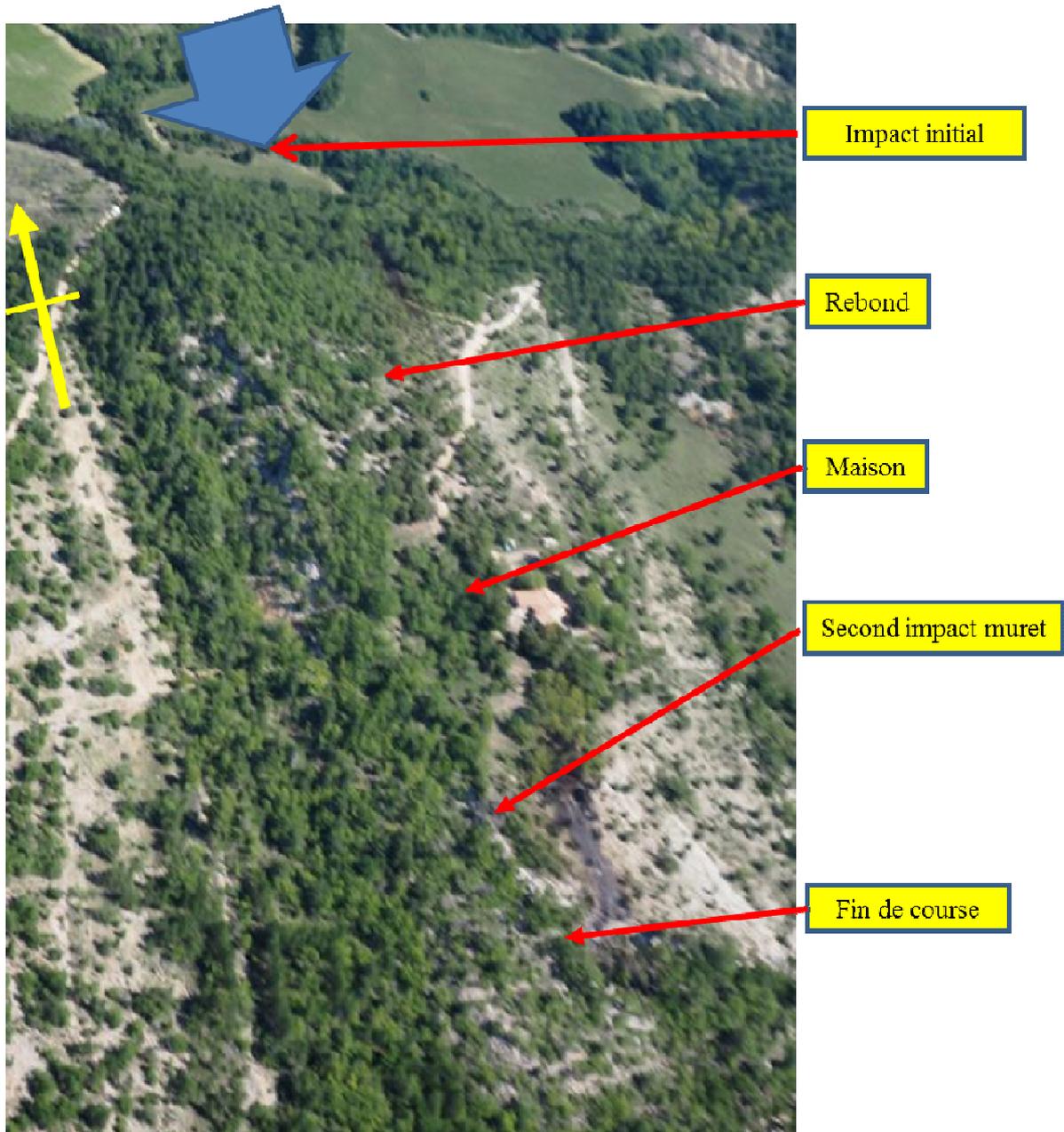
Après l'éjection, l'avion poursuit sa trajectoire au cap 180, assiette à plat. Il percute une première fois le terrain sur une zone boisée, rebondit au-dessus d'une maison inhabitée et percute un muret de pierres sèches. Il commence à se disloquer en ripant sur plusieurs dizaines de mètres et termine sa course dans une petite ravine quinze mètres en contrebas.



Vue de la trajectoire après l'éjection



Plan de situation



Zone d'impact



Vue du premier point d'impact



Vue du second impact sur le mur en pierre sèche

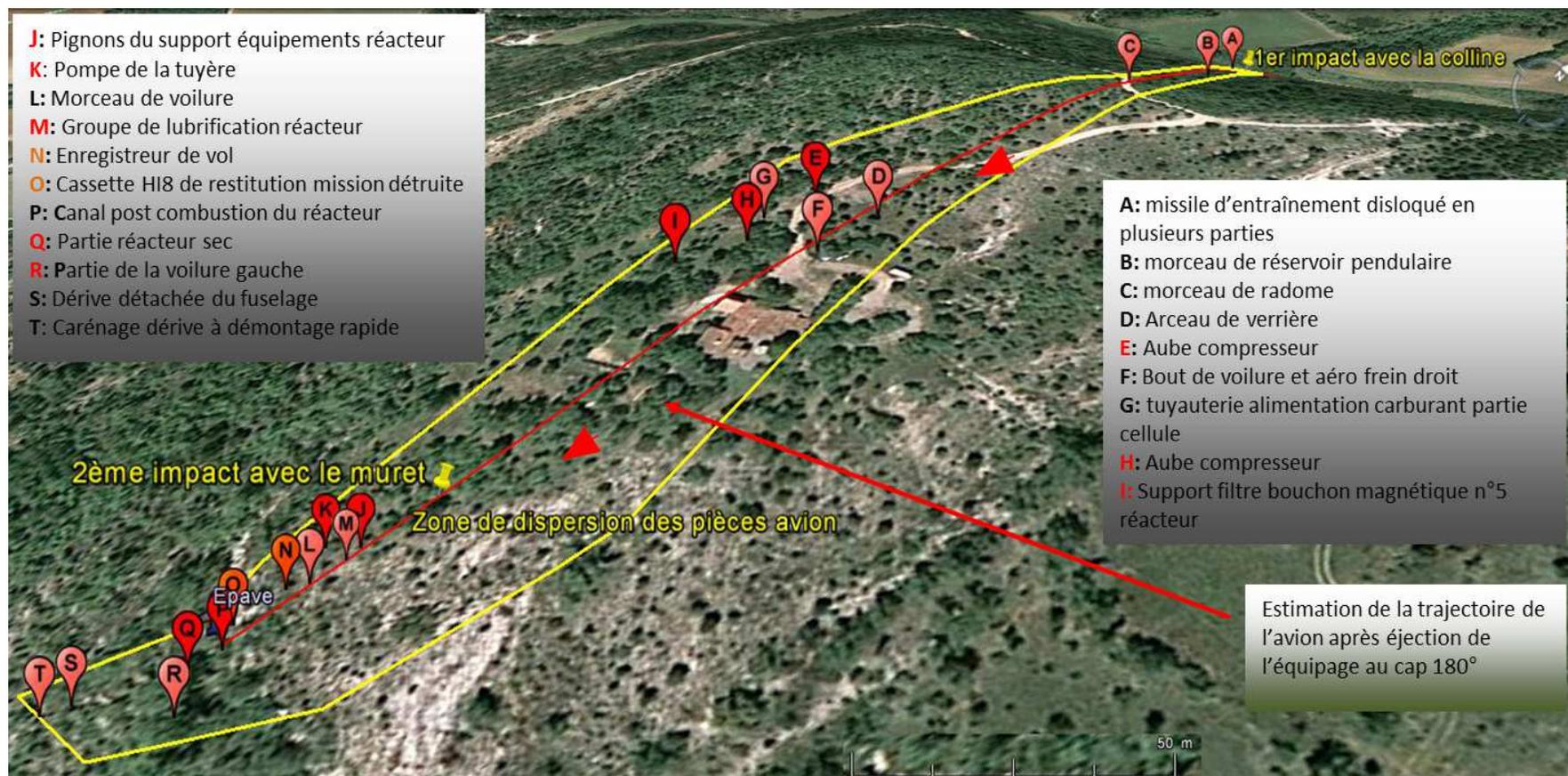


Vue du moteur dans la ravine en contrebas

1.9.2. Examen de l'épave

Constatations sur la cellule

Les premiers examens de l'aéronef montrent qu'il a impacté le sol ailes à plat à vitesse élevée. Un départ de feu de forêt a été maîtrisé par les pompiers. La carcasse principale se consume durant la nuit et fond.



Localisation des éléments remarquables de l'épave

Légende : **éléments réacteur** – **éléments cellule** – **enregistreur**

BEAD-air-A-2014-015-A

Date de l'événement : 4 août 2014



Vue de la dérive



Vue du fuselage calciné et fondu



Vue de la voilure gauche



Vue de l'alpha manette sur zéro



Vue de la palette secours carburant



Vue de l'indicateur N moteur et T7

Constatations sur le moteur

Le moteur a subi plusieurs impacts avec le sol.

Un premier impact (à plat, en haut de la colline) a entraîné une perte d'éléments constitutifs du support d'équipement.

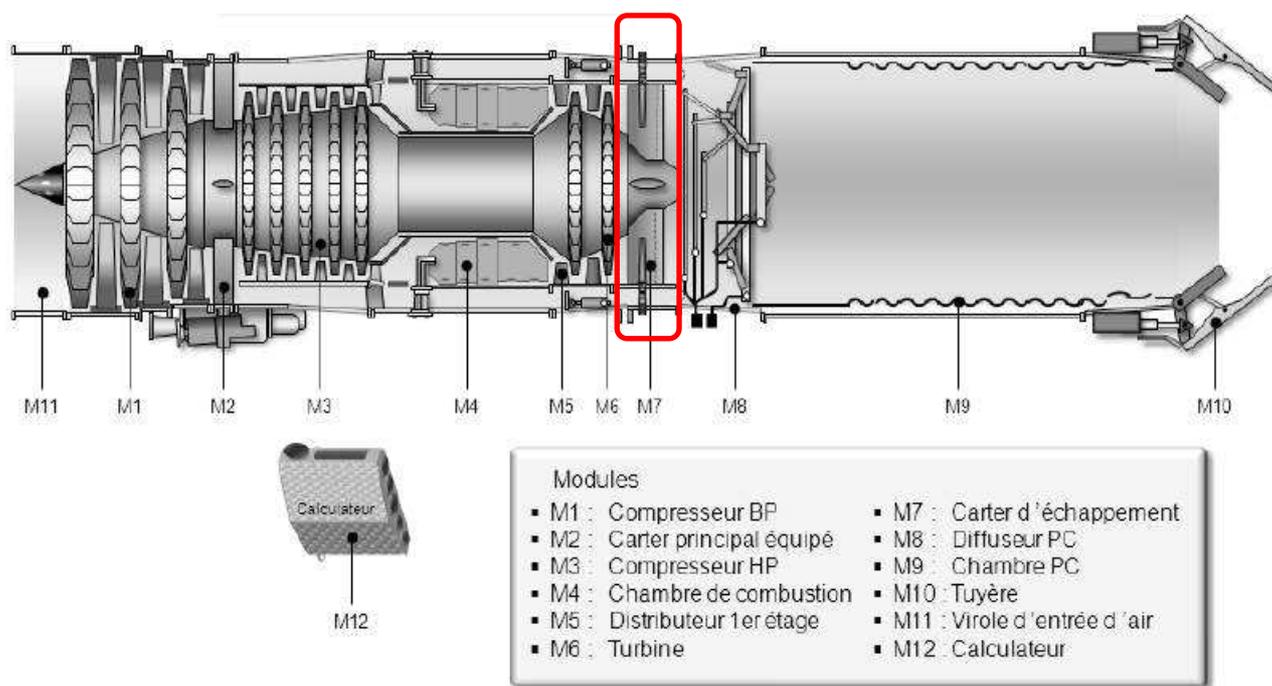
La collision avec le muret en pierre puis le ripage sur la pente boisée ont entraîné :

- une absorption de débris et de bois ;
- une perte d'éléments constitutifs du support d'équipement et d'équipements moteur ;
- une désolidarisation du moteur de la cellule ;
- une dissociation canal PC/moteur ;

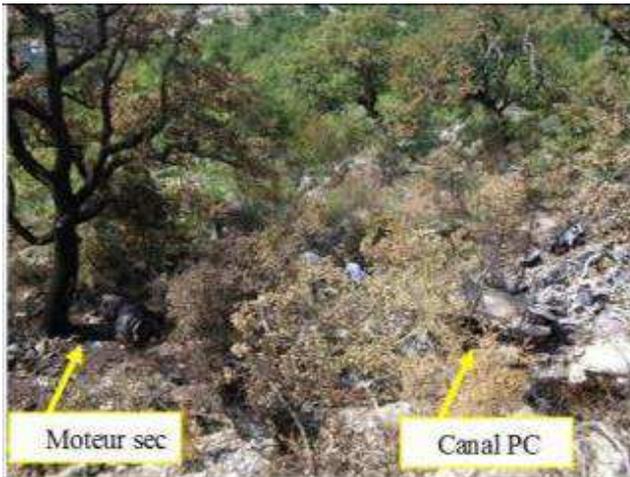
ce qui occasionne le départ d'un incendie sur le terrain.

Sur le point de chute une quinzaine de mètres en contrebas, on observe des traces d'incendie ainsi que le canal PC distant du moteur d'une quinzaine de mètres.

La partie principale du moteur est éjectée sur la gauche et demeure en bon état de conservation pour l'expertise.



Vue éclatée du moteur et position du MO6



Situation moteur/canal



Moteur sec vu de l'arrière



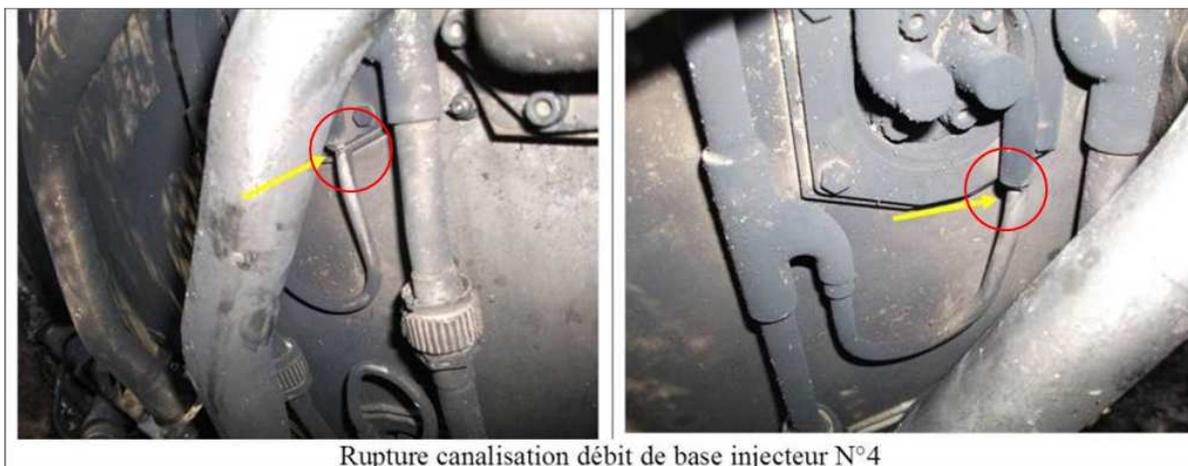
Canal PC

Etat des équipements

- Les supports d'équipements sont disloqués (fragments retrouvés sur toute la trajectoire).
- Le régulateur principal est retrouvé à quelques mètres du moteur, dissocié au niveau de la bride de la commande de régime.
- Le régulateur PC associé à sa pompe est solidaire du moteur par ses canalisations.
- La pompe de tuyère et le groupe de lubrification sont retrouvés sur la trajectoire avant le ravin.
- La prise mouvement avion (PMA) et le régulateur de secours sont sur le moteur.
- Le calculateur est retrouvé à côté du moteur et présente des traces de feu.

Faits marquants concernant l'habillage

- La canalisation d'alimentation débit de base de l'injecteur N° 1 est rompue au niveau de l'ajutage¹⁶ et tordue (probablement à l'impact).
- La canalisation d'alimentation débit de base de l'injecteur N°4 est rompue au niveau de l'ajutage sans déplacement (cas similaire au C76¹⁷ accidenté suite à rupture d'aubes THP).

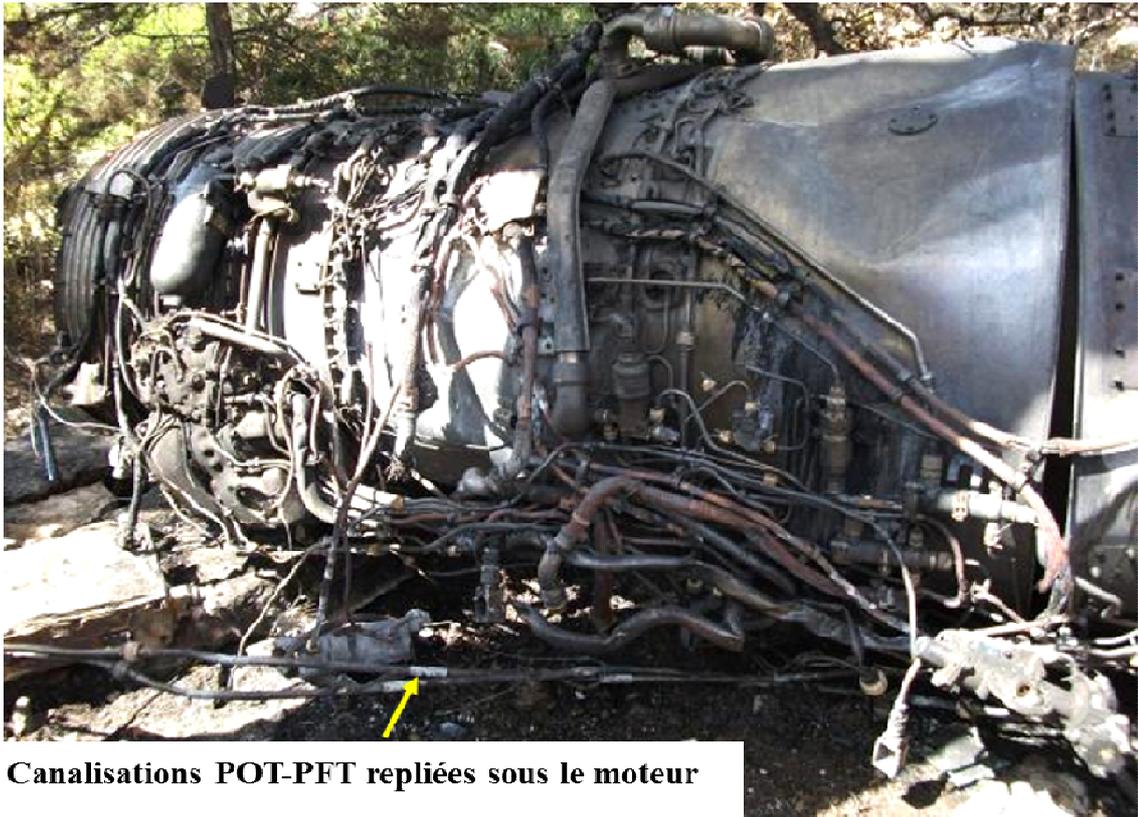


Rupture canalisation débit de base injecteur N°4

Les canalisations POT - PFT (alimentation des vérins de tuyère) sont désolidarisées du canal PC et repliées sous le moteur.

¹⁶ Ajutage : tuyau court qu'on adapte à un orifice d'écoulement pour en accroître ou en modifier le jeu. La présence d'un ajutage modifie les conditions de l'écoulement en mince paroi et produit une certaine perte de charge. - (Georges Dariès, Mécanique, hydraulique, thermodynamique, 1906)

¹⁷ Accident du Mirage 2000-5 à Mont de Marsan qui a fait l'objet de l'enquête du BEAD-air n°A-2010-008-A.



Canalisations POT-PFT repliées sous le moteur

Etat du générateur

L'aubage RM1 présente des traces dans l'abradable évoquant une rotation nulle ou faible lors du dernier impact et des dommages sur l'abradable et sur les aubes résultant vraisemblablement de l'ingestion de végétaux.



Présence de bois, de fibres et d'un panneau d'aube derrière la RM1

Turbine

Des traces de brûlures sur le distributeur BP et de métallisation de l'étage BP sont relevées. L'endoscopie de l'étage HP montre:

- la rupture d'une aube HP en base de pale (aube DS 200 petits stellites) ;
- une coloration thermique sur les extradados des aubes de turbine HP
- la perte des talons de 4 à 5 aubes adjacentes ;
- l'abrasable NIDA en regard de la roue HP très fortement usé ;
- une perforation du carter de turbine au niveau de la roue HP.



La rupture de l'aube THP est intervenue en fonctionnement. Elle est antérieure à l'impact avec le sol.

Ce type d'endommagement sur les aubes « HP petits stellites » a déjà été rencontré sur la flotte. Il a conduit à une réduction de la période des contrôles de 250h à 200 h. Sur le module 6 concerné par l'accident le dernier contrôle avait été effectué 174 h auparavant.



Carter d'échappement

Le carter extérieur de veine est «découpé» autour des sondes T7 N° 1, 3, 4, 5, et 6.

Le carter extérieur flux froid est criqué au niveau de la fixation du support de détendeur à section variable (DSV) N° 8.

Les sondes T7 N° 5 et 6 sont solidaires du moteur par leurs connexions électriques.
Ces types d'endommagements ont déjà été observés sur différents moteurs soumis à de forts balourds après rupture d'aubes de turbine HP.



Etat du canal PC

Le canal PC est posé sur le dos, les tiges de vérins sont rentrées, la tuyère est pleine ouverte.



1.10. Renseignements médicaux et pathologiques

1.10.1. Membres d'équipage de conduite

1.10.1.1. Pilote instructeur en place arrière

- Dernier examen médical :
 - type : Visite systématique à l'unité au centre médical des armées (CMA) d'Orange antenne médicale (AM) de Camaret
 - date : 2 juillet 2014
 - résultat : apte pilote de chasse sans restriction
 - validité : 6 mois
 - visite au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) de Toulon le 6 janvier 2014 : apte pilote de chasse sans restriction 12 mois
- Examens biologiques : effectués RAS
- Blessures : légères lors de l'éjection

1.10.1.2. Stagiaire aux commandes en place avant

- Dernier examen médical :
 - type : CPEMPN d'Issy les Moulineaux
 - date : 24 juin 2014
 - résultat : Inapte pilote de chasse. Dossier à présenter devant la commission médicale de l'aéronautique de défense (CMAD). Avis favorable à la poursuite de l'activité aérienne dans la spécialité de l'intéressé, sous réserve d'une demande d'aptitude par dérogation et dans l'attente de la décision, sous réserve d'une activité en double commande. La demande de dérogation a bien été effectuée par l'intéressé et son dossier devait être présenté prochainement en CMAD
 - validité : jusqu'au passage en CMAD
- Examens biologiques : effectués RAS
- Blessures : fait l'objet d'une inaptitude au vol supérieure à 3 mois

1.11. Incendie

Sans objet.

1.12. Questions relatives à la survie des occupants

1.12.1. Abandon de bord

- Éjection en vol :
 - Type de siège éjectable : MK10
- Éléments au moment de l'éjection :

Il y a eu préparation à l'éjection.

Les éjections sont effectuées dans le domaine d'utilisation du siège éjectable MK10 à :

- une hauteur d'environ 270 pieds (82 mètres),
- une vitesse (VC) de 203 kt,
- une incidence 8 à 9 °,
- une assiette de 4,5°,
- une inclinaison de 2°,
- un taux vario négatif de 1400 à 1600 ft/min.
- les poids des pilotes sont de 62 kg et 73 kg pour des tailles respectives de 1m72 et 1m73.
- Leurs masses totales équipées sont de 77 kg et 83 kg.

Mise en œuvre du siège éjectable

L'éjection a été préparée sur ordre du moniteur (prise de la position). Devant le rapprochement imminent avec le sol, le pilote stagiaire a tiré sa poignée le premier.

Pilote stagiaire :

Il trouve le temps long entre la traction sur la poignée et le départ du siège et se souvient que cette procédure est normale car la place arrière est éjectée la première. Il constate visuellement la fragilisation de la calotte (1er temps) puis son siège part.

Pilote instructeur :

Après avoir resserré les sangles principales du harnais et pris sa position d'éjection, il est éjecté par l'action sur la poignée de la place avant. Sa poignée d'éjection est également retrouvée tirée. Sachant que le stagiaire est prêt, il ne pense plus à donner l'ordre de s'éjecter. Il n'a pas de souvenir concernant la fragilisation de la verrière.

Phase canon et moteur fusées

Pilote stagiaire :

A la montée du siège, le pilote stagiaire est conscient au moment de l'éjection. Il ressent une grosse différence de poussées entre la phase canon et la phase fusée. Sa tête est plaquée contre le thorax malgré une prise de position à l'éjection nominale (éjection préparée). Il se voit au-dessus de l'avion avec une vision en noir et blanc. Le passage à travers la verrière se passe sans incident et le pilote n'a pas de souvenir particulier de cette phase. Les deux visières du casque étaient baissées.

Pilote instructeur :

Lors de cette phase, le pilote instructeur perçoit un mouvement brutal de la tête et ressent une vive douleur au niveau des cervicales. Ses visières sont baissées. Le masque inhalateur d'oxygène est descendu. Il ne se voit pas sortir de l'avion.

Phase de stabilisation

Compte tenu de la hauteur du départ du siège, les phases de stabilisation n'ont pas duré plus d'une seconde.

Ouverture de la voilure de sauvetage

Pilote stagiaire :

A l'ouverture du parachute, il ressent un choc important et voit le siège tomber.

Pilote instructeur :

Il ressent un choc lors de l'ouverture du parachute.

Descente en parachute

Pilote stagiaire :

Sous voile, le stagiaire voit pendant un instant l'instructeur puis regarde le sol rapidement. Il n'arrive pas à respirer. Il n'a pas de visuel sur son paquetage de survie. Percevant la proximité avec le sol et des arbres avec un taux de descente qui lui semble élevé, il cherche sans succès à tirer sur les commandes de manœuvre du parachute, poignées qu'il ne trouve pas¹⁸. Voyant sa zone d'atterrissage se rapprocher et sachant qu'il va atterrir dans un arbre, il prend une grande inspiration et une position d'atterrissage adaptée pour se préparer au choc. Il ferme les yeux. Le masque inhalateur d'oxygène n'a pas été dégrafé. Il estime son temps de descente sous voile de l'ordre de 3 à 4 secondes.

¹⁸Cette remarque est récurrente : celles-ci sont situées à l'intérieur des élévateurs, eux-mêmes réunis par un ruban auto-agrippant. Ce point particulier et important doit être rappelé lors des instructions « sauvetage » en escadron.

Pilote instructeur :

Sous voile, le pilote instructeur vérifie sa voilure et voit une boule de feu qui pourrait correspondre à l'impact de l'avion. Il regarde ensuite le sol, et aperçoit une rangée d'arbres entourant une prairie. Il actionne les commandes de manœuvre du parachute afin de les éviter mais ne sait pas si son action est efficace. Il prend la position d'atterrissage afin de réaliser un roulé boulé. La vitesse de descente du parachute GQ 1000 du siège éjectable MK10 pour des masses correspondant à celles des pilotes est d'environ 6,5 mètres par seconde¹⁹.

Atterrissage

Pilote stagiaire :

Lors de cette phase, le pilote stagiaire a les yeux fermés et ne sait pas comment il a atterri. Il passe au travers d'un arbre et ressent une vive douleur au dos. La surface du sol est rocailleuse. Il dégrafe son masque inhalateur d'oxygène et son casque de vol. Il reste dans cette position quelques instants afin de reprendre son souffle. Il tente de se relever mais ressent une douleur dans le dos. Il crie en direction du pilote instructeur, en vain car celui-ci ne l'entend pas.

Pilote instructeur :

Il atterrit dans une prairie. Sa zone d'atterrissage est plane, sans obstacle, composée d'un sol herbeux. Il ressent une douleur au talon gauche. Il estime son temps sous voile entre 10 et 12 secondes. A l'aide de son téléphone portable, il appelle le commandant en second de la BA115 pour l'informer de la situation. Il aperçoit un petit aéronef civil et étale son parachute et l'embarcation de survie afin de se faire repérer.

1.12.2. Organisation des secours

Déclenchement de l'alerte

L'alerte est déclenchée par l'instructeur à l'aide de son téléphone portable auprès des services de la base d'Orange.

Parallèlement le déclenchement du contrôle aérien s'effectue comme suit :

- 9h57 : perte du contact radio et radar (escadron des services de la circulation aérienne (ESCA) de Salon de Provence), déroutement en vol d'un avion par l'ESCA de Salon de Provence et d'un hélicoptère FENNEC de l'EH Alpilles afin d'identifier la zone de crash.
- 10h17 : déclenchement de l'opération SAR (RCC Lyon)
- 10h33 : décollage de l'hélicoptère SAR Murène d'Orange après en avoir reçu l'ordre à 10h10 (RCC Lyon)
- 10h34 : arrivée de Dragon 131 sur zone (déclenchement par le RCC Lyon à 8h02 Z)
- 10h45 : arrivée sur les lieux du véhicule sanitaire du SDIS.
- 11h10 : arrivée sur les lieux de l'hélicoptère SAR d'Orange
- 11h26 : évacuation des pilotes

¹⁹ Ce calcul intègre la hauteur du lieu de la descente sous voile et la masse suspendue (masse du pilote, de ses équipements de vol, de son gilet de combat version temps de paix, son harnais et son paquetage de survie).

Récupération et évacuation des membres d'équipage

Pilote stagiaire :

Deux randonneurs (dont un ancien médecin militaire) se présentent et tirent trois fusées à l'aide du stylo lance fusées de son gilet de combat chasse. Une fracture au niveau des lombaires est suspectée.

Pilote instructeur :

Il entend trois détonations qui correspondent aux trois tirs du stylo lance fusées du stagiaire mais ne voit rien. Les randonneurs viennent l'informer de la situation.

Les bilans sont confirmés par le médecin militaire présent dans un second temps sur les lieux (SAR d'Orange).

La récupération et l'évacuation du pilote stagiaire s'effectue par voie hélicoptérée avec immobilisation du rachis (matelas coquille), par hélicoptère sur l'HIA Sainte-Anne.

Le pilote instructeur est évacué par ambulance, sur l'hôpital de Manosque.

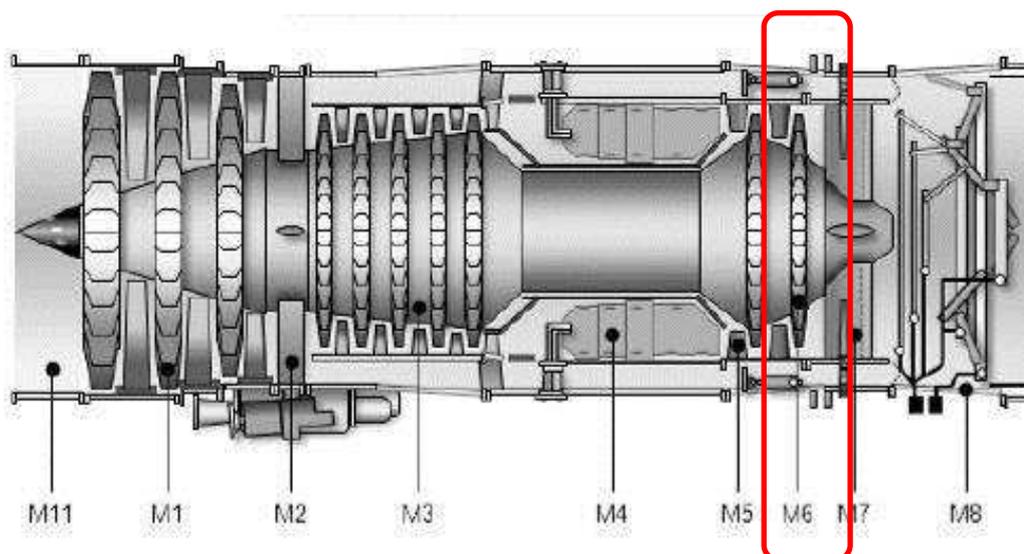
1.13. Renseignements sur les organismes

Néant.

1.14. Renseignements supplémentaires

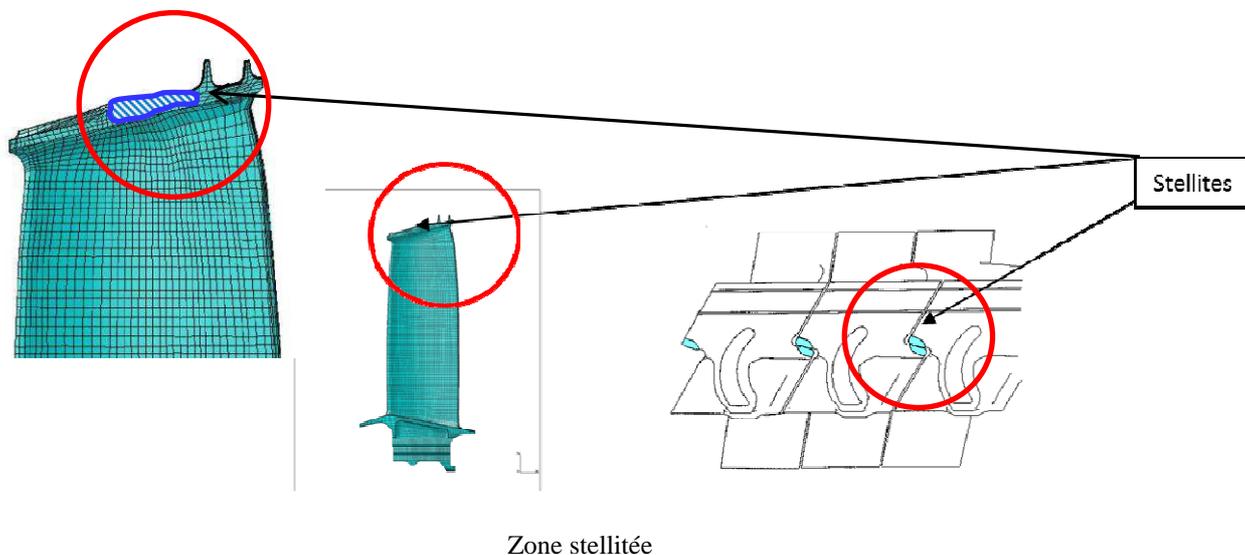
1.14.1. Processus de maintenance des modules 6

La roue de turbine HP est un assemblage de 84 aubes à talons. Ces aubes subissent des sollicitations vibratoires dans le sillage aérodynamique du distributeur HP (37 aubes).

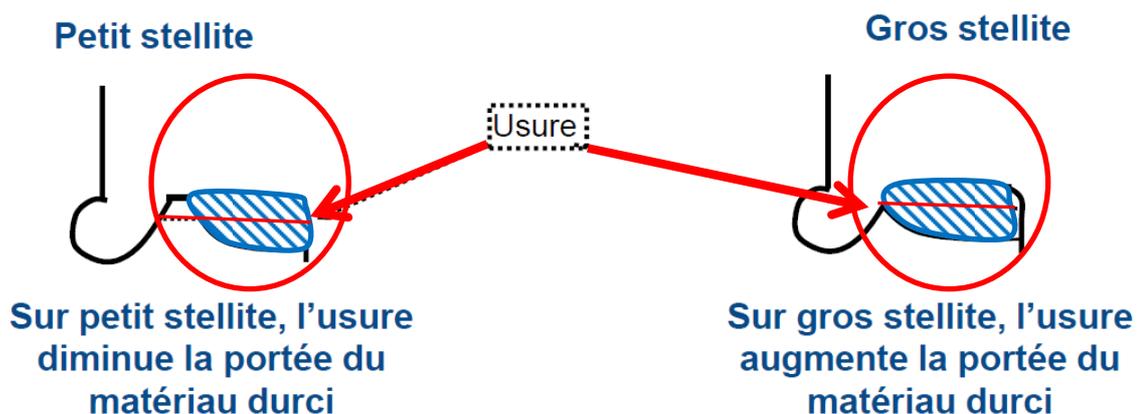


Vue du MO6 (roue de turbine HP)

Les talons permettent de créer un appui des aubes entre elles et de limiter leur niveau vibratoire. Les zones d'appui de ces talons dites « stellites²⁰ » sont réalisées dans un matériau très dur pour supporter les contraintes (frottements...).



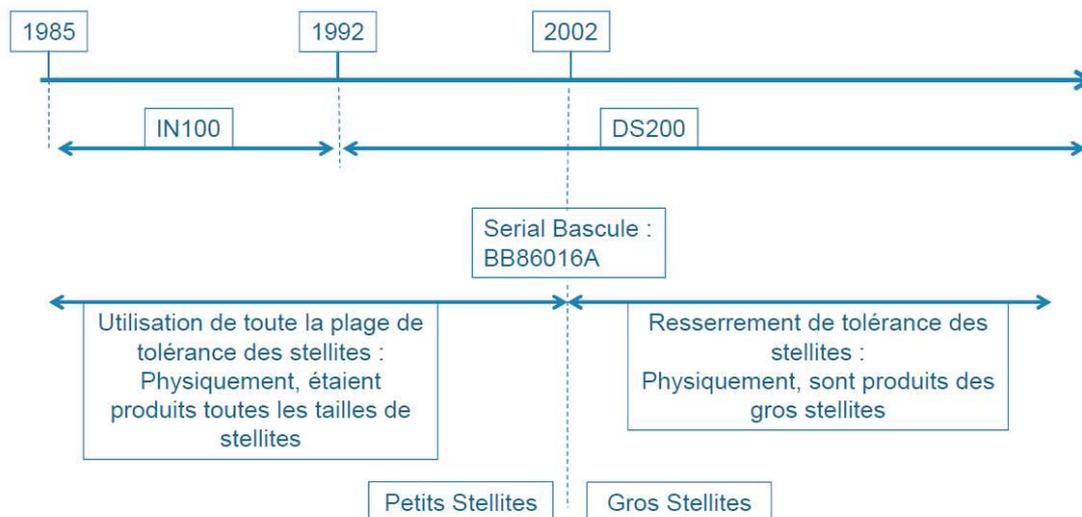
Deux types d'aubes équipent actuellement les modules 6, les aubes « petits stellites » et les aubes « gros stellites ».



A partir de 2002 la production Snecma s'uniformise et passe en gros stellites.

²⁰ Stellite : alliage à base de cobalt utilisé pour sa résistance à l'usure et sa tenue à la chaleur.

²¹ Sur gros stellite la géométrie permet un contact permanent du matériau durci, quelle que soit l'usure.



Changement de type de stellites

Une usure prématurée des stellites peut entraîner :

- une perte progressive des appuis aube à aube ;
- une augmentation des vibrations des aubes ;
- un risque accru de rupture.

Suite à un premier cas de rupture d'aubes, un contrôle des aubes petits stellites a été mis en place par l'application du Snecma Service 166 (SS166). Ce SS166 a évolué en fonction du retour d'expérience jusqu'au SS166R6 éd.3 (cf. annexe 1), qui était en place au moment de l'événement.

Le plan de maintenance prévoyait alors le contrôle de tout module 6 équipé d'aubes petites stellites arrivant à 200h00 maximum de fonctionnement pondéré²² depuis le dernier contrôle des stellites (SS166R6) ou 10h passées en zone de forte sollicitation dite « zone S1 » (Vi sup à 450 kt et FL inf 5000 feet)

1.15. Techniques spécifiques d'enquête

Une endoscopie du GTR a été effectuée sur site. Elle a permis d'orienter rapidement les recherches.

²² La notion de temps pondéré sert à intégrer les contraintes subies pour définir la butée du prochain contrôle SS166. Les coefficients de pondération sont définis en fonction de la zone géographique et de la mission (avant l'accident : Orange et Luxeuil 1 – autres bases France 1,4 – opex 2 et traitement particulier DGA-EV).

2.