

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 06 février 2009

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2008-002-I

Date de l'événement	3 mars 2008
Lieu	Phalsbourg (Moselle 57)
Type d'appareil	Gazelle SA 342 L1 Mistral
Immatriculation	N° 4231
Organisme	Armée de terre
Unité	1 ^{er} Régiment d'hélicoptères de combat (RHC) - EHAP1

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

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

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation 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.

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page 1 : CFAT COM.RP.

Page 11 :@Google earth.

Pages 14, 15et17 : BEAD-air.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
SYNOPSIS	6
1. Renseignements de base	7
1.1. Mission	7
1.1.1. Déroulement	7
1.1.2. Localisation	7
1.2. Tués et blessés	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur le personnel	8
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	8
1.5.2. Autres personnels	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	9
1.6.1. Maintenance	10
1.6.2. Performances	10
1.6.3. Masse et centrage	10
1.6.4. Carburant	10
1.7. Conditions météorologiques	10
1.8. Télécommunications	10
1.9. Renseignements sur l'aérodrome	10
1.10. Enregistreurs de bord	12
1.11. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact	12
1.11.1. Examen de la zone	12
1.11.2. Examen de l'aéronef	12
1.12. Renseignements médicaux et pathologiques	12
1.12.1. Commandant de bord	12
1.12.2. Pilote	13
1.13. Incendie	13
1.14. Survie des occupants	13
1.14.1. Abandon de bord	13
1.14.2. Organisation des secours	13
1.15. Essais et recherches	13
1.16. Renseignements supplémentaires	13
2. Analyse	14
2.1. Etude technique	14
2.1.1. Les expertises du CEPr	14
2.1.2. Test de fonctionnement dynamique	16
2.1.3. L'ingestion du soufre	18
2.2. Etude de la phase pilotée	18
2.2.1. Description de l'événement	18
2.2.2. La mise en route et la translation	19
2.2.3. La cadence à droite	19
2.2.4. Perte de puissance	19
2.2.5. Le cabré	19
2.2.6. Comportement de l'équipage	19
3. Conclusion	20
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	20
3.2. Mécanismes de l'événement	20
4. Recommandations de sécurité	21
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	21
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	21

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation légère de l'armée de terre
BAM	Brigade aéromobile
BTP	Boîte de transmission principale
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
EAALAT	Ecole d'application de l'aviation légère de l'armée de terre
EHAP1	Escadrille d'hélicoptères d'appui-protection n° 1
GTM	Groupe turbomoteur
RHC	Régiment d'hélicoptères de combat

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photographies :

Base aérienne de Phalsbourg vue du ciel _____	11
Le moteur Astazou XIV M n°7135 sur son bâti de transport _____	14
État de la roue libre _____	15
Vue rapprochée de la portée des rouleaux _____	15
Piston du limiteur de débit carburant _____	17

Carte :

Partie « Est » de la base de Phalsbourg _____	11
---	----

Croquis :

Positionnement des dégâts sur la Gazelle _____	12
--	----

SYNOPSIS

Date de l'événement : le 3 mars 2008 à 10 h 25.

Lieu de l'événement : parking aéronautique de l'EHAP1¹, (marguerite Est).

Organisme : armée de terre.

Commandement organique : 4^{ème} brigade aéromobile (4^{ème} BAM).

Unité : 1^{er} régiment d'hélicoptères de combat (RHC) - EHAP1- Phalsbourg (Moselle 57).

Aéronef : Gazelle SA 342 L1.

Nature du vol : entraînement aux procédures d'urgence.

Nombre de personnes à bord : 2.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au départ d'une mission d'instruction, lors de la translation entre le parking et le taxiway, une Gazelle du 1^{er} régiment d'hélicoptères de combat de Phalsbourg effectue un brusque cabré accompagné d'un bruit strident et tombe durement sur le sol.

L'équipage évacue l'appareil avant l'arrivée des secours.

Composition du groupe d'enquête technique

- Deux enquêteurs techniques du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air) :
 - un directeur d'enquête ;
 - un enquêteur adjoint.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur ce type d'hélicoptère.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur ce type d'hélicoptère.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- Centre d'essais des propulseurs de Saclay (CEPr), division analyses investigations.
- TURBOMECA (constructeur du moteur).

Déclenchement de l'enquête technique

Le bureau enquêtes accident défense air a été prévenu par l'état-major de l'aviation légère de l'armée de terre (ALAT) le 3 mars 2008 en fin de matinée.

Le directeur d'enquête technique et son adjoint se sont rendus à Phalsbourg le soir même par voie aérienne civile.

Dès le lendemain matin, les experts médecin, pilote et mécanicien basés à Phalsbourg ont rejoint le directeur d'enquête.

Enquête judiciaire

Le parquet de Metz s'est saisi de l'affaire.

Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air (BGA) de Metz a été commis.

Cette affaire a été classée sans suite.

¹ EHAP1 : escadrille d'hélicoptères d'appui-protection n°1

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Mission

Indicatif mission : FMCWB.

Type de vol : CAG² VFR³.

Type de mission : entraînement aux procédures d'urgence.

Dernier point de départ : parking aéronautique de l'EHAP1.

Heure de départ : 10 h 20.

1.1.1. Déroulement

1.1.1.1. Préparation du vol

Le but de cette séance était de mettre à jour la qualification « Vol Technique » (VT) sur Gazelle Mistral du pilote.

Le lundi 3 mars 2008, la séance d'entraînement aux procédures de secours est programmée pour un décollage à 9 h 00. Le briefing de la séance est effectué par le moniteur (MO). Le vol est retardé une première fois afin d'effectuer un complément de plein en kérosène de la Gazelle. Il est retardé une deuxième fois car le pilote découvre, lors de sa visite avant vol, un impact sur la cellule dont il rend compte au moniteur et à son chef de piste.

Après une vérification par le technicien et le mécanicien contrôleur et une fois le plein de carburant effectué, la Gazelle est autorisée à effectuer sa séance d'autorotation avec reprise moteur.

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

A la fin de la mise en route, la Gazelle se déplace dans l'effet de sol pour rejoindre le point d'arrêt avant piste, conformément aux autorisations données par le contrôleur sur la fréquence sol. La Gazelle effectue une dizaine de mètres en translation. C'est alors qu'un bruit se fait entendre, semblable à une survitesse de la turbine. L'appareil part brusquement en lacet par la droite avec une assiette à cabrer, suivie d'un enfoncement de la machine. L'équipage réussit à remettre à plat l'aéronef et à amortir le posé en tirant franchement sur le pas général (PG). L'appareil rebondit violemment sur le sol avec une rotation par la gauche pour ensuite s'immobiliser en ayant subi de sérieux dégâts structuraux.

1.1.2. Localisation

- Lieu :
 - pays : France ;
 - département : Moselle (57) ;
 - commune : Boursheid ;
 - coordonnées géographiques : N 48° 43' 09,5 – E 007° 07' 17,4 ;
 - altitude du lieu de l'événement : 310 m.
- Moment : jour (fin de matinée).

² CAG : circulation aérienne générale.

³ VFR : *visual flight rules* – règles de vol à vue.

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères	2		
Aucune	0		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
SA 342 L1 n° 4231			X	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord moniteur

- Age : 32 ans.
- Unité d'affectation : EHAP1 du 1^{er} RHC de Phalsbourg :
 - fonction dans l'unité : moniteur, chef de l'instruction.
- Formation :
 - qualification : chef de bord – moniteur ;
 - école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EAALAT) ;
 - année de sortie d'école :
 - stage pilote (décembre 1996) ;
 - stage pilote commandant de bord (PCB) (avril 2003) ;
 - stage moniteur (MO) (avril 2004).
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral
Total (h)	2272	25,1	86,1	23,5	32	22,2

- Date du dernier vol comme MO ou PCB :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 27 février 2008, séance d'instruction de vol aux instruments ;
 - de nuit : 26 février 2008, séance d'évaluation de vol sous système d'intensification de lumière (SIL).

1.5.1.2. Pilote

- Age : 31 ans.
- Unité d'affectation : EHAP1 du 1^{er} RHC de Phalsbourg :
 - fonction dans l'unité : chef opérations de l'EHAP1.
- Formation :
 - qualification : commandant de bord ;
 - école de spécialisation : EAALAT ;
 - année de sortie d'école : stage pilote (juin 1996) – stage pilote commandant de bord (juillet 2003).
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral	Sur tous types	Sur Gazelle Mistral
Total (h)	1720	51,9	43,2	17,4	3,5	3,5

- Date du dernier vol comme PCB :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 26 février 2008, séance d'entraînement de vol de combat ;
 - de nuit : 25 février 2008, séance d'entraînement de vol aux instruments.

1.5.2. Autres personnels

Néant.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre.
- Commandement organique d'appartenance : 4^{ème} BAM.
- Base aérienne de stationnement : Phalsbourg.
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC.
- Type d'aéronef :
 - caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales
Cellule	SA342 L1	4231	3011
Moteur	ASTAZOU 14	7135	1921

- Dernière visite périodique (VP) cellule : le 24 octobre 2005 à 2535.8 heures.
- Dernière VP moteur : le 24/10/2005 à 1445 heures.
- Date de fabrication aéronef : 31 octobre 1990.

1.6.1. Maintenance

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

1.6.2. Performances

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

1.6.3. Masse et centrage

La masse et le centrage étaient dans les normes : masse au décollage : 1840 Kg.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TRO F34.
- Quantité de carburant au décollage : 350 l.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 340 l.

1.7. Conditions météorologiques

Observations :

Les paramètres météorologiques ont été relevés sur la plateforme à 10 h 20 par le météorologue du 1^{er} RHC :

- vent en surface : sud-ouest / 10 à 15 Kts⁴, rafale à 25 Kts ;
- visibilité horizontale : entre 7 et 10 Km ;
- température : 8°C ;
- QNH⁵ : 1010 hPa⁶.

1.8. Télécommunications

L'équipage était en contact avec « Phalsbourg sol » sur la fréquence VHF⁷ : 139,600 Mhz⁸.

1.9. Renseignements sur l'aérodrome

Le parking de l'EHAP1 est positionné sur la marguerite est en zone opérationnelle.

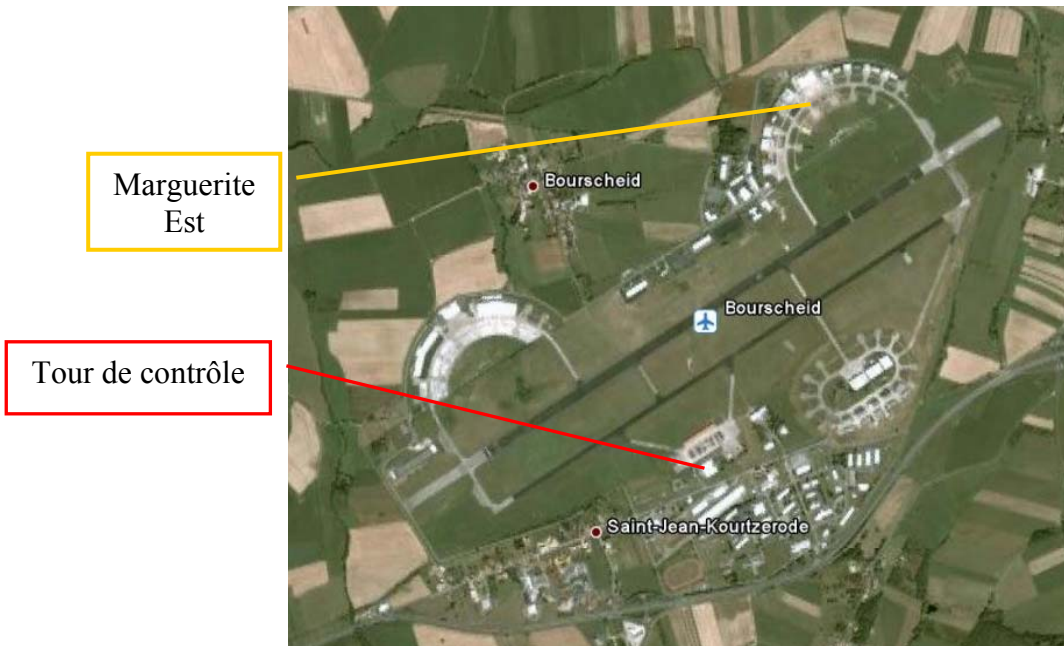
⁴ Kts : *Knots* – noeuds (1 Kt ≈ 1,852 km/h).

⁵ QNH : indique la pression ramenée au niveau de la mer.

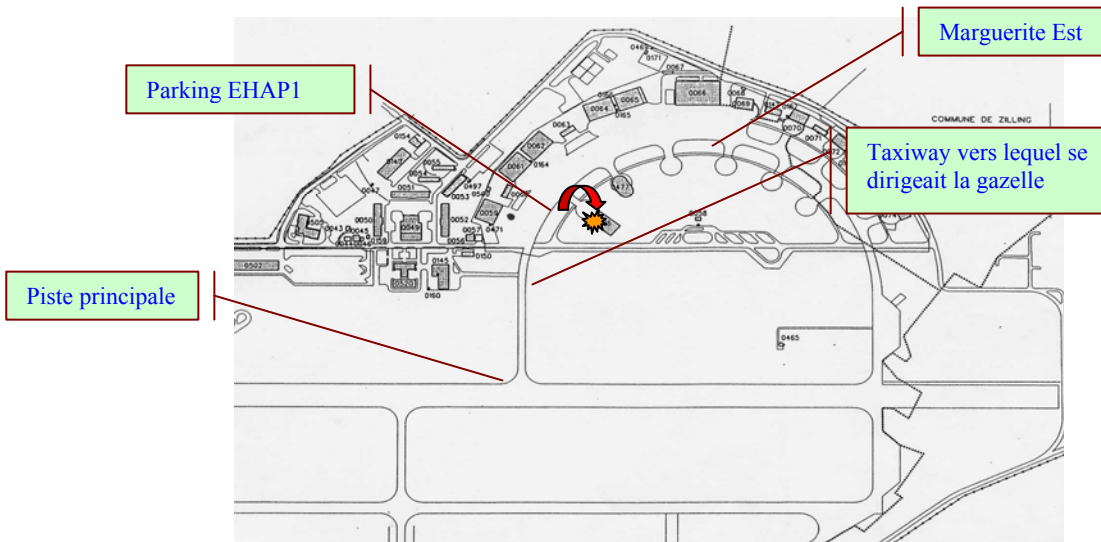
⁶ hPa : HectoPascal.

⁷ VHF : *very high frequency* – très haute fréquence (de 30 à 300 Mhz).

⁸ Mhz : Mégahertz.



Base aérienne de Phalsbourg vue du ciel



Partie « Est » de la base de Phalsbourg

1.10. Enregistreurs de bord

Cet appareil ne dispose d'aucun moyen d'enregistrement des paramètres de vol ni de la phonie.

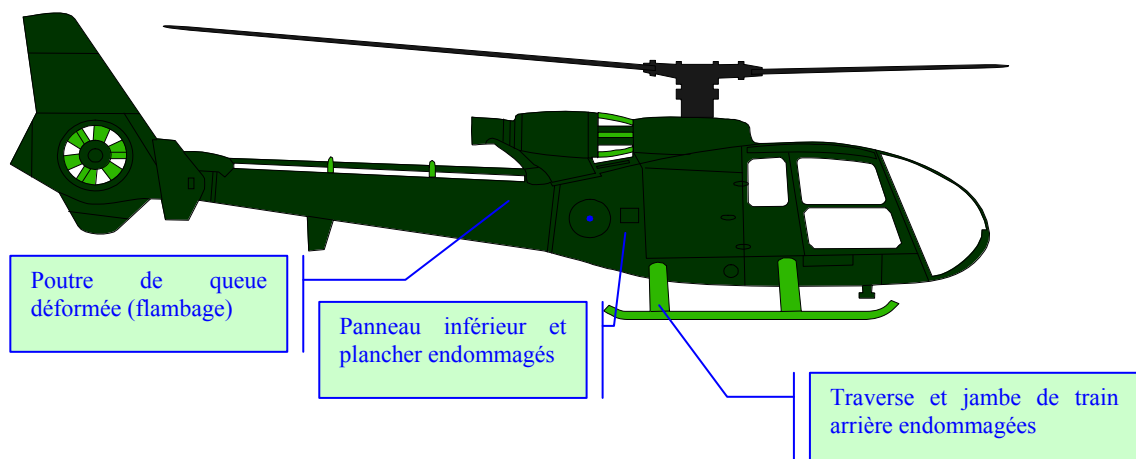
1.11. Renseignements sur l'aéronef et sur l'impact

1.11.1. Examen de la zone

Les traces de peintures retrouvées sur le sol indiquent que l'appareil a dérapé au sol après le posé.

1.11.2. Examen de l'aéronef

- Structure principale :
 - panneau latéral gauche endommagé ;
 - plancher cabine gauche endommagé ;
 - panneau inférieur gauche endommagé ;
 - traverse déformée ;
 - jambes de train arrière droit et gauche marquées.
- Structure arrière :
 - poutre de queue déformée et perforée.



Positionnement des dégâts sur la Gazelle

- Ensembles mécaniques :
 - le groupe turbomoteur (GTM) semble intact ;
 - la boîte de transmission intermédiaire (BTI) est intacte ;
 - les ensembles tournants ne présentent aucun point dur et tournent normalement ;
 - la boîte de transmission principale (BTP) est intacte.

1.12. Renseignements médicaux et pathologiques

Membres d'équipage de conduite :

1.12.1. Pilote commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite révisionnelle à l'unité ;

- date : 17 janvier 2008 ;
 - résultat : apte ;
 - validité : 6 mois.
- Examens biologiques : non effectués.
- Blessures : rachialgies sans lésions osseuses radiologiques ou neurologiques initiales.

1.12.2. Pilote

- Dernier examen médical :
- type : visite révisionnelle à l'unité ;
 - date : 3 décembre 2007 ;
 - résultat : apte ;
 - validité : 6mois.
- Examens biologiques : non effectués.
- Blessures : rachialgies sans lésions osseuses radiologiques ou neurologiques initiales.

1.13. Incendie

Néant.

1.14. Survie des occupants

1.14.1. Abandon de bord

L'équipage a évacué l'appareil par ses propres moyens après avoir effectué les procédures d'arrêt moteur.

1.14.2. Organisation des secours

L'alerte a été donnée par l'équipage sur la fréquence de la tour de contrôle de Phalsbourg. Le contrôleur de vigie a alors déclenché l'alerte et dépêché sur les lieux les moyens des services de secours, d'incendie et de sauvetage (SSIS) prévus à cet effet. Après quelques minutes, les pompiers sont arrivés à proximité de l'appareil et ont pu sécuriser le site de l'incident.

Les services médicaux ont été sollicités quelques heures plus tard, lorsque les deux pilotes ont commencé à ressentir des douleurs lombaires.

1.15. Essais et recherches

L'ensemble GTM a été démonté et envoyé au CEPr de Saclay (Essonne) pour une première expertise.

L'expertise des huiles et du carburant a été réalisée au CEPr de Saclay.

Le GTM a ensuite été envoyé chez TURBOMECA à Tarnos (Landes) afin de réaliser une expertise en dynamique sur banc d'essais pour le moteur et pour le régulateur.

1.16. Renseignements supplémentaires

Quatre témoins se trouvaient dans l'environnement proche de l'appareil au moment de l'incident et ont été en mesure de décrire l'événement.

2. ANALYSE

L'événement à l'origine de ce rapport est un problème moteur sur une Gazelle de type « Mistral » au cours de sa translation du parking vers le taxiway.

L'analyse des éléments porte successivement sur :

- l'étude technique du moteur et des éléments de transmission de puissance ;
- l'étude du comportement en vol de l'aéronef.

2.1. Etude technique

Les premières investigations menées sur l'ensemble des pièces de transmission de puissance et de couple ont permis de suspecter un problème lié au moteur.



Le moteur Astazou XIV M n°7135 sur son bâti de transport

Les expertises ont été menées dans un premiers temps de façon statique au CEPr puis de façon dynamique (sur banc d'essais moteur), chez le constructeur de ce moteur (Turboméca).

2.1.1. Les expertises du CEPr

Le moteur Astazou XIV M n° 7135 équipé de son dispositif d'embrayage accompagné de la tuyère et des grilles d'entrée d'air a été acheminé vers le CEPr de Saclay le 10 mars 2008.

2.1.1.1. Premières investigations

Le CEPr a alors réalisé un ensemble d'examens et de contrôles sur ce moteur sans effectuer de démontages majeurs :

- examen extérieur ;

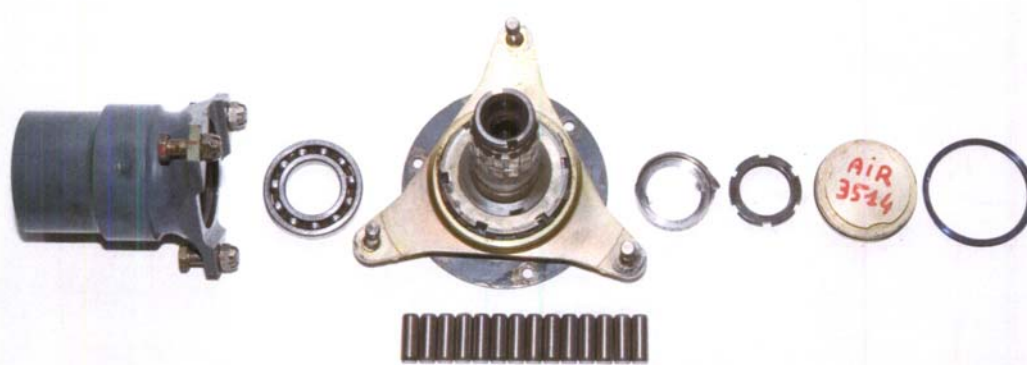
- contrôle endoscopique partiel du compresseur, de la chambre de combustion et du distributeur de turbine premier étage ;
- examen par l'arrière de la turbine ;
- examen de la tuyère et des grilles d'entrée d'air.

Ces examens ont montré l'absence d'endommagement dans les zones inspectées.

2.1.1.2. Examen de l'embrayage et de la roue libre

Le démontage de l'ensemble fait l'objet des constatations suivantes :

- le couple-mètre est intact ;
- l'embrayage centrifuge présente une légère boursoufflure de la peinture extérieure de ses carters. Ce cloquage de la peinture traduit l'échauffement inévitable et répété lors de la phase d'embrayage. Le démontage permet de constater que l'ensemble des pièces internes est recouvert de poussière provenant de l'usure des patins de l'embrayage. Ces résidus sont localement compactés par les effets de la centrifugation. Ces dépôts analysés au laboratoire d'analyse spectrométrique n'ont pas montré la présence de fibre d'amiante. Aucune présence d'huile ou de produit gras n'a été observée à l'intérieur de l'embrayage. Les patins présentent une usure normale et homogène.
- la roue libre fonctionne normalement. Toutes les pièces sont en parfait état sans usure ou marquage anormal. Les portées des rouleaux ne sont pas usées et présentent simplement les traces normales d'appui des rouleaux montrant ainsi la bonne transmission de la puissance du moteur à la BTP. L'arbre mené en sortie de la roue libre ne fait l'objet d'aucun commentaire particulier.



État de la roue libre



Vue rapprochée de la portée des rouleaux

Analyse des fluides

Les échantillons de carburant et d'huile analysés en laboratoire n'ont pas révélé d'anomalie.

Les investigations réalisées sur le moteur Astazou XIV M ont permis de faire les constatations suivantes :

- **l'aspect extérieur du moteur et le contrôle endoscopique ont montré que l'ensemble ne présentait aucun endommagement apparent. Il a donc été décidé de tester ce moteur en fonctionnement dynamique sur banc d'essai ;**
- **le contrôle de l'embrayage a montré qu'il n'y avait pas eu de surcouple sur la transmission, ni de glissement ou patinage de l'embrayage ou de la roue libre ;**
- **l'examen des échantillons de carburant et d'huile livrés a montré qu'ils étaient conformes à des échantillons de référence analysés dans les mêmes conditions.**

2.1.2. Test de fonctionnement dynamique

Le moteur étant a priori en état de fonctionner, le test de fonctionnement dynamique est réalisé afin d'identifier l'origine du dysfonctionnement.

Le moteur a été acheminé vers le site de Tarnos car seul le constructeur, Turboméca, possède les installations permettant ce type d'expertises.

2.1.2.1. Passage au banc moteur

Le moteur a été installé sur banc d'essais multi moteurs apte à accueillir toutes les versions des moteurs « Astazou ». Un frein de type « Froud » avec demande de charge modulable est adapté sur la prise de mouvement à la sortie du moteur.

- 1^{er} essai moteur : il s'agit du premier démarrage de ce moteur après l'événement.
Le régime de ralenti a été atteint avec des instabilités de régime accompagné d'un bruit de combustion toutes les 5 à 6 secondes.
 - arrêt de l'essai et dépose du régulateur carburant (n° 51B) ;
 - décision de monter un nouveau régulateur carburant (n° 542B) sur ce moteur ;
 - envoi vers le « banc régulateur » du régulateur carburant (n° 51B).
- 2^{ème} essai moteur : réalisé avec le nouveau régulateur (n° 542B).
 - pas d'instabilité de régime ;
 - pas de bruit particulier :
un enregistrement vibratoire du moteur a été réalisé du ralenti au régime maximal. La valeur maximale relevée a été de 6 mm/s pour une limite fixée à 15 mm/s. Ce point traduit que la ligne d'arbre et les paliers sont intacts, autorisant donc la poursuite de l'essai.
- 3^{ème} essai moteur : réalisé avec le régulateur d'origine (n° 51B).
Ce régulateur carburant, avant d'être remonté sur le moteur a subi le protocole de test au « banc régulateur » servant habituellement à valider le bon fonctionnement des régulateurs carburant en sortie d'usine. Ce protocole n'a pas permis de mettre en évidence un éventuel défaut du régulateur n° 51B.
Après le démarrage, le régime de ralenti est atteint sans bruit anormal et sans instabilité de régime notable.
Le régime nominal à 100% est atteint sans problème, sans charge appliquée sur le frein.
Lors de l'application d'une charge correspondant à 60-65 daN.m (équivalent à 398 kW, soit 90% de la puissance maximale), des instabilités de régime associées à des fluctuations de débit

carburant ont été rencontrées. Les sécurités du banc se sont alors déclenchées et ont interrompu l'essai. Ces instabilités correspondent à celles rencontrées par l'équipage lors de l'événement. Lors de la remise en route du moteur, les techniciens ont constaté des instabilités de régime identiques à celles rencontrées lors du 1^{er} essai.

- **La mise en puissance du moteur Astazou XIV M n° 7135 au « banc d'essais » du constructeur, a permis de reproduire la panne.**
- **Les différents essais réalisés ont permis de mettre en cause de façon certaine le régulateur n° 51B.**
- **Le protocole appliqué au « banc régulateur carburant » ne permet pas de mettre en évidence le défaut de ce régulateur.**
- **Il a donc été décidé de poursuivre l'expertise du régulateur**

2.1.2.2. Démontage du régulateur carburant

Une expertise complémentaire du régulateur a été effectuée sur banc partiel sans que les contrôles réalisés n'aient permis de mettre en évidence une anomalie de fonctionnement du régulateur.

Le démontage du régulateur a permis les constatations suivantes :

- traces de fonctionnement sur l'ensemble douille - tiroir distributeur ;
- dépôt constaté entre le piston et le corps du limiteur de débit, au point bas.



Piston du limiteur de débit carburant

L'analyse laboratoire de ce dépôt montre que la matière analysée est à base de soufre.

L'origine de cette matière est indéterminée.

Ce dépôt a probablement perturbé le fonctionnement du limiteur de débit. Ce qui a eu pour conséquence d'influer sur le débit carburant et de provoquer une instabilité de régime.

Un dépôt de soufre créé entre le piston et le corps du limiteur de débit a provoqué des perturbations dans le fonctionnement du régulateur carburant ayant entraîné une instabilité de régime au moment où le pilote sollicitait un maximum de puissance de la part du moteur.

2.1.3. L'ingestion du soufre

2.1.3.1. Cas de la pollution carburant

Les hélicoptères Gazelle de l'armée de terre en opération extérieure sont appelées à naviguer dans des zones de type volcanique, désertique ou marécageux, où le soufre se trouve en forte densité à l'état naturel. Pour qu'il y ait un dépôt aussi important au niveau du régulateur carburant, il faut que le carburant utilisé contienne une forte concentration en soufre ou qu'il ait été utilisé pendant une assez longue période.

La Gazelle n° 4231 équipée de ce moteur⁹ n'a jamais été projetée hors du territoire métropolitain. De plus, les carburants aéronautiques sont testés régulièrement avec une grande rigueur, par les personnels du service des essences des armées. Une pollution de ce type aurait sans doute été détectée et signalée.

L'hypothèse selon laquelle l'accumulation de soufre retrouvée dans le régulateur carburant soit liée à une pollution carburant antérieure est très peu probable.

2.1.3.2. Cas des lavages des aéronefs

On trouve du soufre dans les détergents couramment utilisés pour effectuer le lavage des aéronefs (la lessive la plus utilisée est le « dodécylbenzènesulfonate de sodium »).

Ces lavages sont effectués, pour la plupart, en utilisant des lances à eau sous pression de type « Karcher ». La grande puissance de ces jets d'eau est à même de faire pénétrer à l'intérieur du régulateur carburant une certaine quantité de détergent. En effet, un des drains d'évacuation du moteur est directement relié au régulateur carburant. Une obturation imparfaite de ce drain pourrait permettre l'ingestion par le régulateur carburant d'une certaine quantité de produit soufré.

L'hypothèse selon laquelle le lavage sous pression des aéronefs ait entraîné l'ingestion par le régulateur carburant de détergent à base de soufre est probable.

2.2. Etude de la phase pilotée

L'analyse qui suit détaillera, phase par phase, le comportement de l'appareil et les actions de l'équipage.

Le posé dur de l'appareil avec le sol a eu lieu pendant le déplacement de son plot de stationnement vers le point d'arrêt avant piste.

La Gazelle n° 4231 a rencontré un problème moteur qui se décompose en deux phases successives : un surrégime moteur immédiatement suivi d'une perte de puissance quasi-totale assimilable à une autorotation à très basse hauteur.

2.2.1. Description de l'événement

Le pilote aux commandes se déplace dans l'effet de sol pour rejoindre le taxiway. Afin d'éviter deux autres aéronefs stationnés à sa droite, le pilote adopte une trajectoire vers sa gauche. Après dix mètres de translation, le pilote entend un bruit en provenance de la turbine ; le moniteur, occupé à recevoir un message radio, ne l'entend pas. La Gazelle part alors en cadence à droite et à cabrer. Le pilote aux commandes ramène « le manche cyclique » (PCy) en avant pour annuler le cabrer et remettre la Gazelle à plat tout en contrant au palonnier la cadence induite. Le moniteur en place

⁹ Ce moteur a été monté sur la Gazelle n°4231 le 20 juillet 2005.

gauche se précipite alors sur les commandes, pour remettre également l'appareil à plat. A cet instant, l'appareil s'enfonce avec une cadence à gauche ; les deux membres d'équipage contrent au palonnier et tirent simultanément sur « le pas général » (PG) afin de freiner la chute de la Gazelle et d'essayer d'amortir l'impact avec le sol. L'appareil touche le sol violemment une première fois et rebondit avec une cadence toujours à gauche. Au deuxième impact, l'équipage immobilise l'appareil en baissant rapidement le PG. Une fois au sol, l'appareil vibre énormément et les pales battent avec de grandes amplitudes. L'équipage décide rapidement d'appliquer la procédure d'arrêt moteur, le pilote tire la manette coupe-feu, la manette de débit et le frein rotor.

2.2.2. La mise en route et la translation

La séquence de mise en route s'effectue normalement. Les paramètres étaient dans les normes avant et pendant le déplacement.

2.2.3. La cadence à droite

L'augmentation du régime GTM a fait augmenter le régime rotor. Le couple de réaction du rotor principal a donc dans un premier temps amené l'appareil à cadencer par la gauche (confirmé par un témoin). Le pilote automatique (PA) est toujours en action. Un sursrégime n'entraînant pas de coupure du PA, celui-ci a corrigé par une cadence par la droite. En effet, dans la cinématique du PA, la chaîne « lacet » est responsable de la fonction tenue de cap pour une vitesse indiquée inférieure à 90 Km/h.

Il est possible que suite à l'augmentation du couple de réaction, la correction du PA ajoutée à celle des pilotes ait généré une correction trop importante, en ramenant l'appareil avec une cadence à droite.

2.2.4. Perte de puissance

Le sursrégime du GTM a été suivi par une perte immédiate des tours GTM et rotor, ce qui peut s'assimiler à une autorotation sans moteur. Il y a alors disparition du couple de réaction du rotor principal au profit du couple d'entraînement, ce qui tend à faire cadencer l'appareil par la droite. Tout comme une augmentation de puissance implique une cadence à gauche, une baisse significative des tours GTM entraîne obligatoirement une cadence à droite, qui dans ce cas a été corrigée par le pilote générant l'enfoncement à gauche.

2.2.5. Le cabré

Le sursrégime de la turbine a entraîné une augmentation des tours rotor, donc une augmentation brutale de puissance qui a provoqué instantanément un effet cabreur. Il s'agit là d'un effet induit lié à la mécanique de vol de l'hélicoptère.

2.2.6. Comportement de l'équipage

Juste après le décollage, les pilotes se trouvent dans une phase de leur trajectoire où leur attention est particulièrement attirée par la sécurité vis-à-vis des autres appareils et des mécaniciens qui sont au sol. La brutalité de l'événement surprend l'équipage. Le pilote tente dans un premier temps de conserver le contrôle de son aéronef par une action simultanée sur le PCy, le PG et le palonnier. Le moniteur réagit de façon reflexe et tente lui aussi d'intervenir sur les commandes. La perte de puissance immédiatement consécutive au sursrégime est rapidement analysée par les deux pilotes. Ils appliquent instantanément la procédure d'autorotation ad hoc.

**L'équipage, confronté au caractère soudain et brutal du phénomène, n'a pas eu le temps de contrer totalement les effets secondaires inhérents à la mécanique de vol de l'hélicoptère (effet cabreur et cadence).
Néanmoins, leur action réflexe conforme à la procédure en vigueur a minimisé les dégâts.**

3. CONCLUSION

3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

- Un équipage confirmé part pour une mission de maintien de qualification. Après une procédure de mise en route nominale, le pilote aux commandes procède à la mise en stationnaire et débute sa translation vers le point de décollage. Après un parcours de quelques mètres au dessus du parking, le moteur émet un bruit strident et l'appareil effectue un violent cabré. Il se pose durement et s'immobilise après un rebond.
- Le moteur, de type Astazou XIV M qui équipe cette Gazelle, a subi une pollution au soufre. Cette pollution a créé un dépôt entre le piston et le corps du limiteur de débit du régulateur carburant. Ce dépôt a généré une instabilité de régime au moment où le pilote sollicitait un maximum de puissance de la part de son moteur. Ce qui a entraîné un sursrégime du moteur, suivi d'une perte totale de puissance assimilable à une autorotation sans moteur.
- Le comportement de l'aéronef est une résultante de cette instabilité de régime.
- L'équipage, confronté à la perte soudaine de puissance, a appliqué de façon réflexe la procédure prévue pour ce type d'autorotation. Il n'est toutefois pas parvenu à maîtriser totalement le contrôle de l'aéronef compte tenu du caractère soudain de l'événement et des effets secondaires inhérents à la mécanique de vol de l'hélicoptère.

3.2. Mécanismes de l'événement

Cet événement est la résultante d'une panne mécanique liée à une pollution du régulateur carburant. Cette panne est survenue au moment où le pilote sollicitait de la part de son moteur un maximum de puissance.

Il est probable que le lavage au moyen de jets d'eau sous pression de cet appareil ait provoqué la pollution du régulateur carburant par le produit détergent à base de soufre.

L'application par l'équipage de la procédure liée au cas de panne en stationnaire a permis de minimiser les conséquences de cet événement.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

L'historique des événements du régulateur carburant de l'Astazou XIV M montre que ce type de matériel a connu dans le passé un problème récurrent, ayant nécessité une vérification de tous les régulateurs carburant installés sur ce type de moteur¹⁰. Cependant, l'examen des faits techniques liés à ces régulateurs, depuis cet épisode, montre une certaine fiabilité : peu d'avaries sont constatées, et aucun cas similaire n'a été répertorié.

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

L'utilisation de jets d'eau sous pression et de détergents facilite le lavage des appareils. Cependant il faut faire preuve de rigueur en ce qui concerne la protection du moteur afin d'éviter les contaminations involontaires.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à tous les opérateurs, si l'emploi de jets d'eau sous pression s'avère indispensable, de s'assurer au préalable que toutes les mesures ont été prises pour protéger les moteurs et autres circuits (carburant, hydraulique).

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

Lors de cet événement, seuls les moyens de sauvetages et d'incendie ont été envoyés sur les lieux. Ceux-ci sont arrivés assez rapidement et ont permis la sécurisation de l'aéronef et de son environnement. Cependant, les moyens médicaux n'ont été prévenus que cinq heures après l'incident, lorsque l'équipage a commencé à se plaindre de douleurs lombaires.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

- **que les procédures d'alerte sur la base de Phalsbourg, liées aux incidents et accidents aériens soient modifiées afin que les services médicaux soient systématiquement associés au dispositif dès le déclenchement de l'alerte ;**
- **à l'ALAT de vérifier que, sur toute les bases ALAT, les services médicaux font partie intégrante des procédures de déclenchement d'alerte, en cas d'événement aérien.**

¹⁰ Les investigations ont débuté en 1994 et les vérifications se sont terminées en 1996.