



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 9 mars 2006

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-G-2005-017-A

Date de l'événement	26 octobre 2005
Lieu	Base aérienne 181 "Roland Garros" Saint Denis de la Réunion
Type d'appareil	SA 361B "Alouette III"
Immatriculation	F-MCSG
Organisme	Gendarmerie nationale
Unité	Section aérienne de gendarmerie

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.

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 26 octobre 2005 à 10h11¹.
- Lieu de l'événement : base aérienne 181 « Roland Garros » - Saint Denis – île de La Réunion.
- Organisme : Gendarmerie nationale.
- Commandement organique : Groupement central des forces aériennes de la gendarmerie (GCFAG).
- Unité : Section aérienne de gendarmerie (SAG) de Saint Denis de La Réunion.
- Aéronef : SA 316B « Alouette III » n° 1160.
- Nature du vol : vol technique.
- Nombre de personnes à bord : cinq.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

A l'issue d'un vol technique, l'Alouette III de la SAG se pose sur l'aire d'atterrissage de la base 181 et rejoint en roulant son emplacement de stationnement final, situé devant un hangar.

Lors d'un virage à gauche, effectué devant le hangar afin de garer l'appareil sur son emplacement habituel, un claquement est perçu, suivi immédiatement de fortes vibrations.

Le pilote décolle les roues du sol et constate que l'appareil part en rotation à gauche autour de l'axe de lacet, sans pouvoir le contrôler. Le pilote repose l'hélicoptère au sol, et coupe le moteur.

L'appareil s'immobilise face à un grillage que le rotor percute avant son arrêt complet.

¹ Les horaires sont exprimés en heures locales. Le décalage avec la France est de +2 heures.

Conséquences

➤ Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles	-	-	-
Graves	-	-	-
Légères	-	-	-
Aucunes	5	-	-

➤ Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
-	-	-	X	-

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé enquêteur désigné,
- un enquêteur de première information (EPI) de l'armée de l'air,
- un officier mécanicien de la gendarmerie.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air est prévenu téléphoniquement de l'évènement par le GCFAG le 26 octobre 2005 à 16h20.

La conduite de l'enquête technique a été confiée à un EPI, pilote d'hélicoptère de l'armée de l'air désigné localement, sous la direction d'un enquêteur du BEAD-air.

Un officier mécanicien du groupe de soutien technique de la gendarmerie (GST), dépêché de métropole par ses services pour effectuer les constats, a été désigné expert mécanicien du groupe d'enquête technique.

Enquête judiciaire

- Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air (BGA) de la base aérienne 181 a été désigné.
- Le parquet de Saint Denis a été saisi.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DEROULEMENT DU VOL

1.1.1. Préparation du vol

1.1.1.1. Contexte

La mission consiste en un vol réalisé dans le cadre d'une inspection technique annuelle du service chargé du NTI1² et des opérations de piste, par un officier inspecteur du GST.

Durant ce vol, qui n'est pas consécutif à une intervention technique, les compétences des mécaniciens embarqués sont évaluées, ainsi que la conformité de l'entretien et des performances de l'aéronef. Plusieurs contrôles sont effectués avec prises de paramètres en vol, conformément à un programme défini.

1.1.1.2. Préparation

Un briefing a été effectué par le pilote avant le vol, en présence de tous les membres d'équipage.

Le programme de tests de la fiche de contrôle en vol fixe le cadre de la mission.

Les premiers tests en vol devant être effectués à une masse de deux tonnes, l'emport de carburant a été adapté à la mission et l'équipage a été composé en conséquence, soit cinq personnes au total.

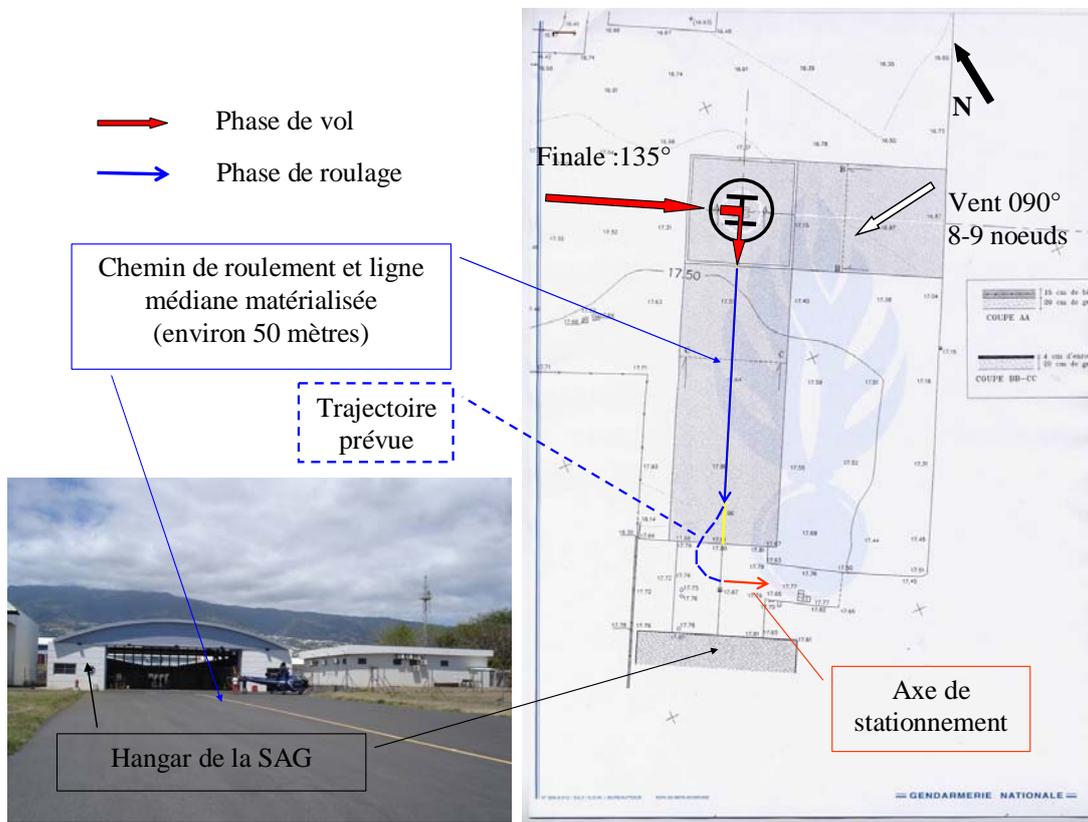
1.1.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

Le test de freinage des roues, prévu sur la fiche programme lors du point fixe, n'a pas été exécuté au départ. Ce test a été reporté à l'issue du vol, conduisant à effectuer au retour un trajet de roulage jusqu'à l'emplacement de stationnement de l'appareil.

² NTI1 : niveau technique d'intervention n° 1.

Les tests en vol ont été réalisés dans une zone prévue à cet effet, située à environ dix minutes de vol de la base 181, conformément au programme prévu.

La finale est exécutée sur l'aire de poser matérialisée, et le roulage est entrepris sur le chemin de roulement menant vers le hangar de la SAG.



Vue d'ensemble de la finale et du trajet de roulage

1.1.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire

Après une cinquantaine de mètres de roulage, à l'extrémité du chemin de roulement face à l'entrée du hangar de la SAG, le pilote se décale de 30 degrés environ vers la droite du milieu de l'axe de roulage et amorce ensuite un virage à gauche pour s'aligner face à l'emplacement habituellement utilisé pour parquer la machine.

Cet emplacement, qui n'est pas matérialisé, se situe sur l'aire de lavage devant l'entrée du hangar.

Selon le témoignage du pilote, cette phase de roulage est exécutée « à la vitesse d'un homme au pas ».

En début de virage à gauche, alors que l'appareil pénètre sur la surface de l'aire de lavage, un claquement est entendu dans l'appareil, suivi immédiatement de fortes vibrations.

Ces vibrations, qui, selon les témoignages de l'équipage, s'apparentent à un phénomène de résonance au sol, font tressauter la machine latéralement sur ses trains et le pilote réalise alors que l'appareil se rapproche du hangar.

Afin de se dégager de cette trajectoire dangereuse et d'arrêter le phénomène, le pilote décolle légèrement l'appareil du sol à l'aide de la commande de pas général, et constate que celui-ci part immédiatement en rotation à gauche autour de l'axe de lacet, sans pouvoir le contrôler.

Après une rotation de 200 degrés environ, le pilote repose l'hélicoptère au sol et coupe le moteur à l'aide des manettes de débit carburant et de coupe-feu.

Le mécanicien de bord, situé à l'arrière, actionne le frein de parc de la machine qui continue à avancer au sol en tressautant toujours, tandis que le pilote freine le rotor.

L'hélicoptère termine sa course à environ un mètre d'un mur de clôture surmonté d'un grillage, que le rotor arrache avant son arrêt complet.

1.2. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

1.2.1. Membres d'équipage de conduite

1.2.1.1. Commandant de bord

- Age : 34 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : SAG de Saint Denis depuis le 17 août 2004,
⇒ fonction dans l'unité : pilote.
- Formation :
⇒ qualification : pilote commandant de bord CT2³,
⇒ école de spécialisation : EAALAT⁴ - Dax,
⇒ année de sortie d'école : 1993.
- Heures de vol comme pilote : 2058

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Alouette III	Sur tous types	Sur Alouette III	Sur tous types	Sur Alouette III
Total	2058	321	110	110	20	20
Dont nuit	240	25	6	6	1	1
Dont VSV ⁵	135	0	0	0	0	0

- Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef : 14 octobre 2005.
- Expérience antérieure :
⇒ ALAT⁶ de 1993 à 2000 : environ 1300h, dont 1000h sur hélicoptère Puma.
⇒ Gendarmerie : environ 750h depuis 2001.
⇒ Qualifié sur Alouette III le 5 mars 2003.

³ CT2 : certificat technique de deuxième niveau.

⁴ EAALAT : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre.

⁵ VSV : vol sans visibilité.

⁶ ALAT : aviation légère de l'armée de terre.

1.2.1.2. Autres membres d'équipage

Officier mécanicien inspecteur

- Age : 41 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : section de soutien technique GST LeBlanc,
⇒ fonction : inspecteur technique.
- Formation :
⇒ qualification : officier mécanicien,
⇒ école de spécialisation : ESAM⁷ Bourges,
⇒ année de sortie d'école : 1996,
- Heures de vol totales : 547.
- Heures de vol sur ce type d'appareil : 136.

Mécanicien de bord (embarqué en place arrière au centre)

- Age : 43 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : SAG Saint Denis,
⇒ fonction : mécanicien de bord – chef de piste.
- Formation :
⇒ qualification : mécanicien cellule et moteur,
⇒ année de sortie d'école : 1990,
- Heures de vol totales : 1190.
- Heures de vol sur ce type d'appareil : 780.

Mécanicien de bord (embarqué en place arrière à gauche)

- Age : 43 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : SAG Saint Denis.
- fonction : mécanicien de bord.

⁷ ESAM : école supérieure d'application du matériel.

- Formation :
 - ⇒ qualification : mécanicien cellule et moteur,
 - ⇒ année de sortie d'école : 1995,
- Heures de vol totales : 450.
- Heures de vol sur ce type d'appareil : 92.

Mécanicien de bord (embarqué en place arrière à droite)

- Age : 35 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : SAG Saint Denis,
 - ⇒ fonction : mécanicien de bord.
- Formation :
 - ⇒ qualification : mécanicien avionique,
 - ⇒ année de sortie d'école : 1999.
- Heures de vol totales : 530.
- Heures de vol sur le type d'appareil : 56.

1.3. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

- Organisme : gendarmerie nationale.
- Commandement organique d'appartenance : GCFAG.
- Base de stationnement : base aérienne 181 « Rolland Garros ».
- Type d'aéronef : SA 316 B « Alouette III »,
 - ⇒ configuration : secours (mono pilote, siège avant gauche enlevé, commandes de la place centrale démontées),
 - ⇒ équipement : treuil à gauche.

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	Alouette III	1160	14254h03	VI 400 : 395h09 VI 200 : 184h03
Moteur	Artouste III B	375 / 5084	455h35	

1.3.1. Maintenance

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

Les amortisseurs de traînée sont contrôlés à l'occasion des VI 800 heures. Ils sont remplacés en fin de vie (1800 heures) ou lorsqu'un défaut est constaté en utilisation. Le dernier contrôle a été effectué le 14 juin 2004.

Les amortisseurs de trains sont contrôlés lors des VI 200 heures. Le dernier contrôle a été effectué le 7 juillet 2005.

L'amortisseur de train avant est habituellement réglé⁸ de manière à ce que la béquille de la poutre de queue se situe à 55 centimètres de la surface du sol. Cette hauteur, qui correspond au maximum de la plage de réglage prévue (52 à 55 cm), est choisie en fonction des posés fréquents en zone montagneuse.

La visite d'inspection technique effectuée la veille sur l'aéronef n'a rien révélé d'anormal au niveau des amortisseurs et de l'assiette de l'appareil.

1.3.2. Masse et centrage

- Masse au décollage : 2030 kg.
- Masse estimée au moment de l'incident : 1830 kg.
- Centrage au décollage : 2,92 m.
- Centrage au moment de l'incident : 2,90 m.

1.3.3. Carburant

- Type de carburant utilisé : jet A1.
- Quantité de carburant au décollage : 400 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 150 litres.

⁸Conditions de réglage : appareil sur un sol plat, aéronef complet en ligne de vol, réservoir plein, personne dans la cabine, une pale principale dans l'axe et train principal gonflé.

1.4. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

1.4.1. Observations

Les observations météorologiques de la tour de contrôle font état d'un vent régulier du secteur 080° pour 8,6 à 9⁹ nœuds au moment de l'évènement.

1.5. AIDES A LA NAVIGATION

Sans objet.

1.6. TELECOMMUNICATIONS

Le pilote est en contact radio avec la tour sur une fréquence VHF¹⁰.

1.7. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME

Sans objet.

1.8. ENREGISTREURS DE BORD

L'appareil est équipé d'un enregistreur de paramètres de type « MONIT' AIR ».

Il enregistre les paramètres suivants :

- valeur du pas général en pourcentage,
- tours rotor (NR),
- tours du générateur de gaz (NG),
- température tuyère (T4).

Il enregistre également les états suivants :

- moteur en marche,
- hélicoptère en vol,
- BTP¹¹ « OK »,
- Puissance délivrée.

⁹ Vent moyenné sur 2 minutes.

¹⁰ VHF : *very high frequency* (très haute fréquence).

¹¹ BTP : boîte de transmission principale.

1.9. RENSEIGNEMENTS SUR L'EPAVE ET SUR L'IMPACT

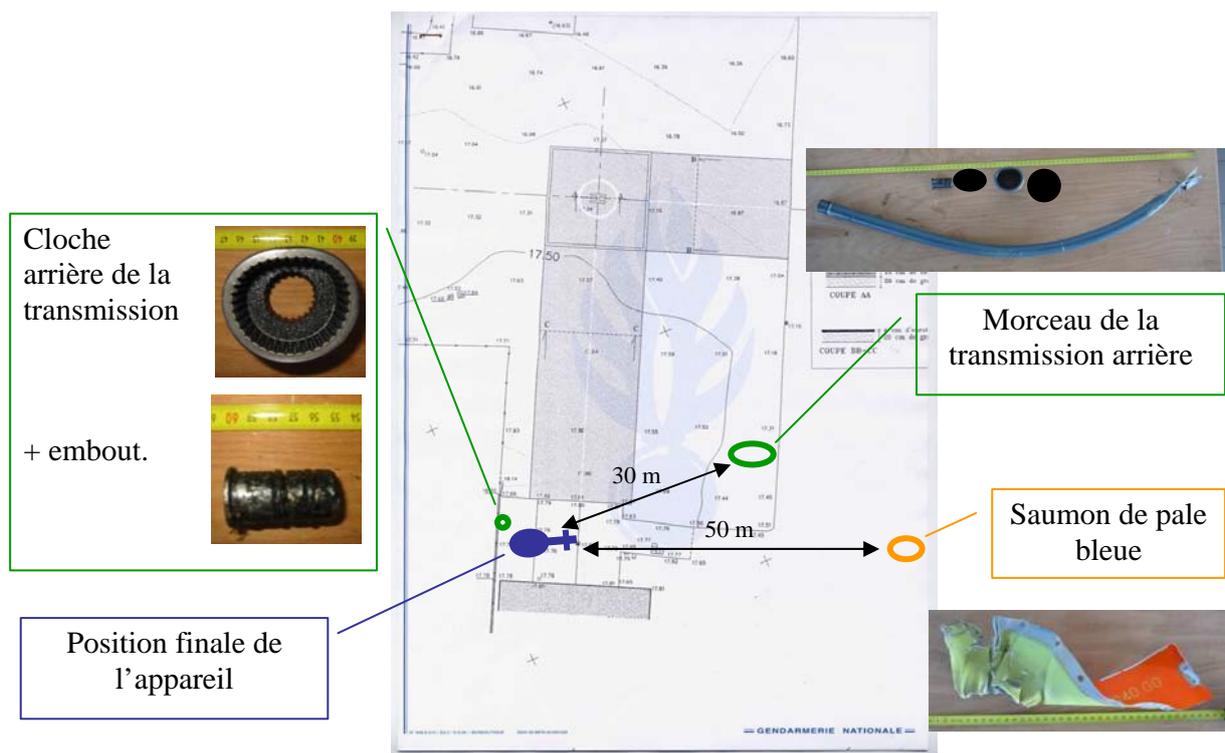
1.9.1. Examen de la zone

L'appareil est positionné à un cap 330° environ face à un muret de clôture surmonté d'un grillage que les pales du rotor principal ont découpé.

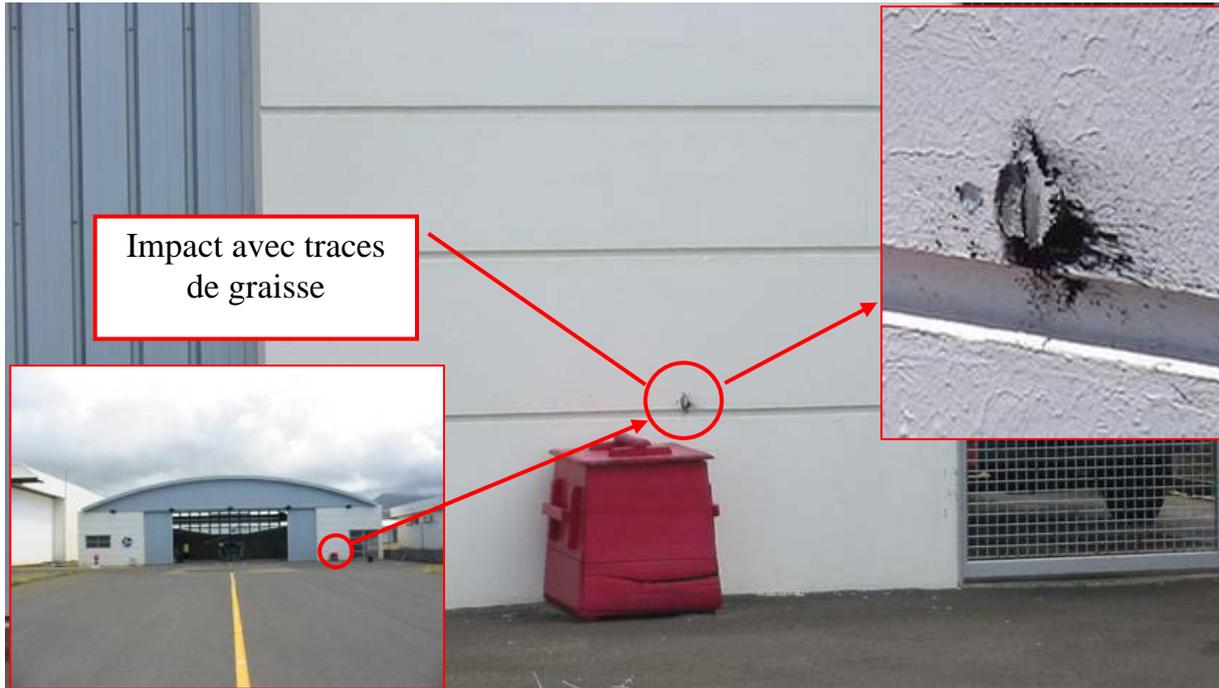
Il a descendu une bordure de quelques centimètres de hauteur avant de s'immobiliser.

Un morceau de l'arbre de transmission arrière, ainsi qu'un saumon de pale du rotor principal et des éléments de la transmission arrière ont été éjectés (voir plan de situation).

Des débris de saumon de pale et de transmission arrière ont été retrouvés à proximité de l'appareil.



Plan de situation



Impact de la cloche arrière de l'arbre de transmission sur le mur du hangar de la SAG



Grillage déchiré par le rotor



Position finale de l'appareil



1.9.2. Examen de l'appareil

1.9.2.1. Poutre de queue et chaîne de transmission de puissance arrière

- Le plan fixe vertical droit est découpé à son sommet,
- les deux derniers capotages de la poutre sont détruits et le plan fixe vertical gauche est endommagé,
- l'arbre de transmission arrière est sectionné, ainsi qu'un des deux câbles de commande de rotor arrière,
- l'arbre de transmission arrière est désaccouplé au niveau de la cloche avant et a reculé de 27 centimètres,
- le support des poulies guide câble arrière est dériveté et endommagé,
- le dernier support de palier de transmission arrière est arraché,
- le câble de commande du rotor arrière est sectionné.



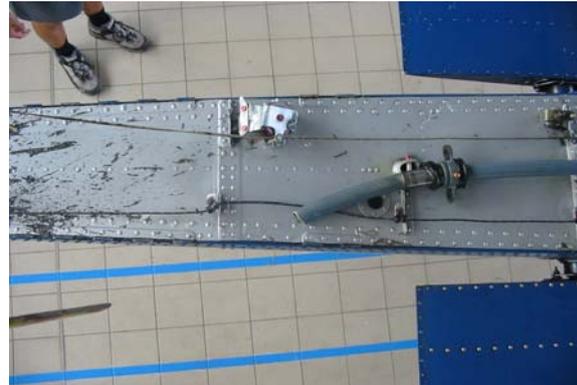
Endommagements apparents de la poutre



Etat des empennages verticaux et capotages



Endommagements au niveau des capotages



Etat de l'arbre de transmission arrière
sectionné



Tronçon d'arbre sectionné et éjecté et cloche arrière d'accouplement sur la BTA



Désaccouplement au niveau de la cloche avant et recul de l'arbre

1.9.2.2. Rotor principal et MRP¹²

- Le saumon de la pale bleue a été arraché, les saumons des deux autres pales sont endommagés,
- les pales sont endommagées,
- la pale rouge est vrillée côté pied de pale,
- la biellette de pas de la pale rouge a été tordue, ainsi que le levier de pas du manchon de la même pale,
- les amortisseurs de traînée rouge et jaune n'ont plus le jeu fonctionnel vertical,
- le câble de tierçage reliant les amortisseurs de traînée bleu et rouge est légèrement vrillé,
- une des bielles de commandes de vol est flambée.

¹² MRP : moyeu rotor principal.



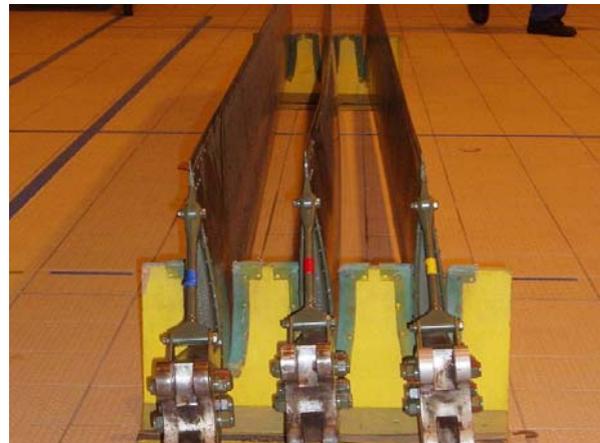
Pale bleue



Pale rouge



Pale jaune



Pale rouge vrillée en pied de pale



Etat du MRP



Levier de pas de la pale rouge tordu

1.9.3. Examens complémentaires

Des examens complémentaires ont été réalisés suite au heurt du rotor principal, conformément aux manuels d'entretien du constructeur et du motoriste.

Ces examens montrent que la structure centrale de l'appareil ne semble pas avoir été affectée par l'évènement. Ceci n'exclut pas une vérification approfondie de la cellule et des commandes de vol au NTI2¹³.

Les anomalies suivantes ont été constatées :

- un désalignement de la broche du manchon de la pale jaune,
- les amortisseurs de traînée présentent une différence de temps de réponse entre deux extrêmes en phase compression en dehors des normes du constructeur,
- un brinellage important sur la roue libre,
- un bruit anormal lors de la rotation de l'embrayage,
- les amortisseurs arrières ont des côtes de sortie vérin différentes : 65 millimètres à gauche et 85 millimètres à droite.

1.10. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

1.10.1. Membres d'équipage de conduite

1.10.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite intermédiaire,
 - ⇒ date : 28 juin 2005,
 - ⇒ résultat : apte,
 - ⇒ validité : 1 an.
- Examens biologiques : normaux.
- Blessures : néant.

¹³ NTI2 : niveau technique d'intervention n° 2.

1.10.1.2. Autres membres d'équipage

Officier mécanicien inspecteur

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : visite semestrielle,
 - ⇒ date : 19 juillet 2005,
 - ⇒ résultat : apte,
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Blessures : néant.

Mécanicien de bord - chef de piste

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : CEMP^N¹⁴,
 - ⇒ date : 28 mars 2003,
 - ⇒ résultat : apte,
 - ⇒ validité : séjour.
- Blessures : néant.

Mécanicien de bord – mécanicien avionique

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : CEMP^N,
 - ⇒ date : 1^{er} juillet 2005,
 - ⇒ résultat : apte,
 - ⇒ validité : séjour.
- Blessures : néant.

Mécanicien de bord

- Dernier examen médical :
 - ⇒ type : CEMP^N,
 - ⇒ date : 28 mars 2003,
 - ⇒ résultat : apte,
 - ⇒ validité : séjour.
- Blessures : néant.

¹⁴ CEMP^N : centre d'expertises médicales du personnel navigant.

1.11. SURVIE DES OCCUPANTS

1.11.1. Organisation des secours

Aucun secours n'a été déclenché, ceux-ci n'ayant pas été jugés nécessaires en l'absence de fumée, de fuite ou de blessés.

Le lieu de l'évènement n'étant pas visible depuis la tour de contrôle, les contrôleurs en poste à la vigie n'ont rien pu remarquer ni déclencher l'alerte.

La chaîne hiérarchique de la gendarmerie a été prévenue par téléphone dans les minutes qui ont suivi l'évènement, ainsi que les autorités de la base aérienne.

1.12. ESSAIS ET RECHERCHES

- Les paramètres issus de l'enregistreur « MONIT'AIR » ont été exploités.
- L'expertise des amortisseurs des trains d'atterrissage a été réalisée sur place par un officier mécanicien expert du GST.
- Une expertise des amortisseurs de traînée a été effectuée dans les ateliers du GST.
- L'analyse des fluides des amortisseurs de traînée, des huiles de la BTP et la BTA¹⁵, ainsi que de l'hydraulique a été demandée au CEPr¹⁶ de Saclay.

1.13. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES

La SAG de Saint Denis est une petite unité comprenant trois personnels navigants et autant de mécaniciens.

Elle est dotée d'un seul hélicoptère.

La SAG dépend du COMGEND¹⁷ de la Réunion, qui est son autorité d'emploi.

Le GST est l'organisme chargé d'assurer le contrôle des opérations de maintenance sur la flotte de la gendarmerie. Il assure également la formation des mécaniciens.

Une inspection technique annuelle est programmée dans chaque unité aérienne afin de contrôler l'état mécanique des aéronefs et le niveau de savoir faire technique des personnels mécaniciens.

¹⁵ BTA : boîte de transmission arrière.

¹⁶ CEPr : centre d'essais des propulseurs.

¹⁷ COMGEND : commandement de la gendarmerie.

1.14. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES

1.14.1. Environnement du lieu de stationnement de l'appareil

Le hangar de la SAG est une construction récente et a été livré en novembre 2003.

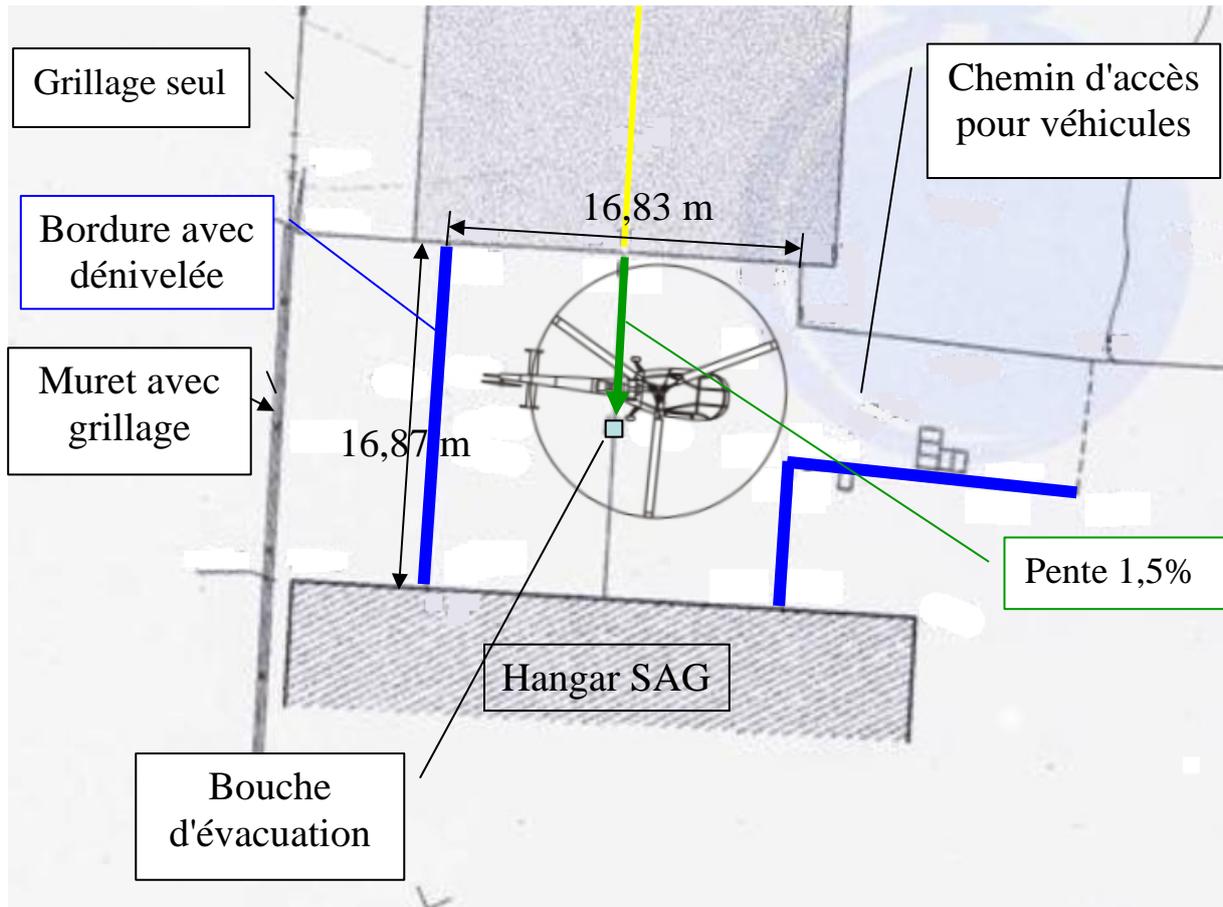
Une zone de lavage, constituée d'un revêtement béton en légère pente (1,5%) et équipée d'une bouche d'évacuation, occupe une surface importante de l'aire située devant le hangar et est bordée de chemins d'accès pour véhicules (voir schéma).

Cette aire est clôturée du côté Ouest par un petit muret surmonté d'un grillage renforcé par des fils barbelés au sommet.

L'appareil est habituellement parké sur cette aire, dans l'axe d'un chemin d'accès, orienté approximativement au 135°. La plupart des mouvements sont exécutés en translation à partir de cette position de stationnement.

L'axe médian du chemin de roulement menant de l'aire de mouvement (« H ») au hangar est matérialisé par une ligne jaune, qui s'arrête à l'entrée de l'aire de lavage.

L'aire de stationnement de l'hélicoptère n'est matérialisée par aucun marquage.



Dimensions de l'aire de lavage et position de stationnement habituelle de l'appareil

2. ANALYSE

Les témoignages recueillis font état d'un claquement, qui a d'abord été perçu **sans aucun signe précurseur** alors que le roulage se déroulait normalement, aussitôt suivi de vibrations de forte amplitude et d'un tressautement de l'appareil sur ses trains, décrits comme un phénomène de résonance au sol.

Les constats effectués sur l'appareil montrent que la pale bleue du rotor principal, dont le saumon a été éjecté à plusieurs dizaines de mètres, a découpé le plan fixe vertical droit et sectionné l'arbre de transmission arrière, dont un segment a été éjecté dans le même secteur que le saumon de pale.

Selon toute vraisemblance, le claquement perçu correspond au heurt de la pale bleue avec la structure et les fortes vibrations, consécutives à ce bruit, ont été initiées par le déséquilibre soudain du rotor principal tournant au régime nominal, et dont l'une des pales a perdu un saumon d'une masse d'environ 280 grammes.

La trajectoire décrite ensuite par l'appareil (stationnaire, rotation incontrôlable en lacet par la gauche) est la conséquence des actions du pilote, destinées à contrer l'effet de ces fortes vibrations.

Il convient de souligner que l'action terminale du pilote de reposer immédiatement l'appareil dès le constat de la perte de contrôle en lacet a largement contribué à limiter les conséquences de l'évènement.

Ces considérations permettent d'établir que l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue est bien à l'origine de la perte de contrôle de l'appareil lors du roulage au sol.

L'analyse qui va suivre déterminera en première partie les causes de l'interférence du rotor avec la poutre de queue et décrira en deuxième partie la gestion de l'évènement par le pilote.

2.1. RECHERCHE DES CAUSES DE L'INTERFERENCE DU ROTOR AVEC LA POUTRE DE QUEUE

Lorsque l'appareil se trouve dans les conditions suivantes :

- positionné sur un sol plat, rotor tournant,
- béquille de la poutre de queue à 55 centimètres du sol,
- pas général baissé (0%),
- cyclique au neutre (rotor « à plat »),
- le disque rotor passe à environ 60/70 centimètres de la poutre de queue. Pour que les pales du rotor touchent la poutre de queue, il est donc nécessaire que le disque rotor se déforme ou s'incline suffisamment vers l'arrière.

2.1.1. Exploitation des paramètres de l'enregistreur « MONIT'AIR »

L'exploitation des paramètres révèle un fonctionnement normal du GTM¹⁸, corrobore le témoignage du pilote et permet d'apprécier l'enchaînement chronologique des actions de ce dernier au pas général.

Elle révèle en outre que lorsque le pilote, confronté aux vibrations, demande de la puissance au pas général, l'appareil décolle du sol avec une **puissance inférieure d'environ 20%** aux valeurs constatées quelques instants plus tôt lors de la phase de vol stationnaire précédent le roulage. Ce différentiel correspond à une puissance qui n'est pas absorbée par la transmission arrière, déjà rompue auparavant par le disque rotor.

¹⁸ GTM : groupe turbo-moteur.

Chronologie :

- Phase au sol : 45 secondes, avec deux applications de pas, l'une d'environ 3% durant 18 secondes, l'autre d'environ 1 à 2% durant 4 secondes, 11 secondes plus tard. Entre ces deux applications de puissance, le pas est maintenu à 0%.
- 8 secondes plus tard, le pilote tire sur le pas général (environ 40%) et le baisse totalement 6 secondes après. L'appareil décolle du sol durant environ 5 à 6 secondes.
- La coupure moteur est initiée 4 secondes après avoir baissé le pas.

L'arbre de transmission de puissance arrière est rompu avant la mise en stationnaire de l'appareil.

Aucun dysfonctionnement du GTM n'est mis en évidence.

2.1.2. Causes de l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue

Ces causes seront évaluées sous les aspects environnementaux, techniques et humains.

2.1.2.1. Causes liées aux conditions environnementales

➤ Conditions aérologiques

Les observations météorologiques font état d'un vent régulier du secteur 080°, pour environ 8,5 à 9 nœuds.

Lorsque que l'appareil est sur le chemin d'accès au hangar de la SAG, le vent souffle du secteur arrière gauche de l'appareil.

Un tel vent peut diminuer l'efficacité du rotor anti-couple, mais ne peut jouer de manière significative sur l'équilibre du disque rotor, ni provoquer une perturbation soudaine de ce dernier sans rafale importante ou changement brutal de direction.

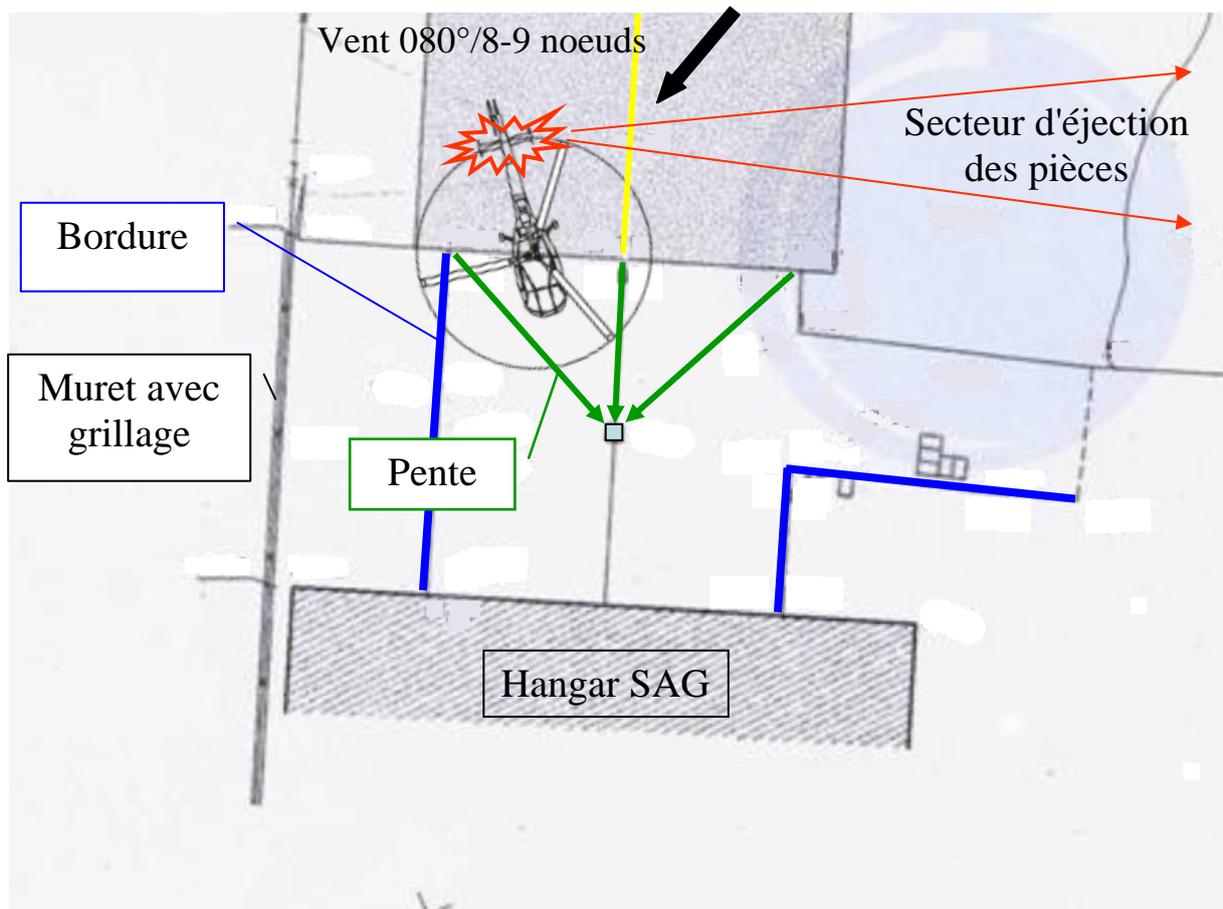
Dans ce cas, le vent était régulier, et n'était pas perturbé par des obstacles à cet endroit.

Selon toute vraisemblance, les conditions aérologiques ne sont pas à l'origine d'une perturbation ou d'une inclinaison soudaine du disque rotor.

➤ Environnement de l'appareil

Les témoignages et la disposition des pièces éjectées ont permis de valider la position de l'appareil à l'instant du heurt de la pale avec l'arbre de transmission.

Enfin, un repositionnement de l'appareil avec cinq personnes à bord a également permis de visualiser l'attitude de celui-ci.



Position de l'appareil au moment de l'interférence du rotor avec la structure



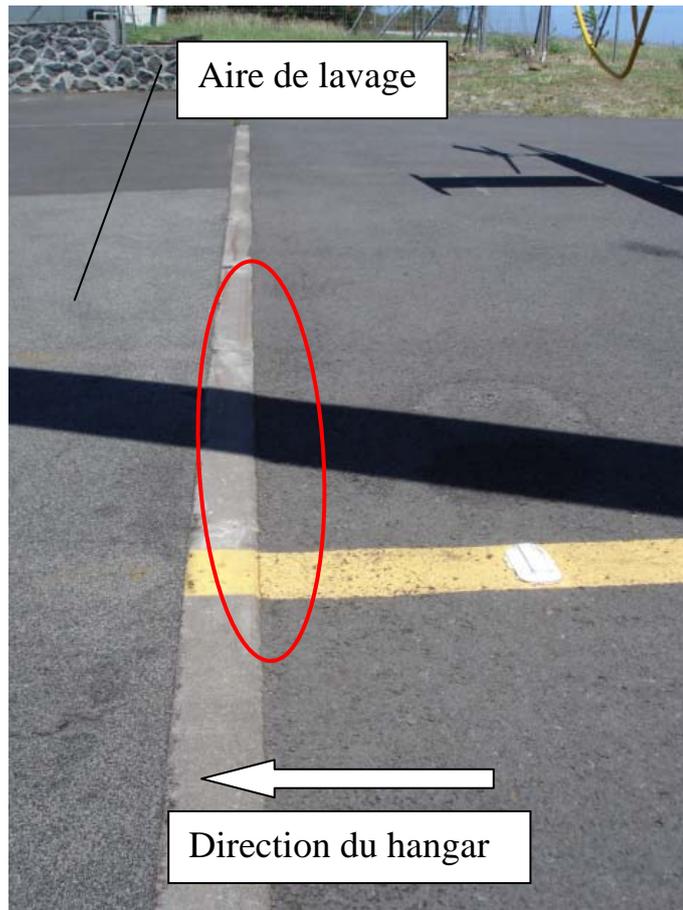
Attitude de l'appareil

Le train avant de l'appareil est orienté dans le sens du virage et positionné sur le revêtement de l'aire de lavage, dans le sens de la pente. Les deux trains principaux sont toujours sur le chemin de roulement.

Dans ces conditions, l'assiette de l'aéronef se modifie vers l'avant.

Le plan du disque rotor, **sans action au cyclique**, suit l'inclinaison de l'appareil. Il peut néanmoins battre légèrement par inertie à cause de la souplesse des pales de l'Alouette III lors de la variation d'assiette.

De plus, l'observation détaillée du sol à cet endroit montre que celui-ci présente une aspérité matérialisée par une petite bordure noyée au raccord du revêtement asphalté.



Aspérité du raccord de revêtement

Selon certains témoignages, un léger à-coup est habituellement ressenti au roulage lors du passage sur ce raccord.

L'effet de cet à-coup transmis au rotor peut provoquer un léger battement du disque, lequel peut être amplifié par la variation d'assiette immédiatement consécutive.

Le changement de profil du revêtement de sol a pu provoquer un léger battement du disque rotor au moment où la roue avant de l'appareil a pénétré sur l'aire de lavage, et contribuer à l'évènement.

2.1.2.2. Causes techniques

Les constats et expertises menées sur l'appareil, ainsi que l'exploitation des paramètres de l'enregistreur « MONIT'AIR » ne révèlent aucun dysfonctionnement antérieur du GTM, de la chaîne de transmission de puissance ou des commandes de vol susceptible de provoquer l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue. Certaines anomalies ont néanmoins été relevées :

➤ Au niveau du train avant

Un repositionnement de l'appareil avec cinq personnes à bord a permis de constater que l'amortisseur du train avant était trop fortement comprimé malgré la charge¹⁹, traduisant une faiblesse de gonflage de ce dernier.



Etat de l'amortisseur du train avant

Cet élément avait été contrôlé lors de la dernière VI 200h, 3 mois et demi plus tôt et arrivait à un quinzaine d'heures du contrôle suivant.

Il est probable que cet amortisseur avait perdu de la pression depuis le dernier contrôle.

¹⁹ La masse de l'appareil est estimée à environ 1830 kg avec 5 personnes, soit une masse comparable à celle de l'appareil en mission de secours, avec 4 personnes et le matériel.

Selon les témoignages, les amortisseurs ainsi que l'assiette générale de l'appareil présentaient un aspect visuel normal lors de la visite d'inspection technique.

Un amortisseur dans cet état de compression filtre moins les chocs et peut être à l'origine de mouvements oscillatoires plus amples lors du passage sur des aspérités du revêtement.

Dans ces conditions, cet organe a pu favoriser un balancement plus ample de l'appareil et par conséquent une plus grande amplitude de battement du disque rotor lorsque la roue avant s'est engagée sur l'aire de lavage.

➤ Au niveau du MRP : les amortisseurs de traînée

Bien que présentant des temps de réponse hors normes lors des tests de compression / détente, l'implication de ces organes dans l'initiation d'un battement ou d'une perturbation du disque rotor n'est pas retenue, car la moindre défaillance aurait eu des effets ressentis en vol, notamment des vibrations.

Une faiblesse de gonflage de l'amortisseur de train avant a pu favoriser un battement du disque rotor de plus grande amplitude au moment où la roue avant a pénétré sur l'aire de lavage et contribuer à l'évènement.

2.1.2.3. Causes humaines

Les consignes du manuel de vol concernant le roulage au sol mentionnent d'appliquer entre 1% et 3% de puissance au pas général, d'utiliser exclusivement le frein pour ralentir après avoir réduit la puissance et **en particulier de maintenir le manche cyclique vers l'avant.**

La BTP étant faiblement inclinée vers l'avant et les pales de l'appareil étant souples, le risque de heurt de celles-ci avec la poutre de queue existe dans le cas où le manche cyclique est insuffisamment positionné vers l'avant, ou manœuvré vers l'arrière. **Le roulage est identifié comme une phase délicate sur Alouette III.**

➤ Expérience du pilote

L'expérience du pilote sur Alouette III est relativement faible en regard de son acquis aéronautique et de son expérience sur hélicoptère Puma en particulier. Sur Puma, les phases de roulage sont fréquentes, et la BTP étant plus inclinée vers l'avant, le disque rotor l'est aussi, et le manche cyclique peut être maintenu au neutre lors du roulage, sans risque pour la poutre de queue. De plus, le Puma est équipé de freins aux palonniers contrairement à l'Alouette III, qui n'est équipée que d'un frein de parc à commande centrale à main.

Sur Alouette III, les phases de roulage sont très occasionnelles, la plupart des mouvements étant effectués en translation dans l'effet de sol.

Le pilote a donc une pratique limitée du roulage sur cet appareil.

➤ Actions du pilote

L'analyse des paramètres de l'enregistreur « MONIT'AIR » montre que le pilote a effectué deux applications modérées de pas général pour faire avancer la machine sur le chemin de roulement, et qu'il a affiché plein petit pas pour ralentir avant de pénétrer sur l'aire de lavage, sans utiliser le frein. La réduction du pas général annule la conicité²⁰ du disque rotor.

Dans le cas d'un manche cyclique positionné au neutre, le disque rotor est légèrement incliné vers l'avant, selon l'inclinaison de la BTP (2°30'), et les pales passent à environ 60-70 centimètres de la poutre de queue.

Dans ces conditions, **une action au manche cyclique vers le secteur arrière ou un maintien de celui-ci dans le secteur arrière est indispensable pour rapprocher le disque rotor à conicité nulle près de la poutre de queue.**

Selon son témoignage, l'appareil a tendance à avancer lorsque le cyclique est positionné vers l'avant, et, bien qu'excluant tout mouvement brusque du cyclique vers l'arrière, il n'est pas certain d'avoir maintenu cette commande dans le secteur avant à ce moment là.

²⁰ Lorsqu'une puissance est demandée au pas général, le disque rotor se soulève et forme un cône vers le haut. Lorsque le pas général est abaissé en position plein petit pas, le disque rotor est « plat ».

- ⇒ L'attention du pilote est en effet accaparée par sa manœuvre dans un espace entouré d'obstacles. Il est probable qu'il adopte une position conditionnée par son expérience sur Puma, et ait tendance à positionner machinalement le manche cyclique dans la plage neutre / arrière pour ralentir l'appareil.
- ⇒ Le passage sur le raccord du revêtement de sol et le changement d'assiette lors de l'engagement dans la pente de l'aire de lavage ont également pu entraîner une légère action involontaire du manche cyclique vers l'arrière.

L'hypothèse d'une tendance du pilote à positionner machinalement le manche cyclique dans le secteur neutre / arrière pour ralentir l'appareil est retenue.

2.1.3. Conclusion sur les causes de l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue

Si un positionnement du manche cyclique vers l'arrière s'est avéré indispensable pour rapprocher suffisamment le disque rotor de la poutre de queue, un effet de battement, provoqué lors du passage sur le raccord du revêtement de sol et mal filtré par l'amortisseur avant, a pu être suffisant pour combler la marge restante et provoquer l'interférence des pales avec la structure.

En conclusion, l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue ayant provoqué la rupture de la transmission arrière résulte :

- **d'une tendance du pilote à positionner machinalement le manche cyclique dans le secteur neutre / arrière pour ralentir l'appareil, rapportée à son expérience antérieure sur hélicoptère Puma et à son manque de pratique du roulage sur cet appareil. Ceci constitue la condition déterminante de l'évènement,**
- **d'un changement de profil du revêtement de sol, qui a pu provoquer un battement du disque rotor à conicité nulle, dont l'amplitude rapproche l'extrémité des pales de la poutre de queue,**
- **d'une faiblesse de gonflage de l'amortisseur de train avant, qui a pu accentuer un battement du disque rotor lors du passage sur le raccord du revêtement de sol.**

2.2. GESTION DE L'EVENEMENT PAR LE PILOTE

2.2.1. Analyse des actions du pilote

Aussitôt après le heurt de la pale bleue avec l'arbre de transmission, la perte du saumon de pale déséquilibre le rotor et provoque d'importantes vibrations qui font tressauter l'appareil latéralement.

- **Le pilote, qui a perçu un claquement, ne réalise pas que la transmission arrière est rompue. Il se focalise sur les fortes vibrations.**

Il est confronté à des tressautements importants de sa machine et se rend compte qu'il ne maîtrise plus la trajectoire qui se rapproche latéralement du hangar.

- Il assimile ces tressautements à un **phénomène de résonance au sol**²¹ et veut se dégager rapidement de cette trajectoire dangereuse.

²¹Synthèse du § 2.5.5.3 du manuel de vol : *Oscillations de l'appareil posé au sol, qui surviennent dans certaines conditions. Le facteur principal est la valeur du pas collectif affiché, en général supérieure à 0,40. En principe, aucune oscillation importante ne doit se déclencher en position plein petit pas. Des facteurs tels la dureté du sol, une masse élevée, la roue avant de travers en virage, le vent fort à 90° de l'appareil sont défavorables. Si les oscillations atteignent une amplitude importante ou tendent à diverger, le pilote doit décoller. En raison de la puissance de l'Alouette III, ceci sera toujours possible, quel que soit le poids total de la machine.*

Le pilote demande suffisamment de puissance au pas général pour décoller légèrement la machine du sol et réalise ensuite qu'il ne peut contrôler l'appareil en lacet alors que celui-ci part en rotation vers la gauche.

- Il est surpris car son action était sensée arrêter le phénomène oscillatoire. Il réagit néanmoins rapidement et sainement à cette nouvelle situation d'urgence.

Il baisse complètement le pas général et repose aussitôt l'appareil, qui a effectué plus de 200 degrés de rotation en lacet en moins de 6 secondes de vol. Il procède ensuite à la séquence d'arrêt du moteur et freine le rotor. L'appareil avance en tressautant toujours sur ses roues, face au mur de clôture. Le mécanicien embarqué en place arrière centre intervient et tire la commande de frein, mais le rotor principal percute le grillage avant son arrêt complet.

- Face au mur de clôture sans possibilité d'évitement, le pilote privilégie la séquence d'arrêt du moteur et du rotor. Il est gêné par les soubresauts de l'appareil pour agir rapidement sur les commandes et ne peut freiner à temps.
- L'intervention du mécanicien est remarquable et complète les actions du pilote en situation d'urgence.

2.2.2. Alternative au plan d'action adopté par le pilote

Dès l'apparition des vibrations, l'arrêt d'urgence du moteur aurait stoppé le phénomène et les tressautements.

Cependant, son application nécessitait la connaissance de la situation réelle, impliquant de faire aussitôt le lien entre le claquement, le déséquilibre du rotor et les oscillations. Elle impliquait également de lâcher la commande de pas pour manipuler rapidement celles du coupe-feu, de la pompe de gavage et de l'inverseur, en étant soumis à des secousses importantes.

Dans ce cas de figure, compte tenu de la difficulté de manipuler les commandes précitées, l'appareil se serait approché dangereusement du hangar avant son arrêt.

2.2.3. Conclusion

- **Le pilote a commis une erreur de représentation de la situation réelle en assimilant les vibrations et les tressautements de l'appareil, conséquences de l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue, à un seul phénomène de résonance au sol.**
- **Son plan d'action, destiné à contrer les tressautements de l'appareil et à le dégager d'une trajectoire dangereuse, est en accord avec la procédure décrite dans le manuel de vol se rapportant aux oscillations au sol.**
- **Le pilote a été gêné dans ses actions par les oscillations de l'appareil lors de l'arrêt du moteur et du rotor. L'intervention d'un mécanicien au frein depuis la place arrière pour arrêter l'appareil face à un obstacle a complété utilement les actions du pilote dans l'urgence de la situation.**

3. CONCLUSION

3.1. ÉLÉMENTS ETABLIS PAR L'ENQUETE

3.1.1. Contexte de la mission

- La mission est programmée et exécutée dans le cadre d'une inspection technique annuelle,
- le programme de la mission est défini,
- la composition de l'équipage correspond aux capacités de l'appareil.

3.1.2. Entretien de l'aéronef

- L'appareil est entretenu conformément au plan de maintenance en vigueur,
- l'amortisseur du train avant est réglé habituellement en fonction de la limite haute de garde au sol de la béquille de la poutre de queue. Ce réglage est vérifié à chaque VI 200h et avait été effectué 3 mois et demi plus tôt.

3.1.3. Environnement de la zone de stationnement de l'appareil

- L'appareil est habituellement stationné devant le hangar de la SAG, sur une aire de lavage,
- cette aire, délimitée par des bordures, présente une légère pente et un changement de profil du sol à la jonction avec le chemin de roulement,
- l'appareil est proche de la structure du hangar.

3.1.4. Expérience du pilote

- L'expérience du pilote sur Alouette III est relativement faible en regard de son acquis aéronautique et de son expérience au sein de l'ALAT, sur hélicoptère Puma en particulier.
- Le pilote a une pratique limitée du roulage sur cet appareil, la plupart des mouvements étant effectués en translation au dessus du sol.

3.2. CAUSES DE L'EVENEMENT

La perte de contrôle de l'appareil lors du roulage au sol a pour origine l'interférence du disque rotor avec la poutre de queue, ayant provoqué la rupture de la transmission arrière et le déséquilibre du rotor principal.

Cette interférence du rotor principal avec la structure résulte :

- d'une tendance du pilote à positionner machinalement le manche cyclique dans le secteur neutre / arrière pour ralentir l'appareil. Ceci constitue la condition déterminante de l'évènement.
⇒ Cette tendance peut être reliée à son expérience antérieure sur hélicoptère Puma et à son manque de pratique du roulage sur Alouette III.
- Du passage de la roue avant sur un changement de profil du revêtement de sol, qui a pu provoquer un faible battement du disque rotor à conicité nulle, dont l'amplitude a rapproché l'extrémité des pales de la poutre de queue.
- D'une faiblesse de gonflage de l'amortisseur de train avant, qui a pu accentuer un battement du disque rotor lors du passage sur le raccord du revêtement de sol.

La trajectoire décrite ensuite par l'appareil (stationnaire, rotation incontrôlable en lacet par la gauche) est la conséquence des actions du pilote destinées à contrer les oscillations et à se dégager d'une trajectoire non maîtrisée et dangereuse.

- Le plan d'action adopté par le pilote procède d'une représentation erronée de la situation réelle, par assimilation des oscillations ressenties au seul phénomène de résonance au sol.
- Ce plan d'action est en cohérence avec la procédure relative aux oscillations au sol.
- Le pilote, gêné dans ses actions lors de l'arrêt du moteur et du rotor, par les oscillations de l'appareil face à un obstacle, a vu ses actions complétées utilement, dans l'urgence de la situation, par l'intervention d'un mécanicien sur le frein depuis la place arrière pour arrêter l'appareil.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Roulage au sol sur Alouette III

- Cet évènement montre que le roulage sur ce type d'hélicoptère, peu pratiqué par les équipages, reste une phase délicate qui ne souffre d'aucun écart aux consignes du manuel de vol, relatives au « *roulement au sol*²² »

Ces consignes insistent particulièrement sur la position du manche cyclique : « *...toujours poussé vers l'avant, entre le quart et la moitié de sa course vers l'avant* », ainsi que pour ralentir l'appareil, où « *en aucun cas, le manche ne doit, quand l'appareil est au sol, être ramené vers l'arrière* ».

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande de :

sensibiliser les équipages sur le caractère délicat du roulage sur ce type d'appareil et aux risques inhérents en cas de non respect des consignes.

4.1.2. Emplacement de stationnement de l'aéronef

L'emplacement de stationnement habituel de l'appareil ne dispose d'aucun marquage au sol et est confondu avec une aire de lavage.

Tel que cet emplacement a été défini sur plan lors de la livraison du hangar en novembre 2003, les marges de séparation de l'appareil avec les obstacles ainsi que la configuration du sol sont compatibles avec les normes prescrites (un demi diamètre rotor de séparation avec les obstacles et pente inférieure à 2%)²³, qui sont celles des services techniques de l'aviation civile, et appliquées par la gendarmerie.

²² Intitulé de la procédure *ad-hoc* dans le manuel de vol.

²³ Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC), relative aux aires de stationnement.

Néanmoins, il apparaît que ces marges sont juste suffisantes vis-à-vis de l'entrée du hangar et qu'un manque de précision lors du stationnement pourrait conduire à les outrepasser.

Il apparaît que le marquage au sol d'un plot de stationnement permettrait d'assurer le respect de ces marges de sécurité avec plus de facilité et précision.

De plus, la présence d'une aire de lavage, dont la destination est par nature différente d'une aire de stationnement, implique pour l'appareil de reposer sur un sol non horizontal et dont le profil varie selon la direction de la pente d'écoulement.

Pour ces raisons, l'emplacement choisi à l'origine à cet endroit pour stationner l'appareil n'est pas judicieux.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- **qu'un autre emplacement soit défini pour stationner l'appareil,**
- **que le nouvel emplacement soit identifié par un marquage au sol.**

4.1.3. Réglage de l'amortisseur avant

Le réglage de cet amortisseur est effectué de manière à obtenir une garde au sol de 55 centimètres de la béquille de la poutre de queue (voir chapitres 1.3.1 et 2.1.2.2).

Les conditions de réglage mentionnées dans le bulletin technique de gendarmerie (BTG) n°325, relatif au gonflage de l'amortisseur avant, indiquent en particulier de gonfler l'amortisseur pour obtenir une cote de 50 millimètres de sortie de vérin et **de vérifier ensuite** que la garde au sol au niveau de la béquille soit comprise entre 52 et 55 centimètres.

La cote de 50 millimètres correspond à une pression d'azote préconisée par le constructeur d'environ 54 bars. Si le réglage est effectué directement en fonction d'une hauteur de béquille à 55 centimètres, la cote de sortie vérin, (donc la pression de l'amortisseur) peut être légèrement plus faible.

De plus, il a été constaté que l'aspect de l'amortisseur, visiblement trop comprimé malgré la charge, trahissait certainement une faiblesse de gonflage, après 184h de fonctionnement en trois mois et demi depuis le précédent contrôle.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande que :

- **la procédure de réglage de l'amortisseur avant décrite dans le BTG associé soit scrupuleusement respectée,**
- **l'intervalle de contrôle des amortisseurs de train soit revu.**

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

4.2.1. Secours

Les secours n'ont pas été déclenchés car ils n'ont pas été jugés nécessaires au vu des conséquences de l'évènement.

Le simple constat visuel des conséquences ne présume en rien de l'état interne d'un aéronef accidenté ni de l'état physique ou psychologique des personnes embarquées venant de subir l'évènement.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air :

rappelle que le principe de précaution doit prévaloir en toutes circonstances et recommande que le plan de secours soit activé indépendamment des conséquences apparentes d'un évènement.

4.2.2. Essai de frein

Un test de freinage des roues, prévu sur la feuille de contrôles, n'a pas été exécuté en début de mission et a été reporté à l'issue du vol.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande que :

lorsqu'un test de frein est prévu, celui-ci soit effectué avant le décollage.

4.2.3. Mémento pilote

Les consignes relatives au « roulement au sol » décrites dans le mémento sont une synthèse du manuel de vol.

La synthèse du mémento mentionne seulement, concernant la position du manche, de « *ne jamais ramener le cyclique vers l'arrière* ²⁴ ». Cette formulation est néanmoins incomplète car elle occulte l'autre consigne du manuel de vol qui impose également de toujours maintenir le manche cyclique vers l'avant au sol, y compris lorsque l'on souhaite ralentir.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande que :

**les consignes relatives au roulement au sol figurant dans le manuel de vol
soient reprises intégralement dans le mémento pilote,
et plus généralement, lorsqu'une procédure normale ou d'urgence est
mentionnée dans un mémento d'équipage, que celle-ci reprenne
intégralement les consignes du manuel de vol.**

²⁴ Extrait du mémento pilote.