

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-M-2004-017-A



Date de l'événement : 8 juillet 2004

Lieu de l'événement : Montagne de Maurel (04)

Appareil :

– **Type :** Hélicoptère LYNX WG 13

– **Immatriculation :** n° 620

Organisme : Marine nationale

Unité : Flottille 31 F

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.

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 exclusive 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.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	6
<i>Synopsis</i>	8
1. Renseignements de base	10
1.1. Déroulement du vol	10
1.1.1. Mission	10
1.1.2. Déroulement	10
1.1.2.1. Préparation du vol	10
1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement	11
1.1.3. Localisation	14
1.2. Tués et blessés	15
1.3. Dommages à l'aéronef	15
1.4. Autres dommages	15
1.5. Renseignements sur le personnel	15
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	15
1.5.1.1. Commandant de bord	15
1.5.1.2. Copilote	16
1.5.2. Membre d'équipage en cargo	17
1.5.2.1. L'électronicien de bord instructeur	17
1.5.2.2. L'électronicien de bord élève	17
1.6. Renseignements sur l'aéronef	18
1.6.1. Maintenance	18
1.6.2. Performances	18
1.6.3. Masse	19
1.6.4. Carburant	19
1.7. Conditions météorologiques	20
1.7.1. Prévisions	20
1.7.2. Observations	20
1.8. Aides à la navigation	20
1.9. Télécommunications	20
1.10. Renseignements sur la zone de poser	21
1.11. Enregistreurs de bord	21
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	21
1.12.1. Examen de la zone	21
1.12.2. Examen de l'épave	22
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	25
1.13.1. Commandant de bord	25
1.13.2. Copilote	25
1.13.3. Electronicien de bord instructeur	25
1.13.4. Electronicien de bord élève	26
1.14. Incendie	26
1.15. Survie des occupants	26
1.15.1. Lutte contre l'incendie	26
1.15.2. Secours	27
1.15.3. Intervention des secours et évacuation	27
1.15.4. Balise de détresse	27
1.15.5. Equipements individuels des membres d'équipages	28
1.15.5.1. Trousses médicales de secours individuelles	28
1.15.5.2. Autres équipements	28
1.16. Essais et recherches	28

1.16.1. Centre d'essais des propulseurs (CEPr) de SACLAY	28
1.16.2. Atelier Industriel de l'Aéronautique (AIA) de Bordeaux	28
1.17. Renseignements sur les organismes	29
1.18. Renseignements supplémentaires	29
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	29
2. Analyse	30
2.1. Causes mécaniques	30
2.1.1. Témoignages	30
2.1.2. Expertises	31
2.1.3. Conclusion sur les causes mécaniques	31
2.2. Causes aérotechniques	32
2.2.1. Rôle et fonctionnement du RAC	32
2.2.2. Influence de la composante vent sur le RAC	33
2.2.3. Performances de l'appareil au moment de l'événement	34
2.2.4. Conclusion sur les causes aérotechniques	37
2.3. Causes humaines	39
2.3.1. Prise en compte partielle des spécificités du vol « montagne »	39
2.3.2. Estimation des performances du Lynx par les équipages	40
2.3.3. Défaut de connaissance des causes possibles d'une perte de contrôle en lacet	41
2.3.4. Conclusion sur les causes humaines	42
3. Conclusion	43
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	43
3.1.1. Cadre de la mission et environnement	43
3.1.2. Navigation jusqu'au premier posé sur la ZPEX	43
3.1.3. Perte de contrôle en lacet	44
3.2. Causes de l'événement	44
3.2.1. Perte de contrôle en lacet	44
3.2.2. Défaut d'identification de la cause de la perte de contrôle en lacet	45
4. Recommandations de sécurité	46
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	46
4.1.1. S'agissant de la préparation des vols	47
4.1.2. S'agissant des courbes de performances	47
4.1.3. S'agissant du vol « montagne »	48
4.1.4. S'agissant de l'entraînement à la perte de contrôle de l'axe de lacet	48
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	49
4.2.1. S'agissant des équipements de vol et de survie	49
4.2.2. S'agissant de la balise de détresse ADELTA	49
Annexes	52
1. Procédure de reconnaissance selon l'IP « le vol en montagne en hélicoptère »	53
2. Fiche de relevé des performances	54
3. Calcul du devis de masse	55
4. Calcul de la masse estimée du Lynx n° 620 en arrivant sur la montagne de Maurel	56
5. Résultats des investigations demandées par le BEA défense	57
5.1. Expertises réalisées par le centre d'essais des propulseurs de Saclay	57

5.1.1. La boîte de transmission intermédiaire _____	57
5.1.2. La boîte de transmission arrière _____	58
5.1.3. Transmissions _____	60
5.1.4. Moyeu rotor arrière _____	61
5.1.5. Le croisillon de commande des pales _____	61
5.1.6. Pales du rotor anti-couple _____	62
5.1.7. Bielles de commande de lacet _____	64
5.1.8. Servocommande de commande du mat rotor arrière _____	64
5.1.9. Tendeur régulateur de câble _____	65
5.1.10. Examen des fluides _____	66
5.2. Expertises réalisées par l'atelier industriel de l'aéronautique de Bordeaux _____	66
5.2.1. Expertises menées sur les deux moteurs et sur les régulateurs. _____	66
5.2.1.1. Bilan des observations et résultats des examens sur le GEM 7027 _____	67
5.2.1.2. Bilan des observations et résultats des examens sur le GEM 7106 _____	70
5.3. Essais des régulateurs _____	72
6. Calcul de la masse maximale en vol stationnaire continu DES selon les courbes du manuel de vol _____	73
7. Historique et évolution des courbes _____	74
8. Vols d'entraînement à l'utilisation de zone de poser exigüe _____	76
9. Message d'ALAVIA limitant l'emploi des Lynx équipés de pales métalliques _____	77
10. Extraits des recommandations du CPSA/MAR suite à l'accident du Lynx n° 803 _____	78

GLOSSAIRE

AIA	Atelier industriel de l'aéronautique
ALAVIA	Commandement de l'aviation navale
BAN	Base d'aéronautique navale
BEA défense	Bureau enquêtes accidents défense
BP	Basse pression
BTA	Boîte de transmission arrière
BTI	Boîte de transmission intermédiaire
CA	Commandant d'aéronef (équivalent à commandant de bord)
CCT	Centre de contrôle et de coordination du trafic
CEMPN	Centre d'expertises médicales du personnel navigant
CMRB	<i>Composite main rotor blade</i> Pale composite du rotor principal
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
CPSA/MAR	Conseil permanent de la sécurité aérienne de la marine
Cr	Couple de réaction
DES	Dans l'effet de sol
ELBOR	Electronicien de bord
EPI	Enquêteur de première information
ESHE	Ecole de spécialisation sur hélicoptères embarqués
ft	<i>Feet</i> Pied – 1 ft = 0,30 mètre
GPS	<i>Global positioning system</i> Système de positionnement mondial par satellite
GTM	Groupe turbo moteur
HES	Hors effet de sol
hPa	HectoPascal

HP	Haute pression
IP	Instruction permanente
JVN	Jumelles de vision nocturne
kt	<i>Knot</i> Nœud – 1 kt = 1,852 km/h
MMRB	<i>Metal main rotor blades</i> Pales métal du rotor principal
PPI	<i>Power performance index</i> Indice de performance de puissance
RAC	Rotor anticouple
T 6	Température sortie turbine
TL	Turbine libre
UCF	Manuel de vol
UHF	<i>Ultra high frequency</i> Ultra haute fréquence (300 à 3000 Mhz)
VHF	<i>Very high frequency</i> Très haute fréquence
VSV	Vol sans visibilité
ZPEX	Zone de poser exigüe

SYNOPSIS

- Date de l'événement : le 8 juillet 2004 à 13h10¹.
- Lieu de l'événement : montagne de Maurel, Alpes-Maritimes (06).
- Organisme : marine nationale.
- Commandement organique : commandement de l'aviation navale (ALAVIA).
- Unité : flottille 31 F.
- Aéronef : Lynx Mk 4 n° 620.
- Nature du vol : navigation et entraînement en ZPEX² en montagne.
- Nombre de personnes à bord : quatre.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Le 8 juillet, à 11h55, un Lynx décolle de la base d'aéronautique navale de Hyères pour réaliser une mission d'entraînement sur zone de poser exigüe. Après plus d'une heure de vol, lors d'un exercice de posé sur le lieu dit « la montagne de Maurel », l'appareil s'écrase. Il est détruit et les quatre membres d'équipage sont blessés à des degrés divers.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un officier enquêteur du bureau enquêtes accidents défense (BEA défense), nommé enquêteur désigné,
- un enquêteur du BEA défense, nommé enquêteur adjoint,
- un enquêteur de première information (EPI),
- un officier pilote ayant une expertise sur Lynx,
- un officier marinier mécanicien d'aéronautique ayant une expertise sur Lynx,
- un médecin du personnel navigant.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

² ZPEX : zone de poser exigüe. Hélistation ou hélisurface homologuée et référencée, destinée aux entraînements des pilotes d'hélicoptères de l'aéronautique navale

Organisation de l'enquête technique

Le jeudi 8 juillet à 14h12, l'état-major de l'amiral commandant l'aviation navale (EM ALAVIA) informe le BEA défense d'un accident impliquant un Lynx.

A 14h41, la base d'aéronautique navale (BAN) de Hyères notifie l'accident par message.

Le déclenchement de l'enquête technique conduite par un enquêteur du BEA défense est confirmé par message dans l'après midi.

En fin d'après-midi, l'enquêteur de première information (EPI) désigné est présent sur les lieux de l'accident.

Le vendredi 9 juillet au matin, le groupe d'enquête rejoint le lieu de l'accident par voie aérienne. Les gendarmes chargés de l'enquête judiciaire sont présents sur le site.

L'équipage est entendu le samedi 10 juillet par les membres du groupe d'enquête technique.

Le mardi 13 juillet, les travaux d'enlèvement de l'épave du Lynx débutent en présence de l'expert mécanicien et des enquêteurs judiciaires.

Enquête judiciaire

- Le parquet de Marseille s'est saisi de l'affaire.
- Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air de la base aérienne d'Istres a été commis.
- Un expert judiciaire a été mandaté.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DEROULEMENT DU VOL

1.1.1. Mission

Indicatif mission	ADONIS CHARLIE
Type de vol	Vol à vue
Type de mission	Mission d'entraînement sur zone de poser exigüe (NAV+ZPEX) dans la région de Thorame et Grasse
Dernier point de départ	BAN de Hyères
Heure de départ	11h55
Point d'atterrissage prévu	Zone de poser au lieu-dit « la montagne de Maurel »

1.1.2. Déroulement

Nota : La description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement, présentée ci-après, provient essentiellement des témoignages de l'équipage, l'hélicoptère n'étant pas équipé d'enregistreur de paramètres de vol.

1.1.2.1. Préparation du vol

La mission est programmée la veille, le 7 juillet 2004, par le commandant adjoint « opérations » de la flottille. Il est prévu d'effectuer un vol d'entraînement navigation avec des posés de type ZPEX dans les régions de Thorame et de Grasse³.

L'équipage est composé du commandant adjoint « opérations », pilote commandant de bord en place gauche, d'un copilote en place droite, d'un électronicien de bord instructeur et d'un électronicien de bord à l'instruction.

³ Cette région est considérée par les pilotes comme montagneuse

Par ailleurs, les décollages et atterrissages sur la BAN de Hyères étant interdits entre 12h00 et 15h00 pour des raisons de nuisances sonores, l'aéronef est équipé d'un réservoir supplémentaire lui permettant d'augmenter son autonomie et d'éviter ce créneau de silence.

Dans la matinée du 8 juillet, le commandant de bord effectue un briefing en présence de tous les membres d'équipage au cours duquel il aborde :

- le devis de masse,
- la chronologie de la mission,
- la sécurité des vols,
- les particularités du vol en milieu montagneux notamment l'influence de l'aérologie et du relief, et les techniques d'approche selon la position de la ZPEX (col, dôme, vallée, etc.). Ce dernier point a fait l'objet d'une étude particulière, présentée par le copilote,
- le fonctionnement et la mise en œuvre du réservoir supplémentaire.

Afin de compléter ces items, l'IP⁴ « vol en montagne en hélicoptère » est consultée.

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

Le décollage s'effectue à 11h55 de la BAN de Hyères.

La masse de l'appareil au décollage est de 4861 kg (annexe 3, *Calcul du devis de masse*, page 55) pour une masse maximale autorisée de 4875 kg.

La navigation depuis la BAN de Hyères jusqu'à la zone du premier posé est réalisée par le copilote en place droite. Elle dure une heure et dix minutes.

En arrivant sur la montagne de Maurel, une reconnaissance de la zone est réalisée selon la procédure de l'IP montagne (procédure détaillée dans l'annexe 1, *Procédure de reconnaissance selon l'IP « le vol en montagne en hélicoptère »*, page 53). Le calage altimétrique affiché est 1010 hPa⁵, QNH régionale⁶.

⁴ IP : instruction permanente.

⁵ hPa : hectoPascal.

⁶ QNH : pression atmosphérique ramenée par calcul au niveau de la mer dans les conditions de l'atmosphère standard (fourni par le centre de contrôle et de coordination du trafic (CCT) situé à Nice).

Le passage stabilisé est réalisé sur un axe orienté au 160°, afin de déterminer la direction estimée du vent, d'identifier avec précision le point de posé et l'aérologie, et d'estimer la marge de puissance disponible pour une remise de gaz éventuelle.

Lors de ce passage, les informations relevées par l'équipage sur le *doppler* et le calculateur de navigation, donnent un vent faible voire nul.

La puissance notée est de 55% de torque⁷ par moteur (deux fois 55%).

Le point de poser retenu se situe en haut du mamelon à 1750 mètres d'altitude.

Considérant avoir tous les paramètres nécessaires, l'équipage décide de se poser selon le même axe d'approche que le passage stabilisé, cet axe permettant de se dégager, le cas échéant, dans la vallée située sur la gauche de cette trajectoire.

Après avoir réalisé les actions vitales en vue du posé, en courte finale, le pilote débute la réduction de vitesse.

Pratiquement arrivé stationnaire DES⁸, avec une puissance d'environ deux fois 65% de torque, l'appareil amorce, de façon inopinée, une rotation lente en lacet par la droite, incontrôlable aux palonniers.

L'équipage attribue ce départ en lacet à un vent traversier droit non détecté lors du passage stabilisé. Le commandant d'aéronef ordonne une remise de gaz afin de se représenter sur un axe face au vent. À cet effet, le copilote affiche une légère assiette à piquer et augmente la puissance jusqu'à environ deux fois 80% de torque.

Le mouvement de rotation vers la droite s'accroît et l'appareil effectue 360°.

Le copilote affiche la puissance maximale d'environ deux fois 110% pour redécoller.

Instantanément, la vitesse de rotation en lacet de l'hélicoptère s'amplifie, le taux de montée restant pratiquement nul.

⁷ Torque : indication de puissance pouvant être appliquée sur le couple moteur

⁸ DES : dans l'effet de sol. D'après la définition de l'« IP vol en montagne en hélicoptère », « on considère que le stationnaire est DES si la surface de la zone de poser est plane et supérieure à celle de trois disques rotor, et si la hauteur du stationnaire est inférieure à un diamètre rotor ».

L'aéronef effectue alors plusieurs tours sur lui-même en se déplaçant vers le Nord-Ouest de la zone de poser.

La puissance affichée atteignant deux fois 140% de torque, la rotation s'accélère.

Le commandant d'aéronef (CA) ordonne alors de se poser en urgence.

L'électronicien de bord (ELBOR)⁹ instructeur donne l'ordre à son élève de s'asseoir sur le siège « sonariste » et se cale dans le cargo.

A cet instant, l'appareil se situe sur la partie Ouest du mamelon, fortement en devers.

Le copilote plaque l'aéronef au sol qu'il impacte violemment, après avoir préalablement heurté un arbre.

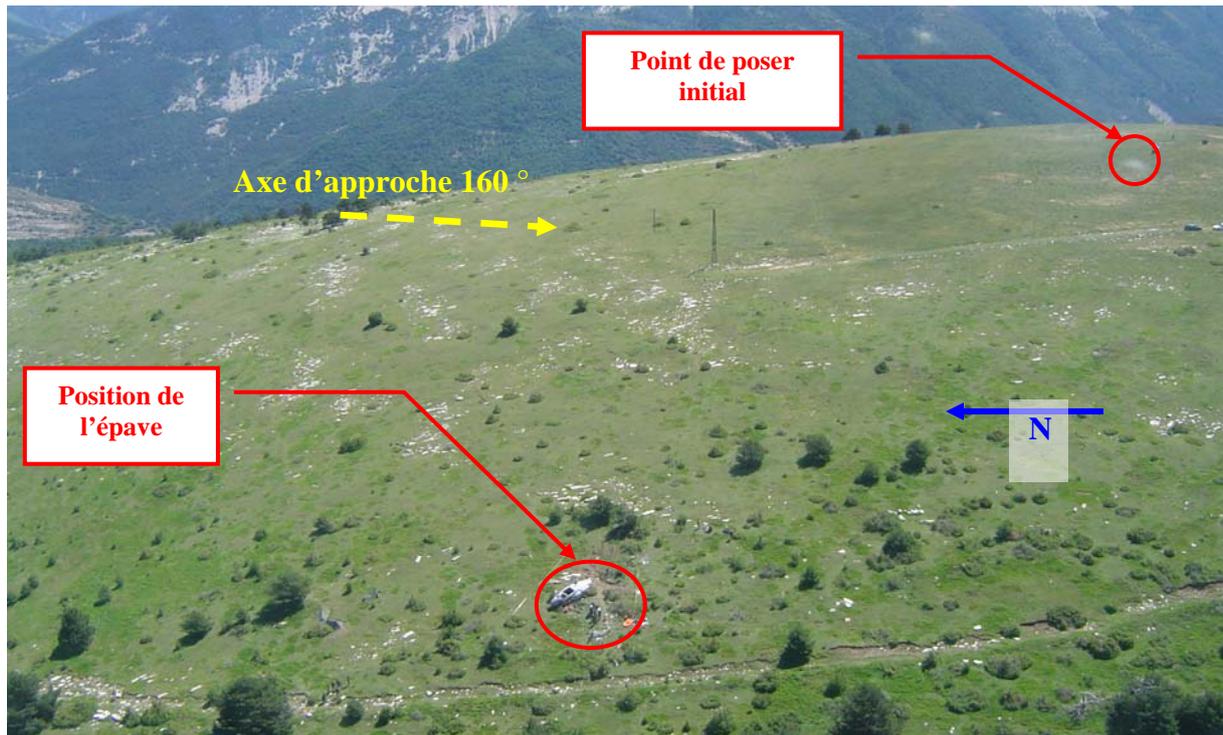
Sous l'effet du choc, la poutre de queue de l'hélicoptère se désolidarise de la cellule. Cette dernière, en raison du dévers, glisse sur environ 15 mètres et s'immobilise sur le côté gauche.

Les pales du rotor principal sont sectionnées et projetées à plusieurs dizaines de mètres.

Trois des membres d'équipage arrivent à sortir immédiatement de l'appareil. Le CA, bloqué dans la cabine, est dégagé et extrait par les membres d'équipage.

Les premiers secours arrivent sur place vers 14h00, soit 55 minutes après l'accident.

⁹ Par la porte ouverte du cargo, l'ELBOR équipé du harnais treuilliste, informe l'équipage de conduite de tout obstacle, lors de l'approche final.



Vue générale de la zone

1.1.3. Localisation

- Lieu : montagne de Maurel,
 - ⇒ pays : France,
 - ⇒ département : Alpes-de-Haute-Provence (04),
 - ⇒ commune : La Mure Argens,
 - ⇒ coordonnées géographiques :
 - N 44° 01' 20''
 - E 006° 31' 20''
 - ⇒ altitude estimée du lieu de l'événement : 1750 mètres.
- Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Château-Arnoux Saint-Auban à 23 Nm¹⁰ dans le 280° du lieu de l'événement.

¹⁰ Nm : *nautical miles* (mille nautique – 1 Nm = 1852 mètres).

1.2. TUES ET BLESSES

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	/	/	/
Graves	1	/	/
Légères	3	/	/
Aucunes	/	/	/

1.3. DOMMAGES A L'AERONEF

Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
/	X	/	/

1.4. AUTRES DOMMAGES

Un arbre est déchiqueté.

Du kérosène s'est répandu sur le sol.

1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord

- Age : 31 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : flottille 31 F,
 - ⇒ fonction dans l'unité : commandant adjoint opérations,
 - ⇒ spécialité : pilote d'aéronautique navale,
 - ⇒ qualification : commandant d'hélicoptère opérationnel depuis mai 2002,
 - ⇒ école de spécialisation : école de spécialisation sur hélicoptères embarqués (ESHE) 22S,
 - ⇒ année de sortie d'école : 1998.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé	Dans les 30 derniers jours
	Sur tous types	Sur Lynx	Sur Lynx	Sur Lynx
Total	1401h55	1096h40	74h55	14h00

➤ Date du dernier vol comme pilote :

⇒ de jour : 6 juillet 2004 (vol technique Lynx 620),

⇒ de nuit : 28 juin 2004,

⇒ date du dernier vol en ZPEX : 17 juin 2004 de nuit avec JVN¹¹ sur Lynx (dans le massif des Maures).

➤ Carte de circulation aérienne : qualification VSV¹² n° 365,

⇒ type : carte verte sur Lynx,

⇒ date d'expiration : 31 décembre 2006.

Les vols en montagne ne font pas l'objet d'un suivi. Toutefois, le commandant de bord, après recherche sur les documents aéronautiques, a précisé que son dernier vol en montagne remontait à avril 2000.

1.5.1.2. Copilote

➤ Age : 30 ans.

➤ Sexe : masculin.

➤ Unité d'affectation : flottille 31 F,

⇒ fonction dans l'unité : pilote.

➤ Spécialité : pilote d'aéronautique navale,

⇒ qualification : commandant d'hélicoptère élémentaire depuis mai 2002,

⇒ école de spécialisation : école de spécialisation sur hélicoptères embarqués (ESHE) 22S,

⇒ année de sortie d'école : 1997.

¹¹ JVN : jumelles à vision nocturne.

¹² VSV : vol sans visibilité.

➤ Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Lynx	Sur tous types	Sur Lynx	Sur tous types	Sur Lynx
Total	1490h10	846h30	112h24	101h50	14h05¹³	3h30

➤ Date du dernier vol comme pilote sur Lynx :

⇒ de jour : 7 juillet 2004,

⇒ de nuit : 23 juin 2004 (vol JVN sur Gazelle),

⇒ date du dernier vol en ZPEX : 11 février 2004 (dans le massif des Maures).

➤ Carte de circulation aérienne : qualification VSV n° 560,

⇒ type : carte verte Lynx,

⇒ date d'expiration : 28 février 2007.

Bien que les vols en montagne ne fassent pas l'objet d'un suivi, le pilote, au vu de la documentation aéronautique, a déterminé que son dernier vol montagne remontait à juillet 2000.

1.5.2. Membre d'équipage en cargo

1.5.2.1. L'électronicien de bord instructeur

L'électronicien de bord instructeur totalise plus de 1000 heures de vol dont plus de 960 heures sur Lynx.

Son dernier vol en montagne et en zone de poser exigüe date du 12 mai 2004.

Ce 8 juillet 2004, il est chargé de la formation d'un électronicien de bord élève.

1.5.2.2. L'électronicien de bord élève

L'électronicien de bord élève totalise environ 70 heures de vol dont une vingtaine sur Lynx.

Ce vol constitue son premier entraînement en zone de poser exigüe.

¹³ Le copilote a effectué un stage JVN sur Gazelle du 22 mai au 26 juin 2004.

1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

- Armée : marine nationale.
- Commandement organique d'appartenance : ALAVIA.
- Base d'aéronautique navale : Hyères.
- Unité d'affectation : flottille 31 F.
- Type d'aéronef : WG 13 Mk 4 Lynx n° 620,
 - ⇒ configuration : réservoir supplémentaire,
 - ⇒ Le rotor principal est équipé de pales métalliques.

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis GV3 ¹⁴ :	Heures de vol depuis VP ¹⁵
Cellule	WG 13	P620	5650	1159	58
Moteur 2	GEM 360 BS	7106	3258	suivi modulaire ¹⁶	
Moteur 2	GEM 360 BS	7027	4276	suivi modulaire	

1.6.1. Maintenance

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

1.6.2. Performances

Les performances du Lynx sont liées à sa masse, à la température extérieure, à l'altitude et au type de pales du rotor principal (métalliques ou composites).

Pour définir ces performances en fonction des paramètres cités supra, il est nécessaire d'utiliser les courbes du manuel de vol « UCF AN 110-3 ».

Les performances des appareils équipés de pales composites sont traitées dans la partie « CMRB¹⁷ », et celles de ceux équipés de pales métalliques dans la partie « MMRB¹⁸ ».

¹⁴ GV3 : troisième grande visite.

¹⁵ VP : visite périodique.

¹⁶ Le moteur est composé de 7 modules, ces derniers sont suivis individuellement.

¹⁷ CMRB : *composite main rotor blade* (pale composite du rotor principal).

¹⁸ MMRB : *metal main rotor blade* (pale métal du rotor principal).

En 1999¹⁹, les flottilles de Lynx rendent compte à ALAVIA d'incohérences relevées dans ces dernières. ALAVIA s'adresse alors au constructeur afin de réviser ces courbes de performances. En mars 2004, de nouvelles courbes sont insérées dans les manuels de vol de la flottille.

Le 7 juillet 2004, le Lynx n° 620 subit un contrôle en vol afin de relever les indices de performance des moteurs. Lors de ce vol technique, l'ensemble des paramètres est normal pour les deux moteurs.

Nota : La fiche de relevé des performances est présentée en annexe 2, page 54.

1.6.3. Masse

- Lors de la préparation du vol, l'équipage s'est assuré que la masse au décollage de l'appareil, soit 4 851 kg (calcul précisé dans l'annexe 3, *Calcul du devis de masse*, page 55), est inférieure à la masse maximale autorisée : 4 875 kg.
- La masse de l'appareil au moment de l'événement est de : 4 510 kg (calcul précisé dans l'annexe 4, *Calcul de la masse estimée du Lynx n° 620 en arrivant sur la montagne de Maurel*, page 56).

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : kérosène type F 34.
- Quantité totale de carburant au décollage : 1080 kg.
L'appareil est équipé d'un réservoir supplémentaire contenant 300 kg de carburant (la contenance maximale est de 350 kg), monté dans la partie arrière gauche du cargo. La quantité totale de carburant est ainsi portée à 1080 kg autorisant une autonomie de plus de trois heures.
- Quantité estimée de carburant restant au moment de l'événement : 730 kg.

¹⁹ Note express n° 203/31F/99/NP du 1^{er} octobre 1999 et Note express n° 55/99/34F/NP du 18 octobre 1999.

1.7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

1.7.1. Prévisions

Sur la région de la montagne de Maurel, les prévisions font état d'un vent du Sud-Sud-Ouest entre 10 et 20 kt²⁰ à 5000 ft. Un risque de grains est possible sur cette région.

1.7.2. Observations

La station automatique de Saint André les Alpes, située à quelques kilomètres du lieu de l'accident et à une altitude de 882 mètres (2900 ft), relève à 13h00 une température de 21,7°C avec 65 % d'humidité. Le vent n'est pas relevé sur ce type de station.

Lors du passage stabilisé sur le point de poser, les informations relevées par l'équipage sur le *doppler* et le calculateur de navigation, donnent un vent faible de secteur Sud. En outre, la nébulosité ne présente aucun caractère particulier pouvant gêner la visibilité (nuages très élevés, aucune précipitation, aucun grain).

1.8. AIDES A LA NAVIGATION

Le système de navigation comprend un calculateur, un *doppler*, une centrale anémobarométrique et un compas gyromagnétique.

Le jour de l'événement, l'ensemble de ces équipements est opérationnel.

1.9. TELECOMMUNICATIONS

L'équipage est en contact radio avec le CCT²¹ « RHODIA » en approchant de la montagne de Maurel.

Le contact est établi toutes les 30 minutes avec cet organisme.

La fréquence d'auto information commune militaire est affichée sur le poste VHF²²/UHF²³, celle de l'aérodrome de Fayence sur le poste VHF et celle de la CCT « RHODIA » sur le poste UHF.

²⁰ kt : *knot* (nœud – 1 kt = 1,852 km/h).

²¹ CCT : centre de contrôle et de coordination du trafic

²² VHF : *very high frequency* (très haute fréquence – 30 à 300 Mhz).

²³ UHF : *ultra high frequency* (ultra haute fréquence – 300 à 3000 Mhz).

1.10. RENSEIGNEMENTS SUR LA ZONE DE POSER

La zone de poser sur la montagne de Maurel est homologuée et répertoriée dans le catalogue des ZPEX.

Elle se situe au sommet d'un mamelon recouvert d'herbe, à une altitude de 1752 mètres.

Deux pylônes métalliques, en extrémité de la zone de poser, sont implantés à environ 200 mètres à l'Ouest du lieu de poser initialement choisi.

Les flancs de la montagne sont recouverts de buissons et de sapins de taille moyenne (entre 3 et 10 mètres de hauteur). La végétation se densifie en aval.

1.11. ENREGISTREURS DE BORD

Le Lynx n'est pas équipé d'enregistreur de bord.

1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'ÉPAVE ET SUR L'IMPACT

1.12.1. Examen de la zone

L'accident a eu lieu dans la zone Ouest de la montagne de Maurel. A cet endroit, le terrain est en pente.

Des impacts de roues d'une vingtaine de centimètres de diamètre sont relevés en amont. Une ornière en forme d'arc de cercle allant d'Ouest en Est a été causée par le train principal gauche.



Empreintes roues avant



Traces atterrisseur gauche.

1.12.2. Examen de l'épave

L'hélicoptère est couché sur le flanc gauche.



Vue de la cellule et d'une partie de la poutre de queue.

La partie cargo présente un enfoncement du côté droit au niveau de la potence du treuil. Un écrasement sur la partie supérieure du cargo est relevé au niveau de la jonction entre la poutre de queue et la cellule.



Poutre de queue

La poutre de queue est sectionnée en plusieurs tronçons.

Le rotor anti-couple est resté solidaire de celle-ci.



Plan fixe et rotor anti-couple

L'ensemble mécanique arrière ne présente pas de blocage. De l'huile est présente dans la BTA²⁴.

L'examen du bouchon magnétique n'a pas révélé la présence de particules.

La transmission arrière a été sectionnée en plusieurs parties. La plupart des brides d'accouplement sont brisées. La BTI²⁵ a été retrouvée près de l'épave.



BTI et un morceau de l'arbre de transmission oblique

Les pales principales sont brisées jusqu'à la tête du rotor. Le moyeu rotor principal (MRP) ne comprend plus qu'un seul manchon de pale, tordu à 90°.

²⁴ BTA : boîte de transmission arrière.

²⁵ BTI : boîte de transmission intermédiaire.



Cabine et moyeu rotor principal

Des débris de pales d'importance variable, ainsi que des morceaux de sapins, sont dispersés sur une zone d'environ un hectare.

Les trains d'atterrissage principaux sont déformés.



Trains d'atterrissage principaux

Le train droit comporte des traces de terre au niveau de la fusée de roue.

La porte côté CA a été retrouvée à une dizaine de mètres au Sud de l'épave.

1.13. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite médicale d'aptitude semestrielle réalisée à l'unité par le médecin du personnel navigant de la BAN de Hyères,
 - ⇒ date : 24 février 2004,
 - ⇒ résultat : maintien de l'aptitude pilote,
 - ⇒ validité : apte jusqu'au 24 août 2004.
- Examens biologiques : réalisés.
- Blessure : écrasement du bras gauche.

1.13.2. Copilote

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite médicale d'aptitude semestrielle réalisée à l'unité par le médecin du personnel navigant de la BAN Hyères,
 - ⇒ date : 8 mars 2004,
 - ⇒ résultat : maintien de l'aptitude pilote,
 - ⇒ validité : apte jusqu'au 8 septembre 2004.
- Examens biologiques : réalisés.
- Blessures : légères.

1.13.3. Electronicien de bord instructeur

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite médicale d'aptitude réalisée au CEMPN²⁶ de Toulon,
 - ⇒ date : 15 mars 2004,
 - ⇒ résultat : déclaré apte médical,
 - ⇒ validité : jusqu'au 15 septembre 2004,
 - ⇒ Examens biologiques : réalisés.

²⁶ CEMPN : centre d'expertises médicales du personnel navigant.

➤ Blessures :

- ⇒ traumatisme crânien sans perte de connaissance,
- ⇒ coupure de la région frontale, au-dessus de l'œil gauche,
- ⇒ traumatisme (entorse) du rachis cervical.

1.13.4. Electronicien de bord élève

➤ Dernier examen médical :

- ⇒ type : visite médicale d'aptitude réalisée au CEMPN de Toulon,
- ⇒ date : 6 février 2004,
- ⇒ résultat : maintien de l'aptitude ELBOR,
- ⇒ validité : jusqu'au 6 août 2004,
- ⇒ examens biologiques : réalisés.

➤ Blessures :

- ⇒ traumatisme crânien sans perte de connaissance,
- ⇒ traumatisme du rachis cervical.

1.14. INCENDIE

A l'impact, le moteur droit s'est enflammé.

1.15. SURVIE DES OCCUPANTS

1.15.1. Lutte contre l'incendie

Après avoir procédé à l'arrêt des moteurs²⁷ et coupé l'alimentation électrique du réseau de bord, l'équipage utilise l'extincteur de bord ainsi que les deux extincteurs moteurs. Malgré l'utilisation des extincteurs, l'équipage ne vient à bout des flammes en sortie de tuyère du moteur qu'en projetant de la terre avec leur casque.

²⁷ Le groupe d'enquête constatera, sur les lieux, que l'alimentation en carburant du moteur droit n'est pas coupée.

1.15.2. Secours

L'utilisation en phonie de la balise de détresse du canot de survie n'a pas permis de déclencher les secours.

C'est en appelant le « 112 » sur son téléphone portable que l'ELBOR réussit à alerter les pompiers du CODIS²⁸ 04. Il est 13h26.

1.15.3. Intervention des secours et évacuation

A 13h35, l'Alouette III de la gendarmerie nationale décolle de Digne-les-Bains et arrive sur les lieux de l'accident vers 14h00.

Cet hélicoptère effectue deux rotations.

A la première, le copilote et l'électronicien de bord élève sont évacués vers Saint-André des Alpes, puis transférés dans l'après-midi vers l'hôpital de Digne-les-Bains.

A la seconde, le commandant d'aéronef et l'électronicien de bord instructeur sont dirigés vers l'hôpital de Digne-les-Bains.

1.15.4. Balise de détresse

La balise de détresse de type ADELTA, située dans la partie arrière du Lynx, se déclenche au contact de l'eau. Pour la mettre en action, les senseurs de déclenchement ont été mouillés avec de la salive.

Son émission a été perçue par l'équipage d'un avion en vol au niveau 330 et qui en a informé le contrôle de Marseille à 13h06.

La localisation de ce signal a permis de confirmer les coordonnées du lieu de l'accident.

Les signaux de cette balise de détresse ont également été reçus par le système satellite SARSAT/COSPAS. En revanche, ils n'ont pas été détectés par le centre de contrôle de Nice.

²⁸ CODIS : centre opérationnel départemental d'incendie et de secours.

1.15.5. Equipements individuels des membres d'équipages

1.15.5.1. Trousses médicales de secours individuelles

Un seul des quatre membres d'équipage possède une trousse en bon état et non périmée.

Deux ont, chacun, une trousse périmée.

Le dernier n'en a pas (ressources insuffisantes).

1.15.5.2. Autres équipements

Lors des investigations, le groupe d'enquête a constaté que certains équipements de vol (gants, chaussures) présentaient une usure excessive.

1.16. ESSAIS ET RECHERCHES

1.16.1. Centre d'essais des propulseurs (CEPr) de SACLAY

Des expertises ont été conduites afin de mettre en évidence des défaillances éventuelles d'éléments de la chaîne de transmission de commande et de puissance du RAC²⁹.

- Examen des éléments de la chaîne de transmission de commande de vol et de puissance du RAC.
- Analyse des fluides de la boîte de transmission intermédiaire (BTI), de la boîte de transmission arrière (BTA) et du turbomoteur n°2.

1.16.2. Atelier Industriel de l'Aéronautique (AIA) de Bordeaux

L'expertise des GTM³⁰ a eu pour objectif de définir si un ou plusieurs éléments constituant les moteurs ont eu un dysfonctionnement au moment de la mise en stationnaire, voire au moment de l'impact.

²⁹ RAC : rotor anti couple.

³⁰ GTM : groupe turbo moteur.

1.17. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES

Néant.

1.18. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES

Néant

1.19. TECHNIQUES SPECIFIQUES D'ENQUETE

Néant.

2. ANALYSE

Les différents témoignages des membres d'équipage, et les faits établis, attestent que l'appareil, en très courte finale, a débuté une rotation à droite, sur son axe de lacet, dès que le copilote a commencé à le soutenir³¹ jusqu'à sa mise en stationnaire DES à la verticale du point de poser.

Les actions correctives aux palonniers n'ont pas permis au pilote de contrôler l'axe de lacet de l'appareil.

La recherche des causes de l'accident envisage les domaines mécanique, aérotechnique³² et humain.

2.1. CAUSES MECANIQUES

Il s'agit de vérifier si la perte de contrôle en lacet peut être la conséquence d'une défaillance mécanique, en s'appuyant sur les témoignages et les résultats des expertises réalisées au CEPr de Saclay et à l'AIA de Bordeaux.

2.1.1. Témoignages

Jusqu'au départ en rotation de l'appareil, l'équipage n'a constaté aucune anomalie au niveau des paramètres de vol.

Par ailleurs, dès que l'appareil a commencé sa rotation en lacet vers la droite, le copilote a essayé de le stabiliser aux palonniers. Il ne parvient pas à contenir le phénomène, du fait qu'il atteint la butée mécanique du palonnier à gauche.

Le copilote associe ce phénomène à une rupture d'un élément de la chaîne de commande de lacet.

³¹ Lors de la réduction de vitesse, il est nécessaire d'appliquer progressivement de la puissance au pas général et ce, jusqu'au moment du stationnaire afin de contrer l'enfoncement de l'appareil.

³² Ensemble des techniques ayant pour objet l'application de l'aérodynamique à l'étude et à la mise au point des aéronefs.

Afin d'en lever le doute, il effectue une action sur le palonnier droit, qui a pour conséquence d'amplifier la vitesse de rotation.

Cette action aux palonniers met donc en évidence l'intégrité mécanique de la transmission de commande du RAC à cet instant.

2.1.2. Expertises

Les conclusions des expertises (annexe 5.1, *Expertises réalisées par le centre d'essais des propulseurs de Saclay*, page 57 et annexe 5.2, *Expertises réalisées par l'atelier industriel de l'aéronautique de Bordeaux*, Page 66) menées sur les chaînes de transmissions de commande de vol, de puissance du RAC et sur les moteurs montrent que :

- les endommagements relevés sur la chaîne de lacet ne sont que la conséquence de l'accident.

Les chaînes de transmission de commande et de puissance du RAC fonctionnaient correctement jusqu'au moment de la perte de contrôle de l'appareil,

- les endommagements des moteurs sont consécutifs à l'impact.

Ils délivraient la puissance demandée jusqu'à l'impact. Ceci permet d'exclure une défaillance de ces derniers.

2.1.3. Conclusion sur les causes mécaniques

Les différents résultats des expertises corroborent les témoignages de l'équipage et permettent d'exclure un dysfonctionnement de la chaîne de lacet ou des moteurs.

En conséquence, l'hypothèse que la perte de contrôle en lacet à droite est la conséquence d'une défaillance mécanique est REJETÉE.

2.2. CAUSES AEROTECHNIQUES

Il est nécessaire, en ayant préalablement rappelé le rôle et le fonctionnement du RAC, d'étudier l'influence du vent sur ce dernier, d'une part, et les performances de l'appareil au moment de l'événement, d'autre part.

2.2.1. Rôle et fonctionnement du RAC

Pour tourner, le mât rotor auquel est appliqué le couple moteur (C_m) prend appui sur la structure de l'hélicoptère qui est elle-même entraînée en sens contraire du rotor par un couple de réaction (C_r) égal et opposé au couple moteur.

Le RAC permet de contrer ce couple de réaction, auquel peut s'ajouter une composante de vent traversier, et de contrôler les mouvements sur l'axe de lacet par des actions aux palonniers.

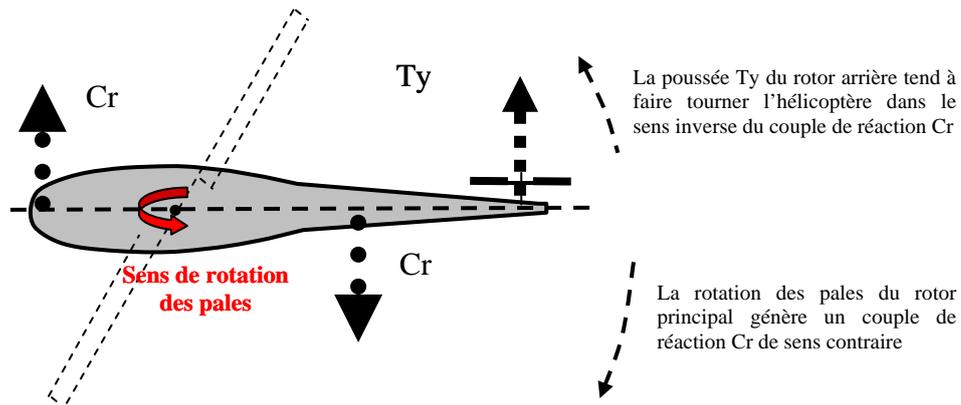
La valeur du couple de réaction est fonction de la puissance transmise par les moteurs. Cette dernière, pour pouvoir tenir le stationnaire, varie en fonction de la masse de l'appareil, de l'altitude densité³³, de la température, et le cas échéant, de la force et de la direction du vent.

Pour que la somme de l'effet du couple de réaction et de celui du vent puisse être contrée, il est nécessaire que la poussée du RAC, modulée par des actions aux palonniers, n'atteigne pas sa valeur maximale.

Lorsque cette somme devient supérieure à la poussée maximale du RAC, l'appareil débute une rotation sur l'axe de lacet que le pilote ne peut plus contrer aux palonniers (butée mécanique).

L'appareil part alors en rotation et la vitesse associée est d'autant plus élevée que la demande de puissance est importante et franche.

³³ Altitude de l'atmosphère standard correspondant à la densité de l'air en ce point.



L'angle de pas des pales du rotor arrière est choisi de manière que la poussée T_y du rotor, qui s'exerce à l'extrémité du fuselage, soit opposée au couple de réaction du rotor principal.

Les deux effets s'annulent lorsque le moment de T_y , par rapport au centre de gravité de l'appareil, est égal au couple de réaction.

Schéma de principe des forces appliquées à l'hélicoptère

Dans ce cadre, il est donc nécessaire d'analyser l'influence du vent sur l'appareil et les performances de ce dernier au moment de l'événement.

2.2.2. Influence de la composante vent sur le RAC

Selon le manuel de vol « 110-1 »³⁴ du Lynx, par vent traversier droit supérieur ou égal à 10 kt, la commande en lacet peut être insuffisante pour assurer la tenue de cap. Dans ce cas, la tenue sur l'axe de lacet est délicate.

D'après les témoignages de l'équipage, la force du vent estimé lors du passage stabilisé est faible, inférieure à 10 kt.

En conséquence, la composante vent n'a pas concouru à la perte de contrôle en lacet du Lynx.

³⁴ Partie 3, chapitre 2, paragraphe 10 « Manœuvre à faible vitesse »

2.2.3. Performances de l'appareil au moment de l'événement

En courte finale, pour amener l'appareil en stationnaire, le pilote doit réduire sa vitesse de translation, ce qui conduit à une diminution de la portance du disque rotor. Pour la compenser, le pilote doit augmenter la puissance moteur. La puissance disponible est liée à la masse, à l'altitude et à la température.

Plus la masse est élevée, plus la puissance nécessaire sera importante. La poussée du RAC nécessaire pour contrer le couple de réaction en sera également plus importante.

Dès que la limite de poussée du RAC est atteinte, le pilote ne peut plus contrôler l'axe de lacet de son appareil.

Pour que les équipages n'atteignent pas cette limite, le constructeur a défini des courbes de performances (abaques), en fonction de la masse de l'appareil, de l'altitude densité et de la température. Elles prendraient en compte que la limite de poussée du RAC peut être atteinte avant la puissance moteur disponible.

Ces courbes délimitent le domaine de vol de l'aéronef, déterminé par la puissance disponible et la poussée du RAC.

Dans le cas présent, la perte de contrôle en lacet à droite s'est produite au moment où le pilote a soutenu son appareil, pour le mettre en stationnaire.

A ce moment là, le groupe d'enquête a estimé la masse de l'appareil à 4510 kg.

Le BEA défense s'est donc reporté au manuel de vol, dans la partie « MMRB » traitant des pales métalliques, pour calculer les performances DES dans les conditions du moment.

➤ Calculs des performances à partir du manuel de vol :

⇒ la procédure de calcul des performances pour un vol stationnaires DES n'est pas clairement indiquée dans la partie « MMRB » traitant des appareils équipés de pales métalliques.

Toutefois, dans la partie³⁵ « CMRB », une procédure de calcul des performances pour un vol stationnaire DES est prescrite.

Cette procédure est la suivante :

- ⇒ dans un premier temps, calculer la masse maximale autorisée pour un vol stationnaire continu HES³⁶,
- ⇒ puis calculer la variation de masse pour un vol stationnaire DES,
- ⇒ et enfin, faire la somme de ces deux résultats pour connaître la masse maximale autorisée pour un vol stationnaire DES.

En appliquant cette procédure de calcul avec les courbes de performances « MMRB », la masse maximale autorisée pour un vol stationnaire continu DES est de 4700 kg (calcul détaillé dans l'annexe 6, *Calcul de la masse maximale en vol stationnaire continu DES selon les courbes du manuel de vol*, page 73).

Calcul de la masse maximale pour vol stationnaire continu HES	4150 kg
Calcul de la variation de masse pour un vol stationnaire DES ³⁷	+ 550 kg
La masse maximale autorisée pour un vol stationnaire DES	4700 kg

En utilisant cette procédure de calcul avec les courbes du manuel de vol « MMRB », l'appareil évoluait à 190 kg en dessous de la masse maximale autorisée.

Toutefois, dans certaines conditions (présence de vent, aire de poser étroite³⁸, etc.), les performances de l'appareil doivent être déterminées à partir des courbes HES. Dans ce cas, la masse de l'appareil était supérieure à la masse maximale autorisée.

³⁵ Partie du manuel de vol traitant de performances pour les appareils équipés de pales composites

³⁶ HES : hors effet de sol.

³⁷ Vol stationnaire DES à une hauteur de 10 ft, dans les conditions de l'évènement rapportées par les témoignages de l'équipage

³⁸ Surface d'aire de poser inférieure à celle de 3 disques rotor

Pour valider ce résultat, le BEA défense a demandé au constructeur de déterminer les performances en fonction des paramètres environnementaux (altitude densité, température) et moteur (PPI³⁹) au moment de l'accident.

➤ Résultat des calculs effectués par le constructeur :

Le constructeur a fait parvenir ses résultats au BEA défense en y joignant les courbes qu'il a utilisé pour déterminer ces performances.

Elles donnent une masse maximale autorisée en vol stationnaire continu DES de 4340 kg et de 4190 kg en vol stationnaire continu HES. Ces masses maximales sont différentes de celles obtenues en utilisant les courbes du manuel de vol (supérieure de 40 kg pour le domaine HES et inférieure de 360 kg pour le domaine DES).

D'après les éléments fournis par le constructeur, la limitation de masse maximale autorisée est dépassée de 171 kg pour le vol en stationnaire continu DES et de 321 kg pour le vol en stationnaire continu HES, et ce pour une puissance moteur de 101,5 % PPI.

Par ailleurs, il est à constater que les performances DES **sont directement lues sur une seule et unique courbe** intitulée « masse maximale autorisée en stationnaire DES, puissance maximale continue, avec marge de poussée de 5 % » et pour un PPI⁴⁰ de 101,5 %⁴¹, alors que la procédure de calcul citée supra nécessite d'entrer dans deux courbes différentes.

Ce type de courbe à lecture directe, facile d'utilisation, ne fait pas partie du manuel de vol à disposition des flottilles de Lynx.

³⁹ PPI : *power performance index* (indice de performance de puissance).

⁴⁰ L'indice de performance (PPI) de 100 % correspond à une puissance de 791 kW avec une température T6 = 675°C

⁴¹ Indice performance de puissance le plus faible des deux moteurs, relevé lors du vol technique du 7 juillet 2004

D'après les éléments du constructeur, l'hélicoptère n'est plus dans le domaine de vol. La puissance nécessaire pour la mise en stationnaire augmentant de façon significative, le couple de réaction ne peut plus être contrôlé aux palonniers par le pilote (butée mécanique du palonnier gauche). L'appareil débute alors une rotation lente, incontrôlable, sur l'axe de lacet. De plus, la décision de remettre les gaz (mise en puissance pour décoller), ne fait qu'augmenter le couple de réaction, ayant pour conséquence une accélération importante de la rotation de l'appareil sur son axe de lacet.

En conclusion, la perte de contrôle en lacet du lynx est la conséquence d'un vol stationnaire, réalisé en dehors du domaine de vol, au-delà de la limitation de masse maximale autorisée de l'appareil.

2.2.4. Conclusion sur les causes aérotechniques

- **S'agissant des performances DES**, les calculs selon les courbes utilisées (manuel de vol et celles du constructeur) donnent des résultats très différents et antagonistes.

En effet, le manuel de vol donne une masse située dans le domaine de vol, alors que le constructeur la positionne nettement en dehors.

Le BEA défense a par ailleurs constaté d'autres incohérences dans les courbes de performances « MMRB ».

Ces courbes sont donc sujettes à caution.

- **S'agissant des performances HES**, quelles que soient les courbes utilisées (manuel de vol ou celles du constructeur), les calculs montrent dans les deux cas que l'appareil évoluait en dehors du domaine de vol.

Deux hypothèses sont alors possibles :

➤ l'appareil est en stationnaire DES :

- ⇒ soit, d'après le manuel de vol, la procédure de calcul donnant une marge de 190 kg en dessous de la masse maximale autorisée pour un vol stationnaire continu DES n'est pas applicable (elle n'est pas décrite dans la partie « MMRB »),
- ⇒ soit les courbes sont fausses (ce qui explique la différence des résultats avec les courbes fournies par le constructeur).

ou

➤ l'appareil est en stationnaire HES :

- ⇒ soit l'évaluation de la hauteur a été sous-estimée,
- ⇒ soit il y avait du vent au moment de la mise en stationnaire. Le fait que l'aérologie soit rapidement changeante en montagne, rend cette hypothèse possible. Ainsi, le sens et la force du vent peuvent effectivement avoir changé entre le passage stabilisé et le stationnaire.

L'hypothèse que la perte de contrôle en lacet à droite, en HES ou DES, soit d'origine aérotechnique est CERTAINE.

2.3. CAUSES HUMAINES

Ce chapitre envisage les causes qui ont pu conduire un équipage qualifié à sortir du domaine de vol de son appareil et à ne pas réussir à en reprendre le contrôle lors d'une mission d'entraînement.

2.3.1. Prise en compte partielle des spécificités du vol « montagne »

La faiblesse de l'instruction au vol montagne, l'absence de qualification des équipages à ce type de vol et le manque du suivi de cette activité montrent que le vol en montagne n'est pas considéré comme une activité spécifique.

La programmation du vol, sa préparation et sa réalisation vont être effectuées comme dans l'usage établi. Ainsi, la masse de l'appareil au décollage de Hyères est établie afin de ne pas dépasser la limitation de la masse maximale autorisée au décollage. Cette limitation conditionne la possibilité d'effectuer les vols à faible altitude.

Toutefois, les dangers liés à l'aérologie en environnement montagneux sont pris en compte lors du briefing avant vol. Ainsi, l'équipage se réfère à la procédure de l'IP « vol en montagne en hélicoptère » à laquelle il est formé.

Mais, il ne réactualise pas les calculs de performances pour la réalisation du posé sur la « montagne de Maurel ».

La mission « montagne » n'étant pas pratiquée d'une manière régulière par l'équipage, ce dernier analyse d'une manière inadéquate les paramètres relevés lors du passage stabilisé (procédure détaillée dans l'annexe 1, *Procédure de reconnaissance selon l'IP « le vol en montagne en hélicoptère »*, page 53).

Le caractère spécifique du vol montagne ne semble pas pleinement reconnu par le personnel chargé de l'emploi des hélicoptères de l'aéronautique navale.

2.3.2. Estimation des performances du Lynx par les équipages

Le domaine d'utilisation du Lynx est défini par des courbes de performances insérées dans le manuel UCF AN 110-3.

Depuis sa première édition, en 1999, incluant les performances « CMRB »⁴², de nombreuses critiques ont été adressées au constructeur par les utilisateurs, mettant en évidence des incohérences au niveau des calculs de performances et des difficultés d'exploitation des courbes.

De ce fait, le constructeur a été amené à élaborer et diffuser successivement quatre modifications concernant les courbes de performances du Lynx (l'historique sur l'évolution des courbes est détaillée dans l'annexe 7, *Historique et évolution des courbes*, page 74).

La multiplicité de ces modifications a ainsi engendré une défiance de la part des équipages et de l'encadrement, quant à la validité des courbes de performances.

Par ailleurs, la réalisation effective du panel des missions « marine » a renforcé le sentiment des utilisateurs de disposer d'un hélicoptère surpuissant⁴³.

Ainsi, ils se sont construits une représentation mentale des performances du Lynx basée sur leur expérience en vol, au détriment d'une étude approfondie de la documentation de l'appareil⁴⁴.

⁴² Configuration d'un Lynx avec des pales composites.

⁴³ Des articles dans différentes revues ainsi que l'ensemble des témoignages recueillis font état d'une machine qui permet de faire face à toute situation.

⁴⁴ L'étude des courbes du manuel de vol et celle menée par le constructeur à la demande du BEA défense montre qu'ils surestiment le domaine d'utilisation du Lynx.

Conformément à la procédure ZPEX et aux règles établies par expérience au sein de l'unité, l'équipage évalue, lors de la reconnaissance de l'aire de poser, la marge de puissance dont il dispose pour une éventuelle remise des gaz. Cette marge étant importante, le passage stabilisé est réalisé avec un couple à 55% alors que la remise des gaz peut être effectuée à 110%. De plus, n'ayant pas conscience qu'il peut atteindre la poussée maximale du RAC, l'équipage fait une erreur de jugement⁴⁵ en étant persuadé de pouvoir se poser, avec une marge conséquente, dans le domaine d'utilisation du Lynx.

La performance et la sûreté reconnues de la motorisation du Lynx ont pu, dans la durée, conduire les équipages à une prise en compte trop confiante et parfois instinctive de ses capacités.

2.3.3. Défaut de connaissance des causes possibles d'une perte de contrôle en lacet

D'après les témoignages de l'équipage, le départ en lacet du Lynx se fait lentement et progressivement. Le commandant de bord l'attribue à un phénomène de vent traversier. En effet, toujours d'après son témoignage, ce phénomène n'est pas exceptionnel lors des posés sur des bâtiments en mer. Ainsi, le cas échéant, le commandant de bord témoigne qu'il remet les gaz afin de se présenter à nouveau selon un axe orienté dans le vent. Le jour de l'accident, pensant subir ce type de phénomène, le commandant de bord ordonne au pilote de remettre les gaz ce qui, dans le cas présent, accentue la perte de contrôle en lacet.

Cette « corrélation illusoire⁴⁶ » est favorisée par l'absence de sensibilisation et de formation des équipages au phénomène de limitation de poussée du RAC et, en général, aux phénomènes de perte d'efficacité de ce dernier.

⁴⁵ Le jugement est une activité mentale par laquelle une personne reconnaît, évalue et analyse des éléments en fonction des informations disponibles et de ses savoir-faire.

⁴⁶ Interprétation erronée visant à lier deux phénomènes qui, dans les faits, sont indépendants.

Ainsi, ils n'ont pas conscience de pouvoir atteindre la poussée maximale du RAC avant la limite de puissance des moteurs. De plus, leur entraînement⁴⁷ ne prévoit pas d'exercice de panne associée au RAC.

La corrélation illusoire, du départ en lacet lié au vent traversier, et non à la sortie du domaine de vol, amène le commandant de bord à ordonner la remise des gaz, ce qui accélère la rotation en lacet du Lynx.

Les origines possibles de la perte d'efficacité du rotor anti-couple d'un hélicoptère sont mal connues des équipages.

2.3.4. Conclusion sur les causes humaines

- **L'application partielle des spécificités du vol en montagne,**
 - **un excès de confiance des équipages dans les capacités du Lynx,**
 - **une connaissance insuffisante de certains aspects techniques relatifs à la motorisation et l'efficacité du RAC d'un hélicoptère,**
- ont pu conduire à une réaction inappropriée de l'équipage et ainsi concourir à l'accident.**

⁴⁷ Instruction permanente « entraînement -instructions » des équipages de Lynx.

3. CONCLUSION

3.1. ELEMENTS ETABLIS UTILES A LA COMPREHENSION DE L'EVENEMENT

3.1.1. Cadre de la mission et environnement

- L'équipage du Lynx n° 620 est qualifié pour la mission programmée.
- La mission est réalisée en environnement montagneux.
- Le caractère spécifique du vol en montagne a fait l'objet d'une application partielle.
- L'équipage de conduite a une faible expérience du vol en montagne, le dernier remontant à l'année 2000.
- Lors du briefing avant vol :
 - ⇒ le devis de masse est effectué pour le décollage de Hyères,
 - ⇒ l'aérologie en milieu montagneux est étudiée,
 - ⇒ la limite de masse maximale autorisée en stationnaire pour la zone de poser n'est pas établie.

3.1.2. Navigation jusqu'au premier posé sur la ZPEX

- Le premier posé doit être effectué sur le lieu-dit « montagne de Maurel » à l'altitude 1750 mètres (≈ 5 800 ft).
- Un passage stabilisé est effectué afin de déterminer entre autres :
 - ⇒ la direction et la force du vent,
 - ⇒ une estimation de la marge de puissance disponible pour une remise de gaz éventuelle.
- L'équipage de conduite estime que le vent est faible, de secteur Sud, et que la marge de puissance est suffisante pour se poser ou pour une remise de gaz.

3.1.3. Perte de contrôle en lacet

- Lors de la mise en stationnaire, l'appareil se met lentement en rotation continue à droite sur son axe de lacet, alors que le pilote tente, sans succès, de contrer le phénomène aux palonniers jusqu'à la butée mécanique,
- après une rotation de 360° et pensant être confronté à un vent traversier, sur ordre du commandant de bord, le pilote augmente le pas collectif afin de procéder à une remise de gaz avant de se représenter face au vent,
- la vitesse sur l'axe de lacet s'accélère et le Lynx effectue au moins trois tours sur lui-même,
- le commandant de bord donne l'ordre de se poser. L'hélicoptère impacte le sol sur le dévers de la « montagne de Maurel ».

3.2. CAUSES DE L'EVENEMENT

L'accident est la conséquence d'une perte de contrôle en lacet à droite de l'appareil et à un défaut d'identification de la cause de cette perte de contrôle par l'équipage de conduite.

Les conclusions de l'enquête technique, en l'absence d'enregistreur de bord, reposent sur les déclarations de l'équipage et des résultats relatifs aux différentes expertises.

Ces dernières permettent d'affirmer que tous les systèmes de l'appareil étaient intègres jusqu'au moment de la perte de contrôle.

3.2.1. Perte de contrôle en lacet

La perte de contrôle en lacet est due à une augmentation de couple sur le rotor principal pour effectuer le stationnaire afin de se poser. Alors que le palonnier est mis en butée mécanique pour une demande de poussée maximale du RAC, cette dernière ne peut plus compenser l'augmentation de couple. L'appareil se met alors à tourner sur l'axe de lacet.

Ainsi, la perte de contrôle en lacet est due à une sortie du domaine de vol lors de la mise en stationnaire DES, causée par un dépassement de la masse maximale autorisée, compte tenu des éléments d'altitude et de température relatifs à l'aire de poser.

Les causes de cette sortie du domaine de vol sont d'origine humaine :

- les équipages n'ont pas conscience que le domaine d'utilisation du Lynx peut être borné par la poussée du RAC servant à contrer le couple de réaction. Cette méconnaissance favorise leur surestimation des performances du Lynx et l'excès de confiance en ses capacités,
- la perception insuffisante de la spécificité du vol montagne amène :
 - ⇒ à une insuffisance de formation et d'entraînement à cette mission,
 - ⇒ l'encadrement de proximité à ne pas suivre de façon formalisée ce type de vol et à ne pas tenir compte de l'expérience des équipages pour leur désignation,
 - ⇒ l'équipage à préparer et à réaliser la mission sans réactualisation des performances de l'aéronef,
- depuis plusieurs années, les modifications successives ont pu amener une défiance des équipages vis-à-vis de ces courbes, puisque l'équipage n'a pas calculé les limites de performance pour la mission en montagne.

3.2.2. Défaut d'identification de la cause de la perte de contrôle en lacet

L'erreur de représentation de la situation amène le commandant de bord à élaborer un plan d'action erroné. Il attribue le départ en rotation sur l'axe de lacet au vent traversier et non à une sortie du domaine de vol. Cette erreur de représentation amène le commandant de bord à ordonner la remise des gaz ce qui accélère la rotation en lacet du Lynx.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Les incohérences constatées au niveau des courbes de performances ont conduit le BEA défense à organiser une concertation au cours de laquelle il a été demandé :

- au constructeur, de déterminer les performances de l'appareil en fonction des paramètres du moment et du moteur ;
- à la marine nationale, dans l'attente de réponse du constructeur, de fixer des limitations d'emploi aux Lynx.

Par message⁴⁸, ALAVIA limite le domaine d'emploi des Lynx équipés de pales métalliques (annexe 9, *Message d'ALAVIA limitant l'emploi des Lynx équipés de pales métalliques*, page 77).

4.1. MESURES DE PREVENTION AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT

L'enquête montre que les pilotes de Lynx n'ont pas conscience que dans certaines conditions, la première limite atteinte est celle liée à la poussée du RAC et non celle correspondante à la puissance disponible des moteurs. Ainsi, dans cette condition, la remise de puissance peut aggraver une situation déjà critique.

D'autres enquêtes du BEA défense sur des événements similaires ont montré que cette méconnaissance est répandue parmi la population des pilotes d'hélicoptère.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

- **que ce phénomène soit inséré dans la formation initiale et fasse l'objet d'une large diffusion afin que tous les pilotes d'hélicoptères en aient connaissance,**
- **qu'une procédure soit établie pour faire face à ce phénomène.**

⁴⁸ Message n° 0049 NP 2904 – ALAVIA/CEM

4.1.1. S'agissant de la préparation des vols

Le bureau enquêtes accidents défense recommande :

de rappeler aux équipages que le calcul systématique des performances de l'appareil :

- **fait partie intégrante de la préparation des vols,**
- **doit être réactualisé en cours de vol.**

4.1.2. S'agissant des courbes de performances

Les courbes de performances permettant de déterminer la « masse maximale pour décollage vertical et stationnaire DES et HES » et celles de la « masse maximale en vol stationnaire continu DES et HES » dans la partie « MMRB » sont sujettes à caution.

De plus, la procédure permettant de déterminer les performances DES des Lynx équipés de pales métalliques, n'est pas définie.

Dans ce cadre, le bureau enquêtes accidents défense demande :

qu'une action soit entreprise vers le constructeur pour :

- **valider les courbes existantes dans le manuel de vol « UCF 110-3 »,**
- **dans le cas contraire, de fournir les courbes de performances corrigées.**

Des courbes à « lecture directe », permettant de s'affranchir du passage préalable dans les courbes HES, devront être privilégiées.

4.1.3. S'agissant du vol « montagne »

L'enquête montre que les vols en montagne ne sont pas considérés et pris en compte comme étant des vols particuliers.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande plus particulièrement à l'aéronautique navale :

- **de déterminer un entraînement spécifique pour l'acquisition et le maintien des compétences au vol en environnement montagneux,**
- **d'en formaliser la documentation associée.**

4.1.4. S'agissant de l'entraînement à la perte de contrôle de l'axe de lacet

L'absence d'entraînement aux procédures de « pannes RAC », a conduit ALAVIA à améliorer le simulateur Lynx permettant de pallier cette déficience. Ainsi, depuis début 2005, les pilotes de Lynx s'entraînent à ces procédures.

Le BEA défense appuie cette disposition et recommande de la maintenir.

4.2. MESURES DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT A L'EVENEMENT

4.2.1. S'agissant des équipements de vol et de survie ⁴⁹

Le bureau enquêtes accidents défense recommande :

que l'approvisionnement et la logistique des équipements de vol et de survie puissent respecter le renouvellement défini⁵⁰ de ces effets.

Nota : cette recommandation est comparable à celle du CPSA/MAR pour l'accident du Lynx n° 803, le 28 décembre 1999. L'appareil avait pris feu. Un des pilotes est brûlé vif et le reste de l'équipage est gravement brûlé. La recommandation du CPSA/MAR est reproduite in extenso en annexe 10, Extraits des recommandations du CPSA/MAR suite à l'accident du Lynx n° 803, page 78.

4.2.2. S'agissant de la balise de détresse ADEL T

Les investigations ont montré que la balise de détresse de type ADEL T ne se déclenche pas à l'impact, mais uniquement au contact de l'eau.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande que :

la balise de détresse équipant le Lynx puisse se déclencher lors d'un impact au sol, comme au contact de l'eau.

⁴⁹ Note express n° 1249/ ALAVIA/ENT/SECU/PTF/NP du 15 juin 2004 relatif au compte rendu de la commission de sécurité "hélicoptères" des 26 et 27 mai 2004.

⁵⁰ Document de référence : TAB AN 121.

Page intentionnellement blanche

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT FINAL D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-M-2004-017-A



ANNEXES

ANNEXES

1- Procédure de reconnaissance selon l'IP « le vol en montagne en hélicoptère »	page 53
2- Fiche de relevé des performances	page 54
3- Calcul du devis de masse	page 55
4- Calcul de la masse estimée du Lynx n° 620 en arrivant sur la montagne de Maurel	page 56
5- Résultats des investigations demandées par le BEA défense	page 57
6- Calcul de la masse maximale en vol stationnaire continu DES selon les courbes du manuel de vol	page 73
7- Historique et évolution des courbes	page 74
8- Vols d'entraînement à l'utilisation de zone de poser exigüe	page 76
9- Message d'ALAVIA limitant l'emploi des Lynx équipés de pales métalliques	page 77
10- Extraits des recommandations du CPSA/MAR suite à l'accident du Lynx n° 803	page 78

1. PROCEDURE DE RECONNAISSANCE SELON L'IP « LE VOL EN MONTAGNE EN HELICOPTERE »

La procédure de reconnaissance selon cette instruction permanente est la suivante :

- désignation de la zone (localisation géographique et topographique),
- estimation de l'altitude (calage 1013 hPA),
- sécurité air et sol (trafic aérien, oiseaux, lignes électriques, etc.),
- définition de l'aire de poser (type),
- choix de l'évolution (évolution-type adaptée aux observations précédentes, volume du circuit, hauteur par rapport à l'aire de poser),
- calcul de puissance (fonction du travail à effectuer),
- estimation du vent sur le terrain,
- position du soleil,
- nature du terrain sur l'aire de poser,
- aérologie (zones de turbulences, de rabattants, secteurs favorables).

En déduire : le choix des axes de travail.

2. FICHE DE RELEVÉ DES PERFORMANCES

PPI P620 Contrôle Performances Vol

effectué le 07/07/04 suite à : permutation gégulateur TL
 N° Aéronef : P620 N° GTM1 : 7106 N° GTM2 : 7027
 Hres cellule : 5650,3 Hres GTM1 : 3257,9 Hres GTM2 : 4275,6

	Altitude	T ext.	NR	NH	T6	TQ		T6	NH
GTM1 Essai 1	2300ft	24 °C	101,00	101,0	625 °C	125%		130,5	120,0
Essai2	2100ft	24 °C	101,00	101,0	625 °C	125%		130,5	119,5
GTM2 Essai 1	2000ft	24 °C	101,50	101,5	675 °C	110%		102,0	105,5
Essai2	1800ft	24 °C	101,50	102,0	675 °C	110%		101,0	102,0

Contôler si : NH = 102,8 ou T6 = 675 ° ou TQ = 125%

et Altitude < 3000ft et NR > 100%

Résultats mini autorisés :

T6 supérieur ou égal à 94%

Nh supérieur ou égal à 100%

MOYENNES		Derniers	Actuels
GTM1	T6	129,3	130,3
	NH	120,3	119,8
GTM2	T6	105,0	101,5
	NH	103,0	103,8

VISA BOT

VISA CST

3. CALCUL DU DEVIS DE MASSE

Calcul du devis de masse effectué par l'équipage au moment du briefing

Masse à vide	3 290 kg
siège 4° homme	8 kg
Treuil	40 kg
siège sonariste équipé d'un canot individuel	25 kg
reservoir supp vide	34 kg
Affaire +Documentation	5 kg
lot radio trap113+vhf16	19 kg
Masse de l'équipage	<u>350 kg</u>
Masse de l'appareil en ordre de marche	3 771 kg
Masse du kérosène	<u>1 080 kg</u>
Masse totale au décollage	4 851 kg

Calcul du devis de masse effectué par le groupe d'enquête

Masse à vide	3 290 kg
siège 4° homme	8 kg
Treuil	40 kg
siège sonariste équipé d'un canot individuel	25 kg
réservoir supp vide	34 kg
Affaire + documentation	5 kg
lot de campement (bache + barre)	14 kg
VHF guerre TRAP 113	13 kg
GPS	2 kg
3 canots individuels (10 kg)	<u>30 kg</u>
Masse de l'appareil + équipement mission	3 461 kg
Masse de l'équipage (4*80)	<u>320 kg</u>
Masse de l'appareil en ordre de marche	3 781 kg
Kérosène	<u>1 080 kg</u>
Masse totale au décollage	4 861 kg

La différence de masse (10 kg) se situe dans la masse des équipements radio (VHF guerre TRAP 113, GPS⁵¹ et VHF 16) et du lot de campement.

⁵¹ GPS : *global positioning system* (système de positionnement mondial par satellite).

4. CALCUL DE LA MASSE ESTIMEE DU LYNX N° 620 EN ARRIVANT SUR LA MONTAGNE DE MAUREL

Le calcul de la masse du Lynx au départ de Hyères, fait par le groupe d'enquête et détaillé dans l'annexe précédente, donne un poids 4 861 kg.

La consommation moyenne de carburant est estimée à 300 kg/h. Le vol durant 1h10, on peut donc estimer que 350 kg de kérosène sont consommés.

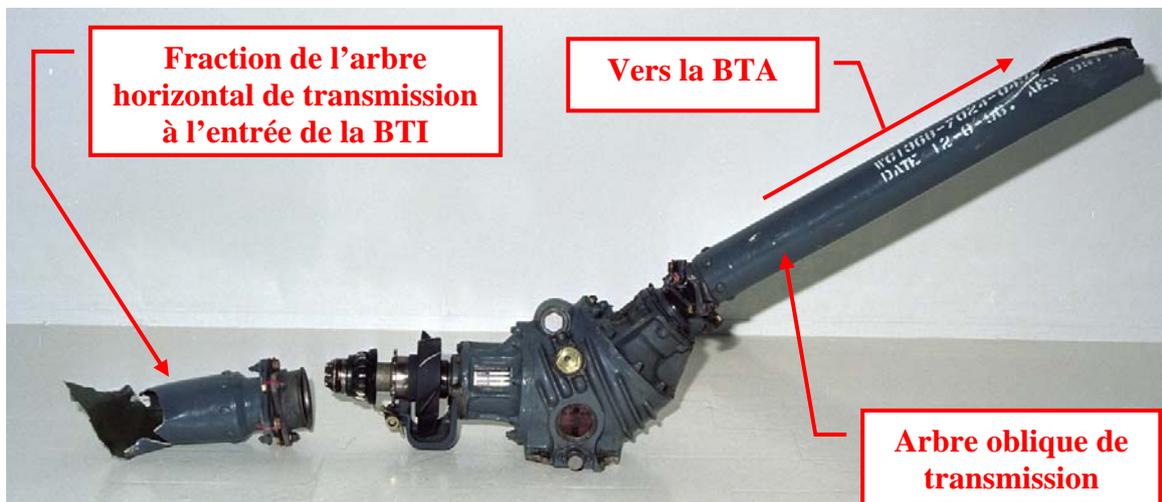
Ainsi, la masse estimée du Lynx n° 620, en arrivant sur la « montagne de Maurel », est de 4 511 kg (= 4861 kg – 350 kg).

5. RESULTATS DES INVESTIGATIONS DEMANDEES PAR LE BEA DEFENSE

5.1. EXPERTISES REALISEES PAR LE CENTRE D'ESSAIS DES PROPULSEURS DE SACLAY

5.1.1. La boîte de transmission intermédiaire

La boîte de transmission intermédiaire (BTI) référence WG 0368 porte le numéro de série : n° 0014-541. Elle est livrée avec une partie de l'arbre d'entraînement qui la lie à la boîte de transmission arrière (BTA).



Aspect de la BTI avant l'expertise

- Son carter présente quelques endommagements extérieurs, notamment les quatre pattes de fixation à la cellule, brisées par surcharge statique lors de l'éjection de la BTI consécutive à l'impact. Il contient encore de l'huile.
- Deux ailettes du ventilateur situé sur l'arbre d'entraînement de la BTI sont brisées par surcharge statique suite à l'impact au sol.

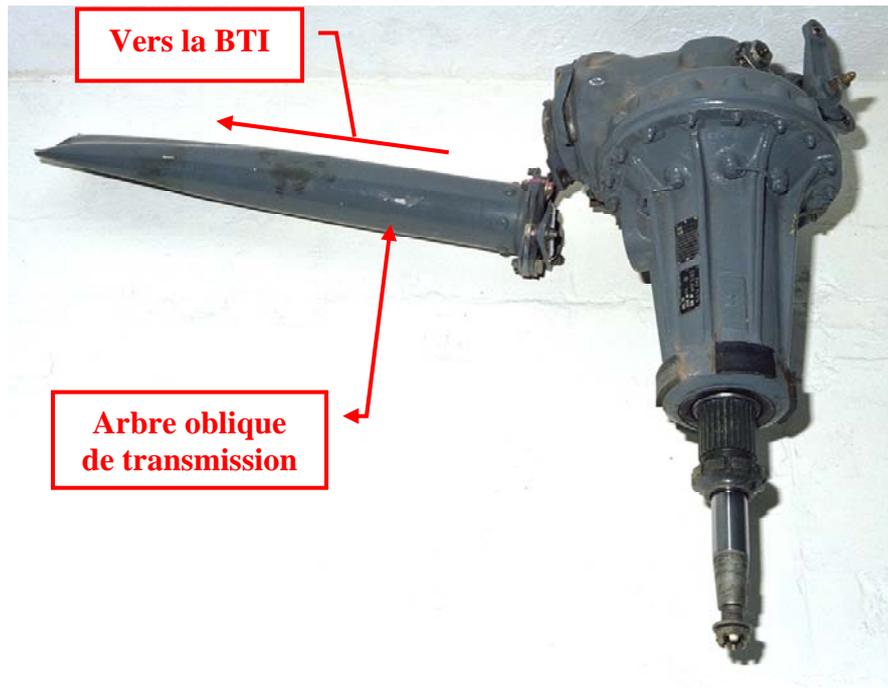
- L'entraînement de la BTI est légèrement marqué sur son cône d'entrée dans le plan de pliage de l'arrière de la poutre. Les dents du pignon présentent des traces d'usure normales de fonctionnement.
- Le système de verrouillage centrifuge est marqué par un impact au droit du logement d'un des deux cliquets de blocage. Le cliquet au droit de cet impact est bloqué en position « rentré ». Le second taquet se manœuvre normalement.
- Le levier de blocage de l'entraînement de la BTI est intègre. Seule une griffe de son ressort, à la suite de l'impact, a été désengagée de son accrochage. Remise à son emplacement, le levier de blocage fonctionne correctement.
- Le bouchon magnétique est en place, son secteur aimanté est fléchi suite au choc lors de l'impact au sol. Il ne retient pas de particule magnétique.
- Les pignons spiraux coniques constituant le renvoi sont en excellent état et ne présentent que des traces normales de fonctionnement.

La BTI, sollicitée manuellement par son pignon d'entraînement, est libre en rotation, sans point dur anormal.

Le démontage et l'examen de ces composants internes montrent un bon état d'entretien.

5.1.2. La boîte de transmission arrière

La boîte de transmission arrière (BTA) référence WG 0068-0400 .55 porte le numéro de série : n° WAG 252.



Aspect de la BTA avant l'expertise

La BTA contient encore de l'huile. Sollicitée manuellement, elle est libre en rotation, sans point dur anormal.

- Le levier de commande de changement de pas est libre en déplacement.
- L'arbre du rotor anti-couple est en bon état : les dentures de l'accouplement sont intègres et ne présentent que des traces d'usure normale de fonctionnement.
- La bride d'accrochage de la liaison souple est brisée sur environ 200°. Les lèvres des cassures des deux oreilles sont inclinées à 45°, indiquant une rupture statique consécutive à l'accident.

Son ouverture montre un parfait état intérieur. Les dentures de l'accouplement interne sont en bon état, sans usure anormale. Le levier interne de changement de pas est correctement connecté à ses deux extrémités et s'articule normalement.

La BTA est dans un bon état général extérieur et les endommagements visibles, notamment la rupture de son point d'accrochage avant gauche à la cellule, ne sont que la conséquence de l'accident.

5.1.3. Transmissions

- La fraction livrée de l'arbre horizontal à l'entrée de la BTI est rompue et déchiré en flexion statique, sans indice de torsion, à environ 50 cm du système de verrouillage centrifuge. Les dents de l'accouplement sont intègres et ne présentent que des traces normales de fonctionnement. L'accouplement souple type « flector » est intègre. Les lamelles métalliques et les brides ne sont ni brisées ni déformées, indiquant ainsi son désaccouplement instantané lors de l'éjection de la BTI.
- L'arbre oblique entre la BTA et la BTI est brisé en deux parties, à environ 60 cm de la bride de liaison avec la BTI. La section rompue est aplatie longitudinalement sur environ 32 cm, et déchirée axialement sur environ 10 cm. Les lèvres de la cassure sont inclinées à 45°, montrant une rupture en flexion lors de l'arrachement du pylône. Les deux morceaux de l'arbre sont restés accrochés par leur accouplement souple respectivement à la BTI et à la BTA.



Arbre oblique de transmission aplati et rompu en flexion statique

La non déformation en torsion d'un arbre creux en alliage d'aluminium n'est pas représentative d'une absence de couple transmis. Ces ruptures sont connues sur les arbres en aluminium.

La bride de liaison à la BTI est rompue sur les 2/3. Les cassures des deux oreilles sont inclinées à 45°, indiquant une rupture statique en flexion. Les lamelles métalliques de l'accouplement souple sont toutes rompues entre deux points d'accrochage et déformées en compression entre les autres points de fixation.

- La bride de liaison à la BTA est brisée en 3 morceaux. Les cassures inclinées à 45° indiquent une rupture statique. Les lamelles métalliques sont intègres, faiblement déformées.

Tous les endommagements des arbres de transmission ne sont que des conséquences de l'accident.

5.1.4. Moyeu rotor arrière

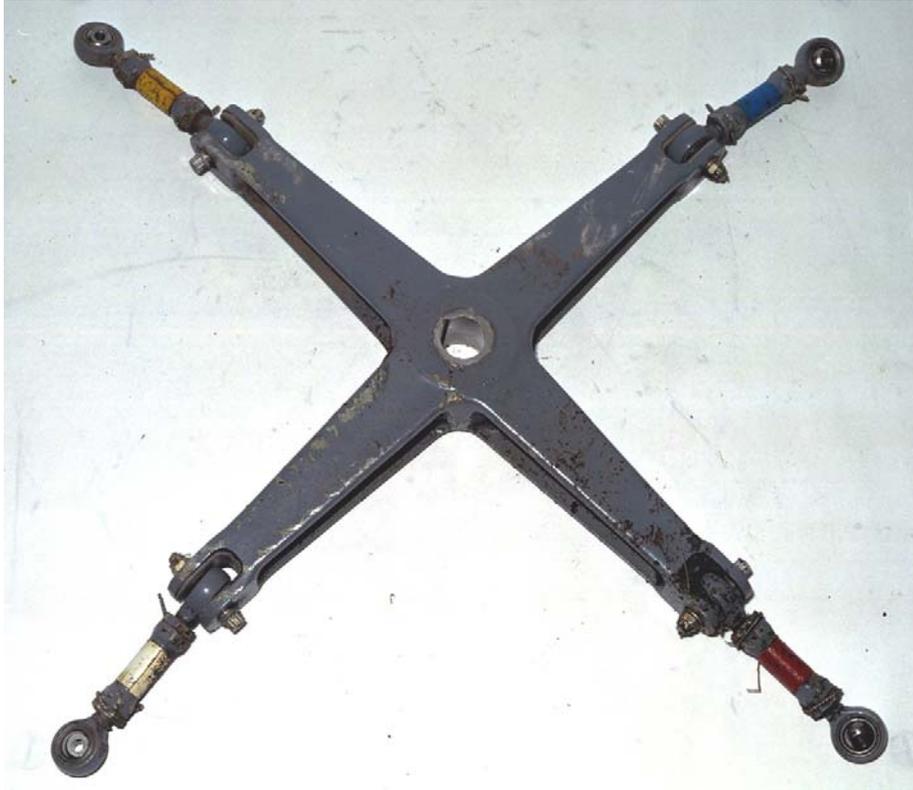
Le moyeu rotor arrière (MRA), référence WG 0039-0115 .067, porte le numéro de série : n° WAH 311.

Le moyeu rotor arrière ne présente pas de particularité :

- les articulations de chaque pale sont parfaitement mobiles suivant les axes de battement et de pas et sont correctement graissées,
- les manchons de pales et les faisceaux torsibles sont en parfait état et correctement graissés.

5.1.5. Le croisillon de commande des pales

Le croisillon de commande de pales n'a subi aucune déformation. Les bras sont partiellement recouverts de terre compactée et de débris végétaux. Les biellettes de commande des pales sont en place, correctement connectées. Elles ne sont pas flambées et toutes les rotules sont en excellent état.



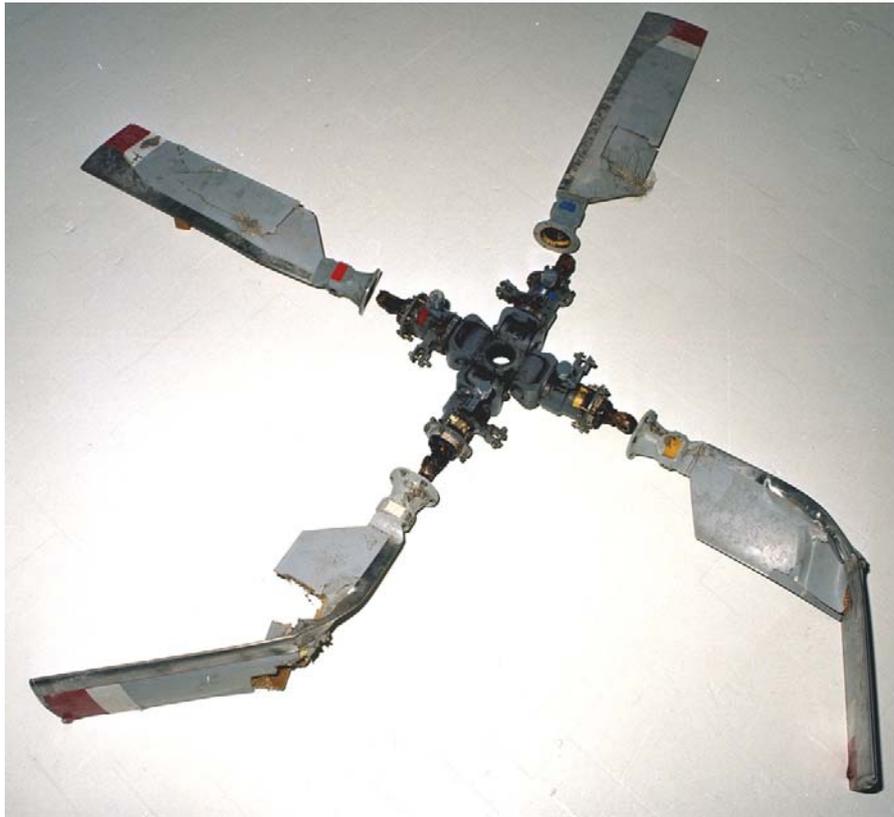
Craisillon de commande des pales

5.1.6. Pales du rotor anti-couple

Les quatre pales ont été livrées déposées du moyeu rotor arrière.

L'ordre de passage des pales est le suivant : jaune, blanche, rouge et bleue.

- **La pale bleue** est partiellement recouverte de terre compactée et de débris végétaux. Elle est très légèrement flambée vers la droite. Le bord d'attaque et le bout de pale ne présentent pas de trace de choc. Le revêtement est déchiré sur environ 15 cm côté bord de fuite consécutivement à un choc secondaire.



Moyeu du rotor arrière avec les pales déposées

- **La pale rouge** est également partiellement recouverte de terre compactée et de débris végétaux. Elle est fléchie vers la droite à environ 25 cm du pied de pale selon un angle d'environ 30°. La pale est également déformée en traînée d'environ 30°.
- **La pale blanche** est fléchie vers la gauche d'environ 15° à 30 cm du pied de pale. Elle est également vrillée d'environ 90° vers le grand pas. Le profil de la pale est déchiré et le revêtement est partiellement absent dans la zone de déformation.
- **La pale jaune** est fléchie vers la gauche d'environ 10° et vers le bord de fuite d'environ 60°, à environ 50 cm du pied de pale. Elle est également vrillée vers le grand pas d'environ 70°. La pale présente également des traces diverses d'impacts et des déchirures de son profil consécutives aux déformations et aux chocs lors de l'accident.

Tous les endommagements des pales ne sont que des conséquences de l'accident. Les déformations croissantes en vrillage d'une pale à l'autre traduisent la rotation du rotor, après la séparation du pylône, lorsque les pales ont heurté le sol.

5.1.7. Bielles de commande de lacet

Les trois bielles de commande ont été livrées démontées accompagnées d'un guignol de renvoi.

Ces trois bielles sont de longueur inégale. Aucune remarque particulière n'est à signaler. Seule la bielle la plus courte est fléchie d'environ 15° à 15 cm de la rotule. Cet endommagement est consécutif à l'accident.

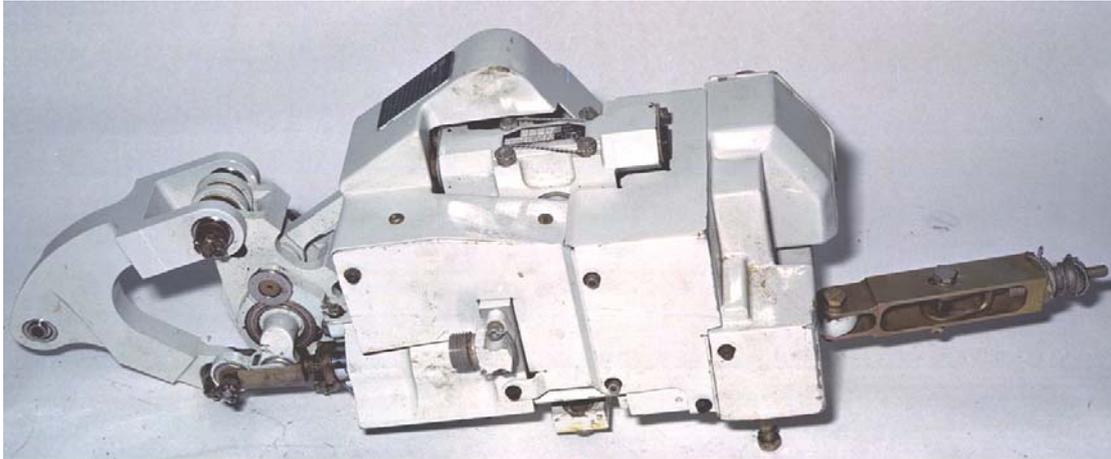


Bielles de commande de lacet

5.1.8. Servocommande de commande du mat rotor arrière

La servocommande de commande du mat rotor arrière, référence : 45549 H1 1886, porte le numéro de série : n° FYH 108 694.

La servocommande présente un excellent aspect extérieur. Elle n'a subi aucun endommagement. Les timoneries de commande et de puissance sont correctement connectées et les tiges des vérins de puissance sont en bon état.



Servocommande de commande du mat rotor arrière

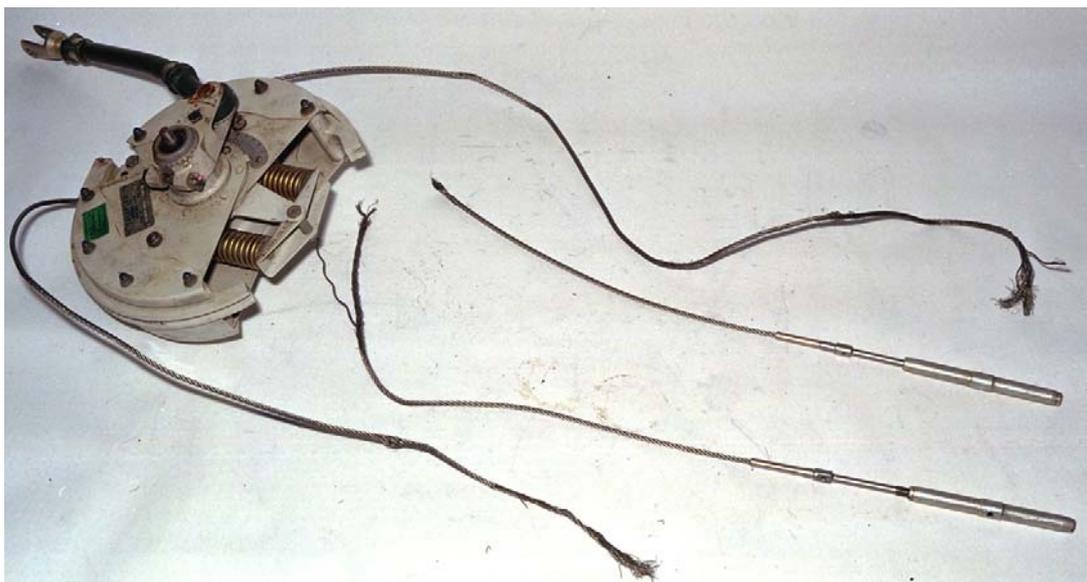
5.1.9. Tendeur régulateur de câble

Le tendeur régulateur de câble, référence : E 178 351.ISS.1, porte le numéro de série : n° 210/78

L'ensemble a été livré équipé de ses câbles rompus et de la bielle de liaison avec les biellettes de commande de pas du RAC. La bielle de sortie est légèrement fléchie selon un angle d'environ 15°. L'examen à la loupe binoculaire montre que les câbles se sont rompus en traction lors de l'arrachement du pylône.

Les deux câbles livrés séparément se sont rompus en traction à la suite de l'arrachement de la poutre de queue.

Le tendeur régulateur est en parfait état, sans endommagement extérieur.



Tendeur régulateur de câble

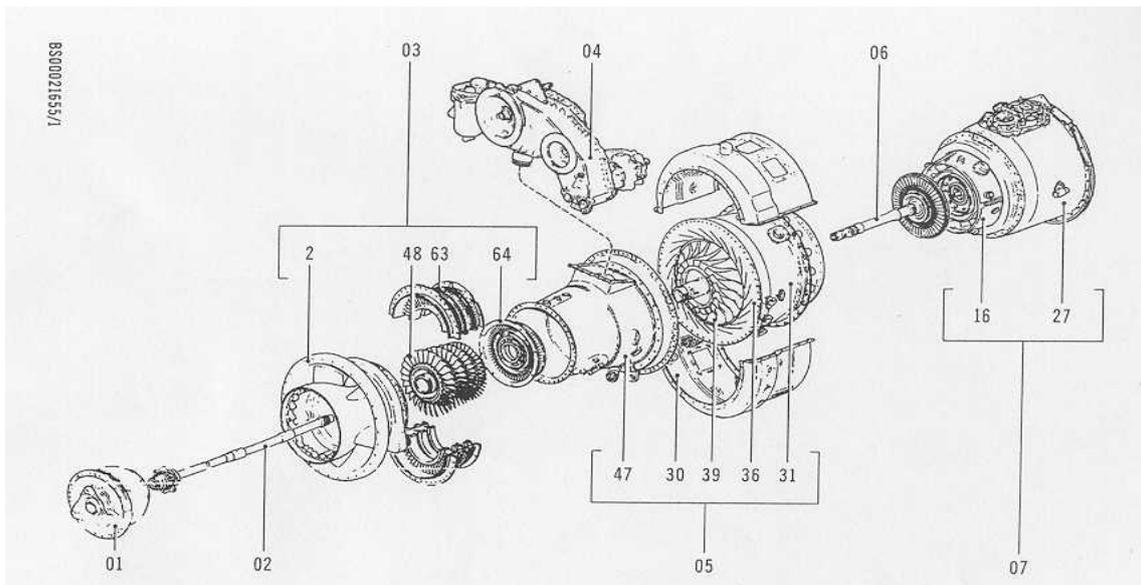
5.1.10. Examen des fluides

L'examen des fluides prélevés dans les BTA, BTI et GTM n'a pas montré de particularité, hormis le taux en magnésium du prélèvement effectué sur la BTI, supérieur au taux du fluide prélevé dans la BTA. Ce taux élevé n'est toutefois pas représentatif d'un endommagement interne de la BTI. Cette dernière présente lors de son ouverture, un parfait état.

5.2. EXPERTISES REALISEES PAR L'ATELIER INDUSTRIEL DE L'AERONAUTIQUE DE BORDEAUX

5.2.1. Expertises menées sur les deux moteurs et sur les régulateurs.

Cette partie synthétise les résultats des différentes vérifications techniques réalisées à l'atelier industriel de l'aéronautique (AIA) de Bordeaux.



Composition du moteur GEM

Les observations et résultats des examens sur les deux moteurs et les régulateurs de l'hélicoptère permettent d'établir les constats mentionnés aux paragraphes suivants.

5.2.1.1. Bilan des observations et résultats des examens sur le GEM 7027

L'examen du moteur révèle une importante dégradation du moteur avec pour caractéristiques les endommagements suivants :

- la déformation de l'arbre de turbine libre (module 02), du flasque d'accouplement avant (module 01) et du flector (hors module),
- de nombreux impacts sont notés sur les quatre étages du compresseur BP⁵² et, en moindre mesure, sur le compresseur HP⁵³,
- une surchauffe importante au niveau des parties chaudes du moteur. Les pales de turbine HP, BP et TL⁵⁴ ont surchauffé ainsi que les distributeurs correspondants,
- un encrassement de la veine d'air avant avec le dépôt d'un produit visqueux dans le circuit de pressurisations P2,
- une pollution à l'arrière moteur constituée de divers débris internes au moteur et de la présence de terre,
- un dépôt de cokéfaction au point bas du carter inter étage.

La torsion de l'arbre TL (module 02) et la déformation de l'accouplement d'entrée (module 01) sont les conséquences d'un surcouple consécutif au choc subi par les pales du rotor principal lors du premier contact de la cellule avec le sol.

L'arrêt brutal de la TL entraîne immédiatement, par le circuit de régulation, un apport supplémentaire en carburant. Ce dernier peut expliquer un début de surchauffe qui va se prolonger avant la réduction totale par la manette des gaz (effectuée après apparition d'un feu au sol). Durant cette période où la TL est bloquée, les ensembles mobiles BP et HP tournent encore et le feu interne se propage jusqu'à la destruction totale des distributeurs. Il est probable que le feu ait également été entretenu par le passage de l'huile dans la veine d'air consécutif à la rupture des tuyauteries de passage d'huile à l'intérieur du distributeur BP.

⁵² BP : basse pression.

⁵³ HP : haute pression.

⁵⁴ TL : turbine libre.

Les impacts observés sur le compresseur BP, et dans une moindre mesure sur le compresseur HP, sont consécutifs à l'absorption de corps étrangers lors de la phase de basculement et de retournement de la cellule à l'impact au sol.

L'encrassement retrouvé dans la veine d'air est vraisemblablement un amalgame de produit d'extinction et de terre. Il est présent dans tout le circuit de pressurisation P2.

La cokéfaction retrouvée au bas du carter inter étage relève d'un caractère plus ancien et ne semble pas avoir eu d'incidence sur le comportement du moteur.

L'hypothèse d'une surchauffe en vol a été envisagée lors de l'examen de ce moteur. Il ressort qu'au moment du départ en lacet, les paramètres avions étaient nominaux.

L'augmentation de puissance demandée en phase finale s'est peut-être traduite par l'atteinte de limitation T6 avec un début d'endommagement. Une surchauffe en vol n'a pourtant pas été signalée (le pilote ne dispose pas d'alarme sonore).

L'examen du suivi des performances moteur montre que le PPI NH a très peu évolué et que le PPI T6 a diminué de 8 points en 515 heures. Cette évolution n'apparaît pas anormale. Le dernier vol technique fait état d'un PPI T6 de 101.5% et d'un PPI NH de 103.8% (voir annexe 2, *Fiche de relevé des performances*, page 54).

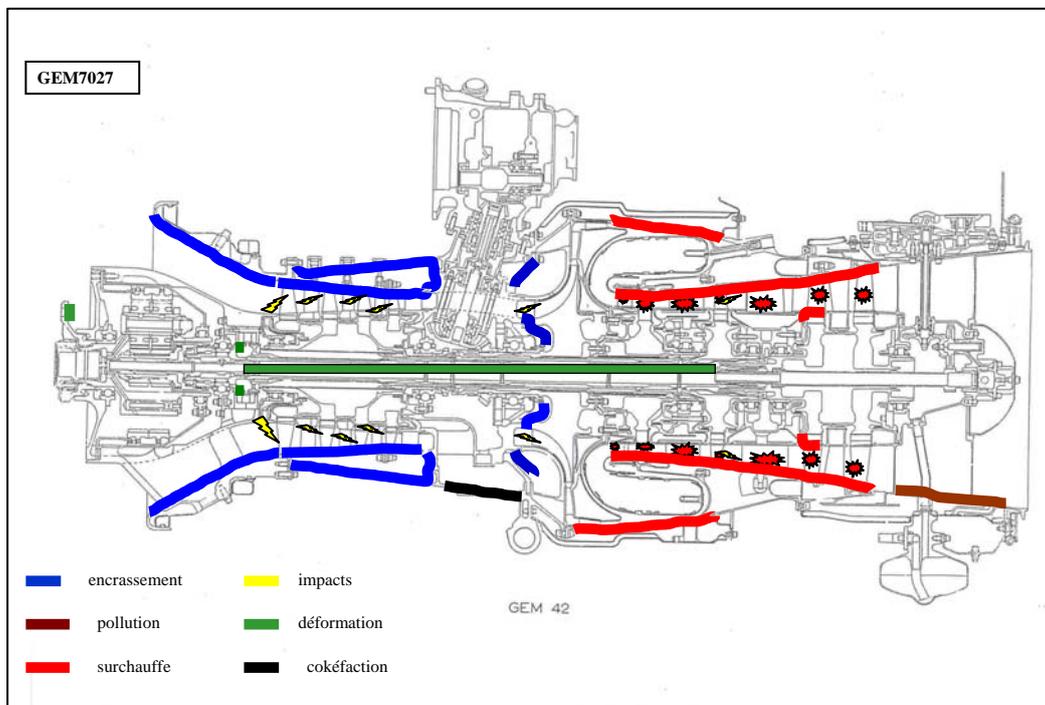
Les limitations d'acceptation en vol sont respectivement 94% pour le T6 et 100% en NH.

L'examen du moteur ne remet pas en cause ce niveau de performance. L'ensemble compresseur BP, bien qu'endommagé par l'absorption de corps étrangers et pollué par le passage du produit d'extinction, reste dans un état de fonctionnement satisfaisant. Les jeux en bout d'aubages sont corrects et les abradables sur le stator sont dans un très bon état. Par ailleurs le jeu sur le couvercle HP est satisfaisant.

La seule inconnue reste l'état des parties chaudes et notamment celui des pales de turbine HP. Leur destruction et celle du distributeur BP ne peuvent s'expliquer qu'en phase finale : aucun battement de pression d'huile n'a été signalé par les pilotes, ce qui aurait été signalé si la destruction du distributeur BP, et donc des tuyauteries d'huile inter carter, avaient eu lieu en vol.

En conséquence, les dégradations relevées sur GEM7027 sont les conséquences d'un arrêt brutal de la turbine libre, suivi d'un feu entretenu par le passage d'huile dans la veine d'air du moteur.

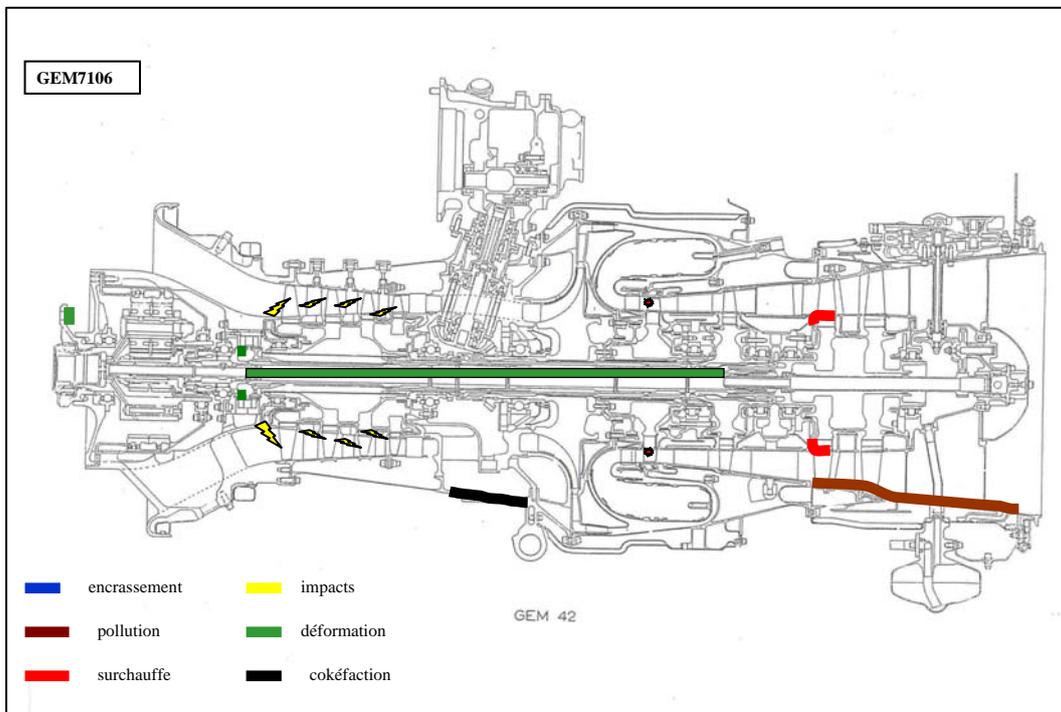
Le niveau de performance relevé avant l'avarie sur le GEM7027 n'est pas remis en cause par l'examen du moteur.



5.2.1.2. Bilan des observations et résultats des examens sur le GEM 7106

L'examen du moteur révèle peu de dégradation du moteur, les éléments marquants concernent les endommagements suivants :

- la déformation de l'arbre de turbine libre (module 02) et du flector (hors module),
- de nombreux impacts sont notés sur les quatre étages du compresseur BP,
- un début de surchauffe des pales de turbine HP,
- une pollution à l'arrière moteur constituée principalement de terre,
- un dépôt de cokéfaction au point bas du carter inter étage.



La torsion de l'arbre TL (module 02) est la conséquence d'un surcouple consécutif au choc subi par les pales du rotor principal lors du premier contact de la cellule avec le sol.

Les endommagements sur les pales HP et la dégradation des bords de fuites sur le distributeur HP sont caractéristiques d'un début de surchauffe. Il reste difficile de faire la part de l'endommagement constaté entre la demande de puissance au moment de l'avarie et une surchauffe au sol lors du renversement. Les dégradations sont restées très localisées et le moteur s'est arrêté de lui-même.

Les impacts observés sur le compresseur BP sont consécutifs à l'absorption de corps étrangers lors de la phase de basculement et de retournement de la cellule lors de l'impact au sol.

La pollution par de la terre est due aux tentatives d'extinction effectuées par les opérateurs après l'accident. Les différentes manipulations du moteur peuvent expliquer la présence de cette terre dans la chambre de combustion et dans les parties chaudes.

La diminution de dureté retrouvée sur les pieds de sapin du 1er étage de la turbine peut s'expliquer par l'arrivée d'air de pressurisation (IP) chargé d'huile; cela n'a pas eu de conséquence sur le fonctionnement du moteur.

La cokéfaction retrouvée au bas du carter inter étage relève d'un caractère plus ancien, et n'a pas eu d'incidence sur le comportement du moteur.

Alors que pour le GEM7027 la surchauffe du moteur est évidente, pour le GEM7106, on constate des signes de début de surchauffe. Celle observée sur les pales de turbine HP peut s'expliquer par l'arrêt brusque du moteur et par l'obstruction de l'entrée d'air après retournement de l'appareil.

Ce début de surchauffe peut expliquer également l'état du distributeur HP dont certains bords de fuites sont dégradés.

L'examen de la ligne T6 sur le moteur n'a pas révélé d'anomalie :

- le contrôle électrique du harnais T6 est satisfaisant,
- le contrôle électrique de la connexion couple-mètre n'a pas mis de déféctuosité en évidence.

L'examen des compresseurs BP et HP ne révèle pas d'anomalie de fonctionnement (hors impacts). L'état des pales HP, hors surchauffe, reste correct (confirmé par l'absence de frottement sur les segments HP et d'usure notable du sommet des pales HP).

La dégradation du distributeur HP reste connue, mais ne peut pas totalement expliquer une éventuelle baisse de performances initiale, car il pourrait s'agir d'une dégradation récente qui a eu lieu au moment de l'avarie. En outre, une augmentation significative de la T6 en vol n'a pas été signalée par les pilotes.

Les dégradations observées sur le GEM7106 sont consécutives à l'arrêt brutal de la turbine libre, tandis que le début de surchauffe est plus probablement la conséquence du choc initial avant l'extinction du moteur.

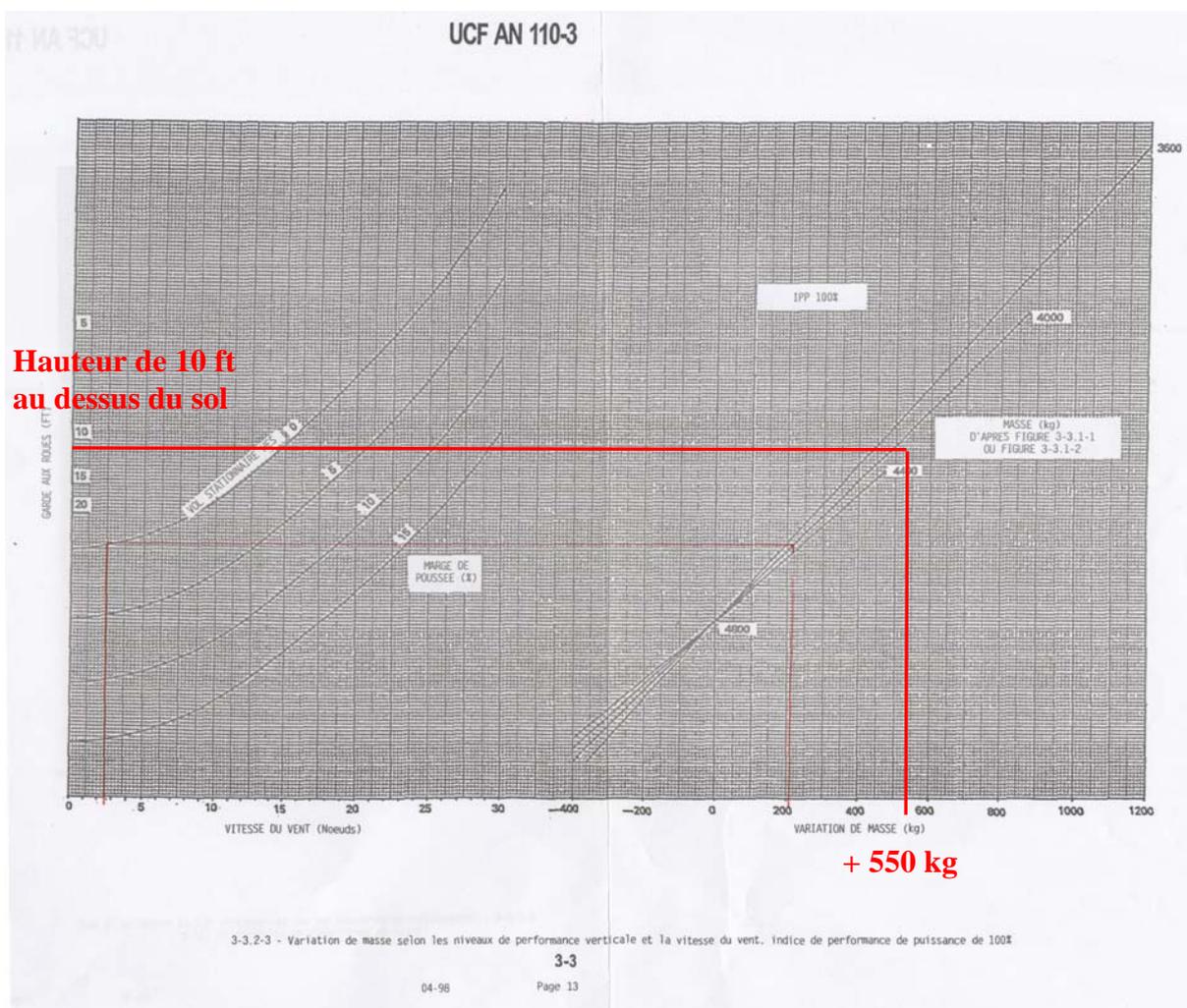
5.3. ESSAIS DES REGULATEURS

Constatations pour les régulateurs turbine libre n°307 et n°1675 :

- les valeurs relevées lors des essais sont représentatives des corrélations moteur – régulateurs FTG 203 MK1,
- les courbes présentent des valeurs élevées mais leurs allures ne montrent aucune anomalie de fonctionnement.

6. CALCUL DE LA MASSE MAXIMALE EN VOL STATIONNAIRE CONTINU DES SELON LES COURBES DU MANUEL DE VOL

- Le calcul de la masse maximale en vol stationnaire continu HES donne une masse de 4150 kg, avec une température de 16°C, selon la courbe 3.3.2.2 du manuel de vol.
- Calcul de la variation de masse pour un vol stationnaire DES :



7. HISTORIQUE ET EVOLUTION DES COURBES

Copie de l'annexe 1 jointe à la lettre du Chef d'état-major de la marine approuvant le projet de mise à jour AL 4 du manuel de performance de l'hélicoptère Lynx identifié UCF 110-3.

ANNEXE 1

1. HISTORIQUE

Depuis leur diffusion, le manuel de performances UCF AN 110-3 et sa modification AL 1 ont fait l'objet de nombreuses critiques de la part des utilisateurs.

Les travaux de Westland, pour satisfaire les demandes de la Marine française ont donné lieu à l'élaboration des modifications AL 2 et 3, abandonnées en raison d'imperfections ou de manques.

La présente modification AL 4 impacte dans leur ensemble les deux premières parties de l'UCF, mais ne modifie que la section 6 de la troisième partie (pales métalliques, MMRB). Elle ne sera pas traduite, ce qui entraînera une coexistence des deux langues dans la troisième partie.

2. PRINCIPALES EVOLUTIONS APPORTÉES PAR L'AL 4

Les améliorations de « fond » s'appliquent essentiellement aux courbes des Lynx équipées de pales composites (CMRB). En effet, en raison des évolutions successives de sa flotte de Lynx, le bureau d'études de l'industriel n'est plus en mesure d'exercer un réel suivi des publications des MMRB.

Les principales améliorations suivantes ont été apportées :

- *publication de l'enveloppe de vol CMRB,*
- *introduction de la notion de couplage hauteur engagé ou non,*
- *extension des courbes de vitesse minimum en palier sur un seul moteur, pour les Lynx équipés de pales composite (CMRB),*
- *extension des courbes de masse maximum HES (CMRB) et extension de la courbe interpolation masse/vente (CMRB),*
- *amélioration de la cohérence des courbes temps critique,*
- *correction d'incohérences ou d'erreurs mineures.*

Westland a par ailleurs cherché à améliorer l'ergonomie et la convivialité du document.

3 PRECISIONS

- *Les procédures de fly away demeurent différentes pour les deux types de pales. Les justifications techniques apportées par Westland ne permettent pas d'envisager un rapprochement.*
- *Westland ayant confirmé que les courbes 3.6.2.3 et 3.6.2.6 donnaient des performances identiques, l'HES monomoteur du Lynx équipés de pales métalliques peut être calculé indifféremment avec l'une ou l'autre de ces courbes.*

8. VOLS D'ENTRAÎNEMENT A L'UTILISATION DE ZONE DE POSER EXIGÜ

L'« instruction permanente de sécurité du Lynx WG 13 » définit entre autres, les caractéristiques générales de la ZPEX et les précautions à prendre. Ainsi, les vols d'entraînement à l'utilisation de la ZPEX sont spécifiés ainsi :

6.16.- VOLS D'ENTRAÎNEMENT A L'UTILISATION DE ZONE DE POSER EXIGUES

Ces vols sont limités par deux particularités spécifiques de l'appareil :

- tendance à l'absorption de corps étrangers par les turbines ;
- faible garde au sol.

En conséquence, les seules ZP utilisables pour l'entraînement sont les ZP bétonnées, goudronnées sans gravillons, gazonnées de façon homogène ou enneigées.

Les atterrissages sont pratiqués individuellement et les appareils suffisamment espacés.

Le membre d'équipage dans le cargo donne des indications aux pilotes lors du franchissement des obstacles à l'entrée, au poser et au départ de la ZP.

9. MESSAGE D'ALAVIA LIMITANT L'EMPLOI DES LYNX EQUIPES DE PALES METALLIQUES

NON PROTEGE
MCA SECU/AERO
NMR/0049 NP 2904 - ALAVIA/CEM
OBJ/LIMITATION D'EMPLOI LYNX EQUIPE DE PALES METALLIQUES -
NMR 04 ALAVIA/SECU/LYNX/2005
REF/A/UCF AN 110-3 HELICOPTERE WG13 LYNX MANUEL DE PERFORMANCES MK4
B/MSG NMR 377 /DEF/BEAD/CDT DU 27 AVR 05

TXT
INTERESSE EMM/PROG/AERO -
SPAE (M. KERBOEUF)

PRIMO
DANS LE CADRE DE L'ENQUETE TECHNIQUE CONCERNANT L'ACCIDENT DU LYNX
620 DE LA 31F SURVENU LE 8 JUILLET 2004 LORS D'UN POSER EN MONTAGNE,
WESTLAND A FOURNI AU BEAD DES DOCUMENTS DE TRAVAIL, EN PARTICULIER
DES COURBES POUR LE CALCUL DES PERFORMANCES HORS EFFET DE SOL (HES)
ET DANS L'EFFET DE SOL (DES).

SECUNDO
CES COURBES, BIEN QU'ETABLIES POUR UN INDICE DE PERFORMANCE MOTEUR
(PPI) SUPERIEUR A CELLES PUBLIEES DANS LE DOCUMENT CITE EN REF/A
(101.5 PCENT), FONT APPARAITRE DES PERFORMANCES MOINDRES.

TERTIO
EN CONSEQUENCE, DANS L'ATTENTE D'UN COMPLEMENT D'INFORMATION PAR LA
SOCIETE WESTLAND, LA LIMITATION D'EMPLOI SUIVANTE POUR LES
LYNX EQUIPES DE PALES METALLIQUES EST DECIDEE :

ETAPE 1 - CALCULER LES MASSES PERMETTANT UN STATIONNAIRE HES, A
LA PUISSANCE MAXIMALE CONTINUE ET A LA PUISSANCE '5 MINUTES' AVEC UNE
MARGE DE PUISSANCE DE 5 PCENT (DOCUMENT REF/A FIGURES 3-3.2-1 ET
3-3.2-2 PAGES 10 ET 11 PART 3 'PERFORMANCE DATA MMRB', CHAPTER 3
'HOVER AND LOW SPEED FLIGHT').

ETAPE 2 - RETRANCHER 150 KG AUX MASSES CALCULEES SI ELLES SONT
INFERIEURES A 4875 KG OU
- LORSQUE LA TEMPERATURE EST SUPERIEURE A 29 DEGRES POUR LA COURBE
A LA PUISSANCE '5 MINUTES'
- LORSQUE LA TEMPERATURE EST SUPERIEURE A 21 DEGRES POUR LA COURBE
A LA PUISSANCE MAXIMALE CONTINUE.

ETAPE 3 - CETTE MASSE CALCULEE (ETAPE 2), POUR UN STATIONNAIRE HES
EST EGALEMENT LA MASSE MAXIMALE AUTORISEE POUR UN STATIONNAIRE DES A
LA PUISSANCE MAXIMALE CONTINUE OU A LA PUISSANCE '5 MINUTES' AVEC UNE
MARGE DE PUISSANCE DE 5 PCENT.

QUARTO/ RAPPEL SUR L'UTILISATION DES COURBES
- LES AUTRES COURBES PUBLIEES DANS LE DOCUMENT CITE EN REF. A/ ET EN
PARTICULIER LES COURBES RELATIVES AU LYNX EQUIPE DE PALES
COMPOSITES NE SONT PAS REMISES EN CAUSE.
- LA MISE EN STATIONNAIRE OU LE POSER D'UN LYNX NE SONT AUTORISES
QU'A CONDITION D'AVOIR VERIFIE QUE LA MASSE DE L'APPAREIL EST
INFERIEURE A LA MASSE CALCULEE A L'AIDE DES COURBES PUBLIEES DANS
LE DOCUMENT CITE EN REF. A/.
- POUR UN LYNX EQUIPE DE PALES METALLIQUES, APPLIQUER LA PROCEDURE
DEFINIE AU PARA TERTIO DU PRESENT MESSAGE.
- CONFORMEMENT AU MANUEL DE PERFORMANCE, LA MARGE DE PUISSANCE DE 5
PCENT DOIT ETRE AUGMENTEE EN CAS DE FORTES TURBULENCES.
DANS CE CAS, LA CORRECTION DE MASSE CORRESPONDANTE DOIT ETRE
APPLIQUE A LA MASSE CALCULEE CORRIGEE.
- DE MEME, LA MASSE CALCULEE CORRIGEE PEUT ETRE AUGMENTEE EN FONCTION
DE LA VITESSE DU VENT.

10. EXTRAITS DES RECOMMANDATIONS DU CPSA/MAR

SUITE A L'ACCIDENT DU LYNX N° 803

Clarifier la documentation technique du LYNX

Dans la mesure où une documentation technique doit être aussi irréprochable que possible, le CPSA/MAR⁵⁵ recommande que, en fonction de l'importance des «imperfections» trouvées à l'issue des bilans effectués par la base pilote, un groupe de travail soit éventuellement constitué pour examiner l'ensemble des mesures à prendre pour clarifier rapidement et durablement cette documentation.

Effets de vols

Le comportement des effets de vol constaté par la commission d'enquête conduit le CPSA/MAR à recommander :

- l'interdiction du port du blouson de vol en cuir dans les aéronefs. Ce blouson devra être remplacé dès que possible par le nouveau blouson en kernel qui sera attribué en priorité aux équipages d'hélicoptères dont certaines missions s'effectuent « portes ouvertes »,
- le remplacement des chaussures de vol de type mirage par celle de type AA73,
- l'adoption rapide des gants de vol en textile de type 96 (confectionnés en partie en Nomex.) dont l'évaluation par le CEPA vient de se terminer.

L'approvisionnement de ce matériel, dont on sait qu'il augmente sensiblement la sécurité de nos équipages, doit être une priorité pour le service d'approvisionnement en matériel de l'aéronautique navale (SAMAN).

L'opportunité de doter le personnel navigant d'une cagoule ignifugée destinée à protéger la tête et le cou en cas d'incendie, doit être étudiée en fonction des différents matériels existants sur le marché. Le bureau EMM/PROG/AERO/MSV suit ce dossier.

⁵⁵ CPSA/MAR : conseil permanent de la sécurité aérienne de la marine.

Entraînement aux pannes induites par la perte d'efficacité du RAC

Le CPSA/MAR recommande que soit étudiée la faisabilité d'une modification du simulateur afin de permettre aux équipages de s'entraîner de la manière la plus réaliste possible à ce type de pannes.

Indépendamment de l'entraînement au simulateur, en cas de rupture de transmission du RAC la rapidité de réaction de l'équipage est primordiale pour espérer pouvoir garder le contrôle de la machine. Il faut donc insister sur la mécanisation de la procédure, qui doit bien comprendre la coupure des deux turbines.

Sanglons de liaison Mae West - canot

Lors de l'évacuation urgente de l'appareil en feu, le copilote n'a pas eu le temps de se libérer du dernier des sanglons de liaison qui le relie au canot de sauvetage, sur lequel il est assis en vol. Ayant réussi à se glisser hors de l'appareil mais toujours retenu au Lynx par ce dernier sanglon il n'a dû son salut qu'à l'utilisation de son couteau de vol avec lequel il a réussi à sectionner ce sanglon à la troisième tentative.

Le CPSA/MAR propose qu'ALAVIA définisse désormais les conditions d'utilisation de ces sanglons en vol, et particulièrement pour les vols au dessus de la terre.

Page intentionnellement blanche