



RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident du Sikorsky S-64E
immatriculé **N248AC**
survenu le 26 août 2004
à Ventiséri (20)
exploité par **Helipaca**

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

Les enquêtes de sécurité

Le BEA est l'autorité française d'enquêtes de sécurité de l'aviation civile. Ses enquêtes ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement la détermination des fautes ou responsabilités.

Les enquêtes du BEA sont indépendantes, distinctes et sans préjudice de toute action judiciaire ou administrative visant à déterminer des fautes ou des responsabilités.

Table des matières

LES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ	2
SYNOPSIS	6
ORGANISATION DE L'ENQUETE	7
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	8
1.1 Déroulement du vol	8
1.2 Dommages à l'aéronef	9
1.3 Renseignements sur le personnel	9
1.3.1 Équipage de conduite	9
1.4 Renseignements sur l'aéronef	11
1.4.1 Cellule	11
1.4.2 Moteurs	11
1.4.3 Maintenance	11
1.4.4 Masse et centrage	12
1.4.5 Equipements	12
1.5 Conditions météorologiques	12
1.5.1 Situation générale	12
1.5.2 Situation estimées sur le site	12
1.5.3 Situation observée à Solenzara	12
1.6 Radio communications	13
1.6.1. Radio communications entre le contrôle de Bastia et le S-64E	13
1.6.2. Radio communications entre le contrôle de Solenzara et le S-64E	13
1.7 Enregistreurs de bord	13
1.8 Renseignements sur le site et l'épave	13
1.8.1 Examen du site	13
1.8.2 Examen de l'épave sur le site de l'accident	15
1.9 Renseignements médicaux et pathologiques	15
1.10 Incendie	15
1.11 Essais et recherches	15
1.11.1 Exploitation des données des calculateurs GPS	15
1.11.2 Exploitation des enregistrements radar	15
1.11.3 Examens techniques au CEPr de Saclay et au CETIM	16
1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion	22
1.12.1 Organisme de contrôle aérien de Solenzara	22
1.12.2 Erikson Air-Crane Incorporated	22
1.13 Renseignements supplémentaires	22
1.13.1 Témoignages	22

2 - ANALYSE	23
2.1 Scénario	23
2.2 Biellette non ajustable de la pale noire	23
3 - CONCLUSIONS	24
3.1 Faits établis par l'enquête	24
3.2 Causes de l'accident	24
4 - ACTION DE SECURITE	24
ANNEXE	25

Glossaire

CdB	Commandant de bord
CODIS	Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours
CTR	Zone de contrôle
DGAC	Direction Générale de l'aviation civile General directorate of civil aviation
ELT	Emergency Locator Transmitter (Emetteur de localisation d'urgence)
FAA	Federal Aviation Administration (Agence fédérale en charge de l'aviation civile aux États-Unis)
FEW	Nuages rares (1 à 2 octas), suivi de la hauteur de la base des nuages
ft	Feet (Pieds)
GPS	Global Positioning System (Système de positionnement par satellite)
kt	Knot(s) (Nœud(s))
METAR	Message régulier d'observation météorologique pour l'aéronautique
NM	Nautical mile (Mille marin)
NTSB	National Transportation Safety Board (Organisme d'enquête des Etats-Unis)
QFU	Orientation magnétique de la piste (en dizaines de degrés) Runway Magnetic bearing
QNH	Calage altimétrique requis pour lire au sol l'altitude de l'aérodrome au sol Altimeter setting to obtain aerodrome elevation when on the ground
Sc	Stratocumulus
SSIS	Service de Sécurité Incendie et de Sauvetage
TEMSI	Carte de prévision du temps significatif
TWR	Tour de contrôle
UTC	Coordinated Universal Time (Temps universel coordonné)
VFR	Visual Flight Rules (Règles de vol à vue)
VHF	Very High Frequency (Très haute fréquence)
VMC	Visual Meteorological Conditions (Conditions météorologiques de vol à vue)

Synopsis

Heure	À 06 h 46 ⁽¹⁾
Exploitant	Helipaca
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Commandant de bord et un copilote

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en UTC. Il convient d'y ajouter deux heures pour obtenir l'heure en vigueur en France métropolitaine le jour de l'événement.

Lutte contre les feux de forêt

Résumé

L'hélicoptère effectue une mission de lutte contre les feux de forêt dans la région de Ventiséri. Alors qu'il s'éloigne de la zone de feu et demande au contrôle de Solenzara l'autorisation de couper les axes pour écopier en mer, des témoins aperçoivent l'hélicoptère effectuer des manœuvres désordonnées qui s'accompagnent de la perte de pièces de l'appareil. Quelques secondes plus tard, l'hélicoptère s'écrase au sol et prend feu.

Conséquences

	Personnes			Matériel	Tiers
	Tué (s)	Blessé (s)	Indemne (s)		
Equipage	2	-	-	Détruit	Vignes endommagées

ORGANISATION DE L'ENQUETE

Le BEA a été informé de l'accident le 26 août 2004 par message vers 7 h 51.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale et au Code de l'aviation civile (Livre VII), une enquête technique a été ouverte et un enquêteur désigné pour la conduire.

L'enquêteur désigné s'est rendu sur place le jour même et a commencé les premières constatations sur le site de l'accident avec l'enquêteur de première information de Bastia en coordination avec les responsables de l'enquête judiciaire.

Conformément aux dispositions internationales, l'hélicoptère étant de construction Américaine, le BEA a notifié l'événement à son homologue Américain, le National Transportation Safety Board (NTSB), le 26 août 2004, qui a désigné un représentant accrédité du NTSB assisté de trois conseillers du constructeur de l'hélicoptère (Erickson Air-Crane).

L'hélicoptère ayant été affrété par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile auprès de la société française Helipaca, un observateur du Bureau Enquêtes Accidents Défense (BEA-D⁽²⁾) a également été désigné.

Dès le 27 août 2004, les investigations ont été menées en présence des autorités judiciaires, des trois conseillers du NTSB et de l'observateur du BEA-D. Le responsable d'European Air-Crane, filiale d'Erickson Air-Crane, accompagné d'ingénieurs de sa société ainsi que le responsable Helipaca et des techniciens du détachement S-64E en Corse, ont apporté leur concours.

Le 29 août 2004, l'épave et les débris ont été entreposés dans un hangar de la Base Aérienne 126 de Solenzara.

Le 30 août 2004, le Vice Procureur de la République de Bastia a décidé de mettre les scellés et a ouvert, le 1^{er} septembre 2004, une information judiciaire avec la désignation d'un expert judiciaire après clôture de l'enquête de flagrance menée par la Brigade de Gendarmerie des Transports Aériens de Bastia.

Le 9 septembre 2004, les opérations d'investigation sur l'épave et les débris ainsi que les opérations de reconstitution ont pu recommencer en présence de l'expert judiciaire.

⁽²⁾ Devenu depuis BEA-é.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

L'hélicoptère décolle de l'aéroport de Bastia à 06 h 18 pour exécuter une mission de lutte contre un feu de forêt près du village de Pedi Quarcu, à sept kilomètres au nord-ouest de l'aérodrome militaire de Solenzara.

L'équipage a déjà traité la zone les jours précédents.

À 6 h 32, le copilote contacte le contrôle de Solenzara et lui précise qu'il est dans le nord de l'aérodrome pour une dizaine de nautiques et a presque terminé l'opération d'écopage.

Le contrôle l'informe d'un vent du 270° pour 16 à 26 kt.

L'hélicoptère, seul appareil sur la zone, rejoint la zone de feu qui n'est pas très active. Seuls quelques points chauds persistent.

Le copilote contacte le pompier responsable au sol qui lui indique deux objectifs à traiter. Lors de cet échange de communications, l'hélicoptère est en stationnaire au-dessus d'une crête, face à l'ouest et légèrement au nord de la zone de feu.

À 6 h 43 min 04, la contrôleuse qui voit l'hélicoptère au niveau de la zone de feu informe l'équipage d'un vent ouest pour 20 kt avec des rafales à 40 kt.

Après avoir pris les consignes du pompier, le copilote lui annonce qu'il va faire un circuit et se présenter pour traiter les objectifs. L'hélicoptère effectue un virage de 180° par la droite et s'éloigne de la zone de feu au cap 090.

Quelques instants plus tard, l'hélicoptère effectue un largage d'une quantité importante d'eau pendant deux à trois secondes alors qu'il vole horizontalement au cap 090° à une hauteur de d'environ 1 000 ft. Puis, l'hélicoptère vire à droite vers un cap sud est en direction de la mer.



À 6 h 45 min 14 après avoir vu le largage d'eau, la contrôleuse, qui constate que l'hélicoptère se dirige vers l'aérodrome, demande à l'équipage quelles sont ses intentions. Le copilote lui demande l'autorisation de croiser les axes pour écoper.

Quelques instants plus tard, l'hélicoptère effectue un cabré vertical important et brutal puis des évolutions désordonnées. Lors de celles-ci, l'hélicoptère perd des morceaux puis il chute rapidement avec les pales en position presque verticale, heurte violemment le sol et prend feu.

L'émission d'une balise de détresse est enregistrée lors des mouvements désordonnés de l'hélicoptère jusqu'à son impact avec le sol.

1.2 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère a été détruit lors de l'impact violent avec le sol et par l'incendie qui s'est déclenché après l'impact.

1.3 Renseignements sur le personnel

1.3.1 Équipage de conduite

1.3.1.1 Commandant de bord

Homme, 44 ans.

Titres aéronautiques

- Licence de pilote professionnel d'hélicoptères, délivrée le 4 août 1997 par la FAA.
- Licence de pilote professionnel d'hélicoptères délivrée le 5 juillet 1989, prorogée le 18 août 1997 et valide jusqu'au 1^{er} mars 2005 par Transport Canada.
- Qualification d'instructeur d'hélicoptères non retrouvée mais Erickson Air-Crane atteste du document.
- Qualification de type S 64 délivrée le 4 juin 1995.
- Dernier contrôle en ligne et hors ligne sur S-64E effectué le 21 juin 2004.
- Dernier certificat d'aptitude médicale de classe 2 (limitations : port de lunettes ou de verres de contact), délivré le 19 décembre 2003 par la FAA.
- Dernier certificat d'aptitude médicale de classe 1 (limitations : port de lunettes ou de verres de contact) délivré le 10 août 2004 par Transport Canada.

Expérience professionnelle

- 11 648 heures de vol dont 7 451 sur type (S-64).
- 73 h 12 dans les trois mois précédents, toutes sur type.
- 25 h 42 dans le mois précédent, toutes sur type.
- Pas de vol dans les 24 dernières heures.

Il occupait les fonctions de pilote instructeur chez Erickson Air-Crane.

Il a été qualifié sur d'autres hélicoptères : HV-500 et BH 206.

1.3.1.2 Copilote

Homme, 51 ans.

Titres aéronautiques

- ❑ Brevet de pilote professionnel d'hélicoptères délivré le 8 septembre 1989 par la DGAC.
- ❑ Licence de pilote professionnel d'hélicoptères délivrée le 20 décembre 1989 par la FAA.
- ❑ Licence de pilote professionnel d'hélicoptères renouvelée le 31 mars 2004 par la DGAC et valide jusqu'au 30 septembre 2004.
- ❑ Il a été qualifié sur une dizaine de type d'hélicoptères légers.
- ❑ Qualification d'instructeur pilote privé d'hélicoptères, délivrée le 30 août 1995, renouvelée le 28 mars 2003 et valide jusqu'au 31 mars 2005.
- ❑ Qualification de vol de nuit hélicoptère, délivrée le 4 juillet 1996.
- ❑ Qualification de type S-64, en tant que copilote place droite pour les missions de lutte contre les feux de forêt, délivrée le 25 août 2004 par Erickson Air-Crane conformément à la réglementation de la FAA.
- ❑ Dernier certificat d'aptitude médicale de classe 1 obtenu :
 - par la DGAC le 31 mars 2004, valide jusqu'au 30 septembre 2004,
 - par la FAA le 31 mars 2003.

Expérience professionnelle

- ❑ 6 750 heures de vol dont 55 sur type.
- ❑ 55 h dans les trois mois précédents, toutes sur type dont 46 h 50 en place centrale, 5 h de formation et 3 h 10 en place droite.
- ❑ 32 h 20 dans le mois précédent, toutes sur type⁽³⁾ dont 28 en place centrale, 1 h 10 de formation et 3 h 10 en place droite.
- ❑ Pas de vol dans les 24 dernières heures.

Remarques

- ❑ La société Helipaca, exerçant l'activité principale saisonnière de lutte contre les feux de forêt au moyen d'hélicoptères bombardiers d'eau, a engagé le copilote pour assurer les fonctions de pilote hélicoptère, copilote sur S-64E, pour une durée de quatre mois du 10 juin 2004 au 10 octobre 2004.
- ❑ Le copilote a effectué sa période de formation S-64E du 12 au 28 juillet 2004 au sein du détachement S-64E à Bastia selon le programme de formation respectant la réglementation n° 61.55 de la FAA. Il a réalisé 14 vols avec le CdB comme instructeur.
- ❑ Parallèlement à sa formation sur S-64E et en attendant l'homologation de celle-ci le 23 août 2004, il a effectué des vols en place centrale sur S-64E. Après l'homologation de sa formation le 23 août 2004, Il a effectué deux missions réelles de lutte contre les feux de forêt en place droite :
 - le 23 août 2004, 2 h 10 en place droite et 4 h 5 en place centrale. 52 ravitaillements en eau par le « *pond snorkel* » (tuyau souple de ravitaillement en vol) et 52 largages ont été exécutés.
 - le 24 août 2004, une heure en place droite. Deux ravitaillements en eau par le « *sea snorkel* » (perche rigide de ravitaillement en vol) et deux largages ont été exécutés.
- ❑ Il a effectué tous ses vols sur S-64E avec le CdB.

⁽³⁾Ce temps de vol ne comprend pas le temps de vol du décollage de Bastia au lieu de l'accident.

1.4 Renseignements sur l'aéronef

Le S-64E est un hélicoptère biturbine d'une masse maximale de 19 t.

À l'origine, ce type d'hélicoptère était un Sikorsky CH-54A construit par Sikorsky Aircraft. Pour les besoins des missions de lutte contre les feux de forêt, le Sikorsky CH-54A, a été transformé par Erickson Air-Crane pour être équipé d'un réservoir d'eau d'une capacité de 7 750 l et de deux systèmes de ravitaillement en vol (tuyau souple et perche rigide) pour remplir le réservoir. À cet effet, le certificat de type a été transféré de Sikorsky Aircraft à Erickson Air-Crane en février 1992 et il a pris l'appellation S-64E.

1.4.1 Cellule

Constructeur	SIKORSKY AIRCRAFT et Erickson Air-Crane
Type	S-64E
Numéro de série	64066
Immatriculation	N248AC
Mise en service	1968 (CH-54A)
Certificat de navigabilité	n° 649 délivré le 4 février 2003. Un certificat de navigabilité supplémentaire a été émis par une lettre de la FAA du 2 février 2004
Utilisation à la date du 26 août 2004	7 590 heures
Depuis visite grand entretien	5 976 heures
Cycle à la date du 26 août 2004	6685

1.4.2 Moteurs

	Moteur n° 1	Moteur n° 2
Constructeur	PRATT & WHITNEY	PRATT & WHITNEY
Type	JFTD-12A-4A	JFTD-12A-4A
Numéro de série	613	276

1.4.3 Maintenance

L'hélicoptère était entretenu par le service de maintenance du détachement S-64E de Bastia selon un programme d'entretien répondant à la réglementation FAR 91.409. Ce programme s'étendait par période de 150 h ou d'un an. Il était découpé en phase d'inspection normale toutes les 30 h et en phase d'inspection de sécurité toutes les 15 heures. Les opérations de maintenance étaient enregistrées sur l'« *Aircraft Maintenance Logbook* ».

Lors de son arrivée à Bastia le 11 juin 2004, l'hélicoptère possédait un potentiel de 400 h avant sa prochaine grande visite. Le 26 août 2004, il avait effectué 96 heures de vol.

On note les opérations significatives suivantes de maintenance et d'inspection :

- ❑ Le 20 août 2004, les boulons inférieurs des six bielles ajustables sur la tête du rotor principale ont été démontés et réinstallés dans le cadre de l'application du Service Bulletin n° 64B10-3C.
- ❑ Le 21 août 2004, visite d'entretien (phase d'inspection normale n°5) à 7 572 h 55.
- ❑ Le 22 août 2004, visite d'entretien (phase d'inspection de sécurité n°1) à 7 583 h 30.

1.4.4 Masse et centrage

Au moment de l'accident, l'hélicoptère était dans les limites de masse et de centrage définies par le constructeur.

1.4.5 Equipements

L'hélicoptère disposait de deux GPS Garmin portables (un Apollo et un 3Plus), installés dans le cockpit.

L'hélicoptère était équipé d'une balise de détresse Narco ELT910 qui a fonctionné.

1.5 Conditions météorologiques

1.5.1 Situation générale

Les régions méditerranéennes étaient sous un régime de nord-ouest à ouest non perturbé, induisant en Corse des vents de secteur ouest forts à toutes les altitudes.

1.5.2 Situation estimées sur le site

- ❑ Nébulosité : 1/8 de Strato-cumulus vers 1300 m.
- ❑ Visibilité : supérieure à 10 km.
- ❑ Turbulence : forte
- ❑ QNH : 1008 hPa.
- ❑ Vent au sol : 260° pour 22 kt et rafales à 40 kt.
- ❑ Vent à 1 500 m : 290° pour 50 kt.
- ❑ Vent à 3 000 m : 270° pour 50 kt.
- ❑ Température au sol : + 25 °C

1.5.3 Situation observée à Solenzara

Les conditions météorologiques, observées entre 06 h et 07 h depuis la base aérienne de Solenzara située à 3,5 km du site de l'accident, étaient les suivantes :

- ❑ Nébulosité : FEW 040.
- ❑ Visibilité : supérieure à 10 km.
- ❑ QNH : 1008 hPa.
- ❑ Vent au sol à 06 h 00 : 260° pour 10 kt et rafales à 23 kt.
- ❑ Vent au sol à 06 h 46 : 260° pour 23 kt et rafales à 39 kt.

- ❑ Vent en altitude entre 06 h 00 et 07 h 00 :
 - 100 m : 260° pour 45 kt,
 - 250 m : 260° pour 50 kt,
 - 500 m : 260° pour 65 kt.
- ❑ Température au sol : + 26 °C.

1.6 Radio communications

1.6.1. Radio communications entre le contrôle de Bastia et le S-64E

Les échanges de radio communications entre l'équipage du S-64E (indicatif : « *Aircrane* ») et la tour de contrôle de Bastia sur la fréquence 118.00 MHz ne font pas état d'élément significatif.

1.6.2. Radio communications entre le contrôle de Solenzara et le S-64E

En plus des éléments déjà mentionnés au §1.1, on note des échanges de radio communications entre l'équipage et la tour de contrôle de Solenzara sur la fréquence 118.35 MHz et des émissions d'une balise de détresse sur la fréquence 121.50 MHz les informations qui suivent :

- ❑ À 6 h 44 min 56, le signal d'une balise de détresse sur 121.50 MHz est enregistré pendant trois secondes.
- ❑ À 6 h 45 min 20, le copilote, en réponse à la question de la contrôleuse, demande d'une voie hésitante l'autorisation de couper les axes pour écoper.
- ❑ De 6 h 45 min 26 à 06 h 45 min 59, le signal d'une balise de détresse sur 121.50 MHz est enregistré. L'émission dure 23 s et comporte des coupures inférieures à une seconde.

Remarque

Les témoignages recueillis font apparaître que les balises de détresse des aéronefs présents sur l'aérodrome militaire aérienne n'ont pas fonctionné.

À 6 h 46 min 01, la contrôleuse qui a vu la perte de contrôle de l'hélicoptère signale l'accident.

1.7 Enregistreurs de bord

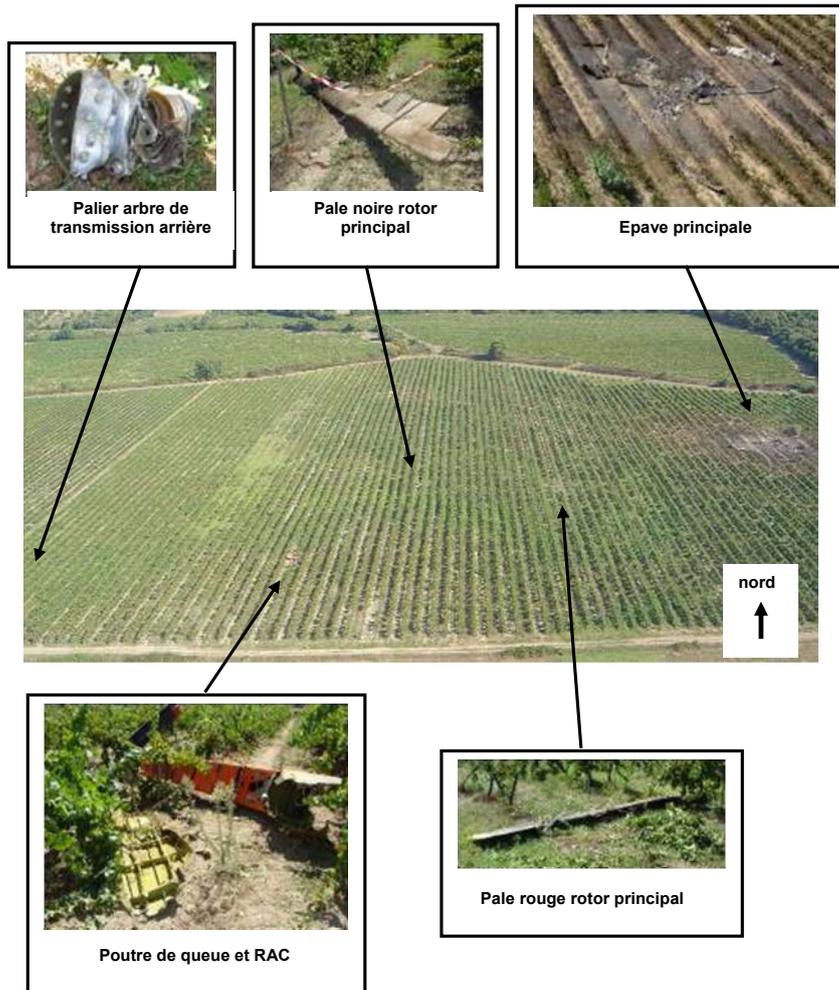
L'hélicoptère n'était pas équipé d'enregistreur de paramètres ni d'enregistreur phonique. La réglementation ne l'exigeait pas.

1.8 Renseignements sur le site et l'épave

1.8.1 Examen du site

Deux lignes électriques importantes se trouvent entre la zone de feu et la zone du crash. Les constatations effectuées et l'attestation d'EDF montrent que l'hélicoptère ne les a pas touchées.

L'ensemble des pièces est réparti dans une zone conique de 700 m de long, sur un axe ouest-est au milieu d'une vigne.



La pièce la plus à l'ouest est le palier n° 5 de l'arbre de transmission arrière puis, à environ 150 m à l'est, se trouve la partie arrière de l'hélicoptère avec principalement une partie de la poutre de queue, une partie de l'arbre de transmission arrière, la boîte de transmission intermédiaire (BTI), la boîte de transmission arrière (BTA) et des pales du rotor anti-couple.

Plus à l'est, on constate la présence de morceaux de plus en plus nombreux dont la pale noire et la pale rouge du rotor principal respectivement à 176 m et 211 m du palier n°5 de l'arbre de transmission arrière.

L'épave principale avec la boîte de transmission principale, les deux moteurs, les autres pales du rotor principal, le « *pond snorkle* » et le « *sea snorkle* » est située dans une zone à environ 280 m du palier n° 5. C'est dans cette zone que le feu a eu lieu.

Aucune des pièces situées en dehors de la zone de l'épave principale ne présente de trace caractéristique de feu.

1.8.2 Examen de l'épave sur le site de l'accident

Les traces et les divers sectionnements, observés sur l'arbre de transmission arrière, sur les deux câbles de commandes du rotor anti-couple et la poutre de queue, montrent que ces derniers ont été touchés par une ou plusieurs pales du rotor principal.

Le rotor anti-couple, les pales du rotor principal et la tête du rotor principal sont très endommagés. Les manchons des pales du rotor anti-couple et du rotor principal sont tous présents.

Toutes les pales du rotor anti-couple ont été retrouvées. En revanche, malgré les recherches effectuées, des morceaux de pales principales n'ont pas été retrouvés dans la végétation dense du maquis.

Les deux moteurs présentent des indices de puissance.

Les bouchons magnétiques de la BTI et BTA ne présentent pas de particules.

1.9 Renseignements médicaux et pathologiques

La violence de l'impact ne laissait aucune chance de survie à l'équipage.

Aucune autopsie n'a été pratiquée.

Les deux membres d'équipage étaient en bonnes conditions physiques, aptes médicalement.

1.10 Incendie

Lors de l'impact avec le sol, l'hélicoptère a pris feu.

Les sapeurs pompiers de la base aérienne de Solenzara et ceux du centre de secours de Ghisonaccia sont intervenus pour éteindre l'incendie.

1.11 Essais et recherches

1.11.1 Exploitation des données des calculateurs GPS

Les deux calculateurs GPS Garmin portables de type GPS 3Plus et GPSMAP 295, retrouvés sur le site de l'accident, ont fait l'objet d'une extraction de leurs données au BEA.

Toutes les données enregistrées par les deux calculateurs ont été récupérées. Cependant, aucune d'entre elles ne correspond à la date de l'événement.

1.11.2 Exploitation des enregistrements radar

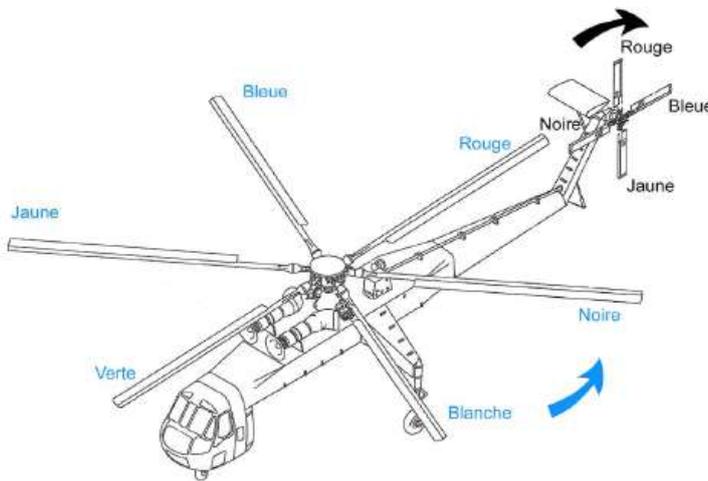
Les radars civils français et italien n'ont pas enregistré la trajectoire de l'hélicoptère en raison de sa faible hauteur.

Le radar Centaure de l'aérodrome de Solenzara a enregistré une trajectoire correspondant à celle de l'hélicoptère avec le code IFF 7766. Elle précise que l'hélicoptère a effectué une trajectoire directe jusqu'aux environs de la zone de feu avec un cap moyen de 210° et une vitesse de 100 kt. Par contre, la trajectoire depuis la zone de feu jusqu'au site de l'accident n'a pas été enregistrée par le radar.

1.11.3 Examens techniques au CEPr⁽⁴⁾ de Saclay et au CETIM

1.11.3.1 Pales du rotor principal et arbre de transmission arrière

La reconstitution des six pales rompues lors de l'accident et sciées ultérieurement pour leur transport a montré qu'il manquait environ 14 m de longeron des pales verte et blanche. Malgré les recherches entreprises, ils n'ont pas été retrouvés.



Les six pales présentent par conception des réglages de sillage alternés. Les pales noire, bleue et verte ont un sillage « haut » et les trois autres pales un sillage « bas ». L'écart de sillage aux extrémités des pales est d'environ 20,3 cm.

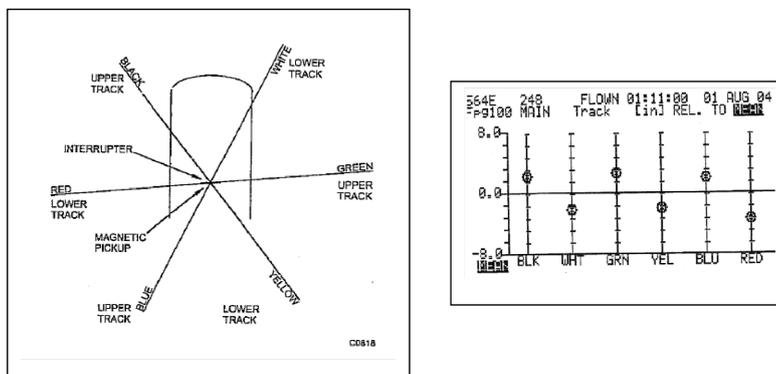


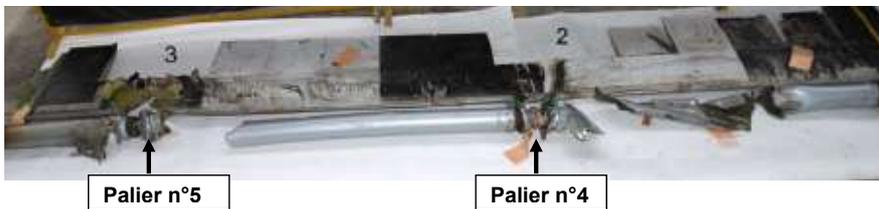
Schéma du réglage des pales, alternance « haut » - « bas »

⁽⁴⁾ Devenu DGA-EP depuis.

Toutes les pales se sont brisées en flexion à 1 m – 1,5 m environ de leurs attaches au moyeu rotor sauf la pale verte.



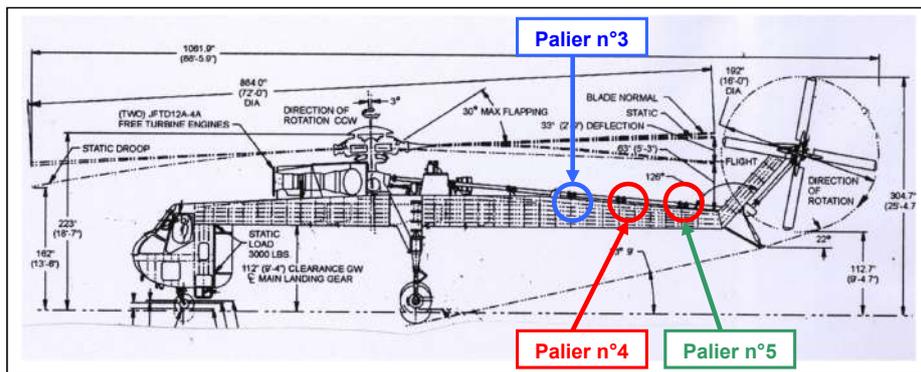
La pale la plus singulière est la pale noire. Elle fait partie des trois pales intercalées réglées avec un «tracking» «haut». Elle présente deux ruptures en statique, référencées 2 et 3 qui ont été causées par l'interférence avec les paliers respectivement n°4 et n°5 de l'arbre de transmission arrière. La troisième rupture en statique à 1,5 m de l'attache au moyeu s'est faite en flexion vers le haut.



Un troisième impact présente les marques d'une interférence avec le palier n°3.



Ces trois interférences entre la pale noire et l'arbre de transmission arrière se sont produites en au moins trois tours de rotor compte tenu du fléchissement nécessairement différent et progressif de chacun de ces contacts.



Par ailleurs, il a été établi que, lors de la première interférence avec le palier n°5, l'extrémité de la pale noire a également touché la poutre de queue. Puis lors du tour suivant, la pale noire, ayant perdu son extrémité, a découpé la poutre de queue et a été sectionnée par le palier n°4.



Lors du tour suivant, la pale noire a poursuivi son affaissement et a heurté le palier n°3.

Les cinq autres pales ne présentent pas d'endommagements similaires à ceux de la pale noire. Elles n'ont pas heurté l'arbre de transmission arrière ni la poutre de queue alors que la pale noire touchait successivement l'arbre de transmission arrière et la poutre de queue.

L'état de la plupart des caissons de la pale noire atteste que la pale blanche n'a pas heurté la pale noire lorsque cette dernière a percuté par trois fois l'arbre de transmission arrière et la poutre de queue.

1.11.3.2 Tête rotor principal

La tête rotor s'est brisée en plusieurs fragments. Les ruptures se sont produites par surcharge, en flexion vers le bas, résultant de l'impact avec le sol.

1.11.3.3 Servocommandes et amortisseurs de trainée

Fortement endommagées, les trois servocommandes ont été ouvertes. Elles ne présentent pas d'anomalie.

Les six amortisseurs de trainée ont été examinés et ne présentent pas de dysfonctionnement.

1.11.3.4 Boîte de transmission arrière, arbre de transmission oblique, boîte de transmission arrière et rotor anti-couple.

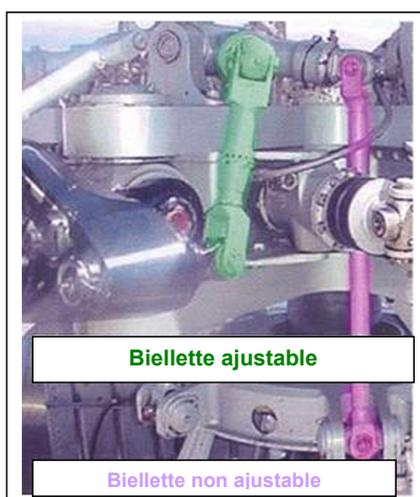
Aucun endommagement apparent préexistant à l'accident n'a été relevé sur ces ensembles.

1.11.3.5 Mécanisme de changement de pas des pales du rotor principal

1.11.3.5.1 Liaisons K, biellettes ajustables et biellettes non ajustables

La commande de changement de pas des pales (voir annexe) est réalisée par l'intermédiaire de renvois, désignés liaisons K en raison de leur forme. Ces liaisons K sont positionnées à l'horizontale sur les bras supérieurs de la tête rotor et pivotent sous l'action du déplacement du plateau cyclique.

L'inclinaison et la translation du plateau cyclique sont transmises par une bielle tubulaire non ajustable, longue de 60 cm environ, liée au plateau cyclique. La liaison K transmet ce déplacement aux manchons de pales par l'intermédiaire de la biellette ajustable. Cette dernière, plus courte que la biellette non ajustable, permet le réglage du sillage de la pale.

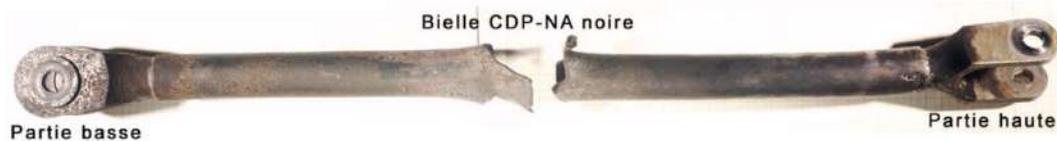


La commande de la pale noire est moins endommagée que les commandes de pas des 5 autres pales. C'est la seule commande dont tous les éléments étaient en place ou encore associés au plateau cyclique :

- La liaison K est encore fixée sur la tête rotor et ne présente pas d'anomalie antérieure à l'accident.



- ❑ La bielle ajustable de la pale noire est la seule entière. Elle est légèrement fléchie en compression alors que les cinq autres se sont rompues par surcharge en traction. Elle est encore fixée correctement à ses deux extrémités. Le sillage est correct.
- ❑ La bielle non ajustable de la pale noire est brisée en deux parties, en son milieu. Les deux extrémités sont encore attachées, l'une en partie basse au plateau cyclique, l'autre en partie haute au tube K.



1.11.3.5.2 Examen et historique de la bielle non ajustable de la pale noire

L'examen de la bielle non ajustable de la pale noire et les recherches historiques sur la maintenance ont abouti aux points suivants :

- ❑ L'analyse métallurgique de la bielle non ajustable de la pale noire a montré qu'elle est constituée d'un acier 4130 non traité thermiquement alors que les cinq autres bielles, de même nuance acier, ont subi ce traitement thermique. Cette absence de traitement thermique confère à la bielle non ajustable de la pale noire des caractéristiques mécaniques plus faibles d'environ 50 % par rapport aux cinq autres bielles.

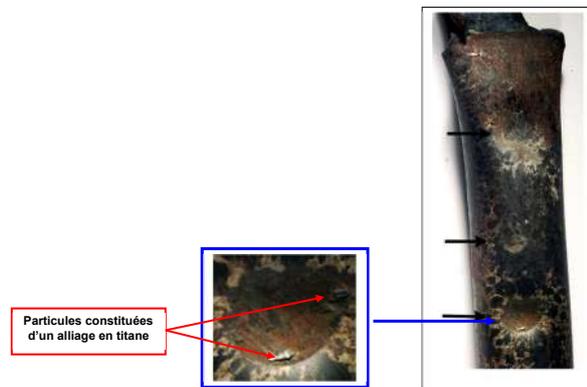
Deux types de bielle non ajustable existent et peuvent être installées de façon mixte :

- ❑ Les bielles référencées 6410-21090-**011** en acier 4130 non traité thermiquement.
- ❑ Les bielles référencées 6410-21090- **012** en acier 4130 traité thermiquement.
- ❑ La bielle non ajustable de la pale noire présente des caractéristiques qui correspondent à celles spécifiées pour les bielles référencées 6410-21090-**011**. Les cinq autres bielles correspondent à des bielles référencées 6410-21090-**012**.

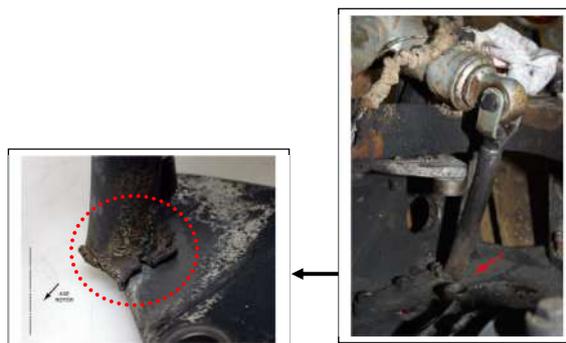
- ❑ L'identification de la biellette non ajustable de la pale noire, sous la référence 6410-21090-**012** sur la documentation technique de l'appareil, provient probablement d'une erreur d'écriture datant de 1994. Cinq biellettes de cet hélicoptère, référencées 6410-21090-011, présentant de la corrosion, avaient alors été changées en biellettes référencées 6410-21090- 012 et la sixième, également référencées 6410-21090-011 mais non concernée par la corrosion, aurait été maintenue en place.
- ❑ La partie inférieure de la biellette non ajustable de la pale noire présente trois enfoncements avec des rayures et des particules.

Ces enfoncements, situés sur la périphérie de la biellette faisant face au mât rotor, ne semblent pas avoir été produits avant le déclenchement de la rupture de la biellette. Il apparaît plus probable que ces enfoncements soient consécutifs à un endommagement déjà engagé de la tête rotor en vol ou lors de l'écrasement de l'hélicoptère au sol.

L'examen des particules présentes dans ces dommages a montré qu'elles sont constituées d'un alliage de titane. Cet alliage est du même type que celui des platines des corps des amortisseurs de trainée, situés à proximité de la biellette.



- ❑ La biellette non ajustable de la pale noire présente également sur sa surface intérieure des produits de corrosion en quantité plus importante au niveau de ses extrémités. Les analyses métallurgiques ont montré que cette corrosion superficielle n'est pas à l'origine de la rupture de la biellette. Il s'agit plus d'une oxydation vraisemblablement consécutive à l'incendie.
- ❑ La partie supérieure de la biellette non ajustable de la pale noire présente, au niveau de sa section rompue, des secteurs qui se sont pliés et retournés sur eux même sous l'effet d'une compression de la bielle elle-même en appui sur le support inférieur de l'amortisseur de trainée. Ceci est vraisemblablement survenu lors de la collision de la tête rotor avec le sol, signifiant ainsi que cette biellette était déjà cassée en vol.



- ❑ La biellette non ajustable de la pale noire ne présente pas, à la différence des cinq autres biellettes, de déformations en flexion au niveau de ses extrémités.
- ❑ Les craquelures ou fissures, identifiées au droit de la cassure et parallèle à celle-ci, ne correspondent pas à un phénomène de fissuration en fatigue lente mais sont survenues après un cycle de compression et de traction typique de fatigue rapide dite « *oligocyclique* ».



- ❑ Les faciès des cassures, non détruits par des chocs secondaires, ne présentent pas de caractéristiques de faciès de fatigue.

En conclusion, la biellette non ajustable de la pale noire s'est rompue en statique par surcharge après au moins un cycle de compression et de traction à la différence des cinq autres biellettes non ajustables qui se sont brisées en flexion ou flambage.

La biellette non ajustable de la pale noire dont les caractéristiques mécaniques, inférieures de 50 % à celles des cinq autres biellettes, notamment au niveau de la charge de rupture, constituait un élément faible et aurait pu, dans des conditions de vol momentanément contraignantes ne pas supporter à elle seule une surcharge à la limite de ses capacités mécaniques.

1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.12.1 Organisme de contrôle aérien de Solenzara

La tour de contrôle de la base aérienne 126 de Solenzara est armée par des contrôleurs de l'armée de l'air qualifiés.

1.12.2 Erikson Air-Crane Incorporated

Erikson Air-Crane Incorporated a modifié des hélicoptères Sikorsky CH-54A pour les équiper en hélicoptère de lutte contre les feux de forêt.

La Direction de la Défense et de la Sécurité Civile du Ministère de l'Intérieur a affrété cet hélicoptère auprès de la société Erikson Air-Crane Incorporated par l'intermédiaire de la société française HELI PACA.

Un cahier de clauses techniques particulières définit les différentes modalités opérationnelles, techniques et financières qui régissent l'emploi de cet hélicoptère dans le cadre des missions de lutte contre les feux de forêt.

1.13 Renseignements supplémentaires

1.13.1 Témoignages

L'ensemble des témoignages atteste que l'hélicoptère a effectué soudainement des manœuvres désordonnées qui se sont accompagnées de la perte de pièces puis, quelques secondes plus tard, de la chute de l'hélicoptère qui s'est écrasé au sol et a pris feu.

2 - ANALYSE

2.1 Scénario

Il est probable, alors que l'hélicoptère était en vol pour rejoindre la zone d'écopage juste après avoir procédé à un largage d'eau, que la biellette non ajustable de commande de pas de la pale noire se soit rompue, entraînant un pas et une position dans le plan de rotation différents des autres pales. Cette différence de pas aurait conduit à une perte de stabilité du sillage de la pale noire avant que celle-ci n'entre en interférence avec la poutre de queue.

C'est à ce moment que le contrôle a appelé l'équipage. Il est possible qu'une certaine incompréhension ait eu lieu entre le CdB et le copilote pour différentes raisons (barrière de la langue, évolution rapide de l'anormalité de la situation ne permettant pas une bonne communication entre les deux pilotes, etc.) amenant le copilote à annoncer, à la demande du contrôle, qu'ils allaient traverser les axes pour écoper. La voix hésitante et teintée d'un certain stress du copilote, lors cette communication radio, montre que quelque chose d'anormal se passe.

Puis la pale noire aura heurté la structure arrière de l'hélicoptère et entraîné la perte de contrôle inévitable de l'hélicoptère.

L'impact est violent et un feu se déclenche instantanément.

2.2 Biellette non ajustable de la pale noire

L'existence d'une biellette non ajustable de commande de pas de pale, différente par ses caractéristiques mécaniques notablement plus faibles, par rapport aux cinq autres, a probablement entraîné au fil du temps, en raison des contraintes constantes en vol, un affaiblissement de sa résistance.

Cette biellette constituait un élément clé de la tête rotor. Il est probable que les contraintes de vol rencontrées à ce moment-là, en particulier les fortes turbulences, aient provoqué une surcharge à la limite de ses capacités mécaniques et entraîné ainsi sa rupture en très peu de cycles, quasi instantanément.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- ❑ L'équipage possédait les licences et qualifications requises et en état de validité.
- ❑ L'équipage était apte médicalement à entreprendre le vol.
- ❑ L'hélicoptère avait un certificat de navigabilité en état de validité.
- ❑ L'hélicoptère appartenait à la société Erickson Air-Crane Incorporated et avait été affrété par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile auprès de la société française Helipaca.
- ❑ L'hélicoptère était dans les limites de masse et de centrage définies par le constructeur.
- ❑ L'hélicoptère était entretenu par le service de maintenance du détachement S-64E à Bastia selon un programme d'entretien répondant à la réglementation FAR 91.409.
- ❑ Des conditions de vent très fort avec des rafales importantes régnaient dans la zone où évoluait l'hélicoptère.
- ❑ La biellette ajustable et la biellette non ajustable de la pale noire se sont comportées de façon différente des cinq autres jeux de biellettes.
- ❑ La biellette non ajustable de la pale noire était différente des cinq autres biellettes et présentait des caractéristiques mécaniques plus faibles de 50 % par rapport aux cinq autres.
- ❑ La biellette non ajustable de commande de pas de la pale noire s'est cassée en vol sous faible nombre de cycles.
- ❑ La biellette non ajustable de la pale noire était référencée de façon erronée sur la documentation de maintenance.
- ❑ La pale noire a interféré au moins trois fois avec la structure de la poutre arrière de l'hélicoptère.

3.2 Causes de l'accident

L'accident est, selon toute vraisemblance, dû à la rupture en vol de la biellette non ajustable de commande de pas de la pale noire qui n'avait pas les mêmes caractéristiques mécaniques que les autres. La rupture est survenue en très peu de cycles, vraisemblablement conséquences des charges et contraintes élevées en air turbulent rencontrées lors du vol en zone montagneuse.

Après la rupture de la biellette, la pale noire sera entrée en interférence à plusieurs reprises avec la structure de la poutre arrière provoquant alors la perte de contrôle inévitable de l'hélicoptère.

4 - ACTION DE SECURITE

Le constructeur Erickson Air Crane a émis en juillet 2007 un ASB qui demande à remplacer toutes les biellettes (-011 et -012) par de nouvelles («*design*» modifié) fournies aux opérateurs. Le BEA n'a pas d'autre recommandation de sécurité à proposer.

ANNEXE

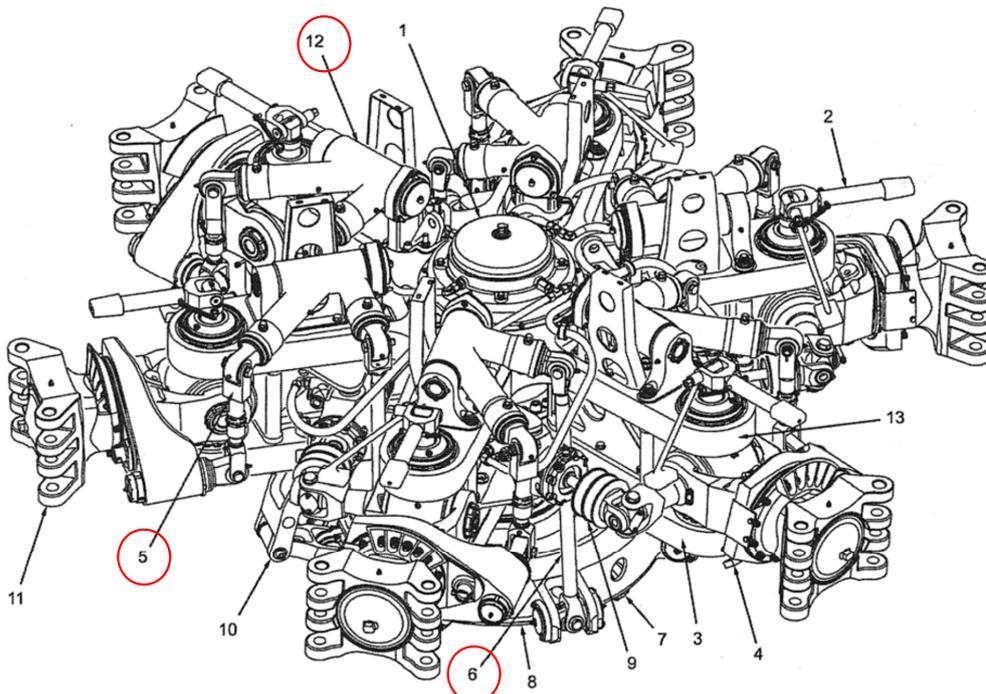
Annexe 1

Tête rotor principal

Annexe 1

Tête rotor principal

- 5 – Bielle ajustable
- 6 – Bielle non ajustable
- 12 – Liaison K



LEGEND

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1. DAMPER RESERVOIR | 6. NON-ADJUSTABLE CONTROL ROD | 10. ROTATING SCISSORS |
| 2. ANTI-FLAPPING RESTRAINER | 7. STATIONARY SWASHPLATE | 11. SLEEVE AND SPINDLE |
| 3. LOWER PLATE | 8. ROTATING SWASHPLATE | 12. TORQUE ARM |
| 4. DROOP RESTRAINER | 9. DAMPER | 13. UPPER PLATE |
| 5. ADJUSTABLE CONTROL ROD | | |

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

10 rue de Paris
Zone Sud - Bâtiment 153
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex - France
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03

www.bea.aero

