



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2010-015-A

Date de l'événement	21 septembre 2010
Lieu	Commune de Plaisance du Gers (32)
Type d'appareil	Gazelle SA 341 F2
Immatriculation	FMGHW
Organisme	Armée de terre
Unité	5^{ème} régiment d'hélicoptères de combat (5^{ème} RHC)

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 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.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : BEAD-air

Photographies :

Pages : 12, 14, 16, 23, 25 : BEAD-air

Illustrations :

Pages : 15, 22, 23, 24 : BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Tués et blessés	7
1.3 Dommages à l'aéronef	8
1.4 Autres dommages	8
1.5 Renseignements sur le personnel	8
1.6 Renseignements sur l'aéronef	9
1.7 Conditions météorologiques	11
1.8 Aides à la navigation	11
1.9 Télécommunications	11
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	11
1.11 Enregistreurs de bord	11
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	12
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.14 Incendie	17
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	17
1.16 Essais et recherches	17
1.17 Renseignements sur les organismes	17
1.18 Renseignements supplémentaires	18
1.19 Techniques spécifiques d'enquête	18
2. Analyse	19
2.1 Causes de l'arrêt moteur en vol	19
2.2 Analyse liée aux facteurs humains et organisationnels	28
2.3 Gestion de l'événement	31
3. Conclusion	33
3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	33
3.2 Causes de l'événement	33
4. Recommandations de sécurité	34
4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	34
4.2 Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	34

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation Légère de l'Armée de Terre.
BTA	Boîte de Transmission Arrière.
BTI	Boîte de Transmission Intermédiaire.
BTP	Boîte de Transmission Principale.
CAM V	Circulation Aérienne Militaire de Typer Victor.
CEMPN	Centre d'Expertise Médicale du Personnel Navigant.
CODIS	Centres Opérationnels Départementaux d'Incendie et de Secours.
CCS	Centre de Coordination et de Sauvetage.
DGA	Direction Générale de l'Armement.
EAALAT	Ecole d'Application de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre.
EHA	Escadrille d'Hélicoptère d'Attaque.
EHAP	Escadrille d'Hélicoptères d'Appui Protection.
EP	Essais Propulseurs.
EPI	Enquêteur de Première Information.
GTM	Groupe Turbo Moteur.
MRP	Moyeu Rotor Principal.
RHC	Régiment d'Hélicoptère de Combat.
SAR	<i>Search and Rescue.</i>
VOLTAC	Vol d'Entraînement au Vol Tactique.

SYNOPSIS

Date et heure de l'événement : 21 septembre 2010 à 09 heures 30.
Lieu de l'événement : commune de Plaisance du Gers (32).
Organisme : armée de terre.
Commandement organique : aviation légère de l'armée de terre (ALAT).
Unité : 5^{ème} régiment d'hélicoptère de combat (RHC).
Aéronef : Gazelle SA 341.
Nature du vol : vol d'entraînement au vol tactique (VOLTAC).
Nombre de personnes à bord : 02.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'un VOLTAC, l'équipage de la Gazelle décide d'effectuer un poser de circonstance. En finale d'approche sur un champ, il est confronté à un arrêt moteur en vol. Lors de l'atterrissage d'urgence, l'appareil bascule vers l'avant puis se couche sur le côté gauche. L'équipage est indemne, l'appareil est détruit.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Gazelle SA 341.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Gazelle SA 341.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- DGA Essais Propulseurs (DGA EP), site de Saclay.
- L'industriel Turboméca.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu de l'événement le mardi 21 septembre vers 10 h 15 par le COMALAT. Le directeur d'enquête technique a rejoint le site de l'accident vers 17 h 00 avec l'expert pilote. Les experts mécaniciens et médecin ont rejoint le groupe d'enquête le lendemain matin.

Enquête judiciaire

Un officier de police judiciaire de la section de recherches de la gendarmerie de l'air a pris la direction de l'enquête préliminaire ouverte près le tribunal de grande instance de Pau.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : EQUI 1 EHR.

Type de vol : circulation aérienne militaire de type Tango (CAM T).

Type de mission : entraînement au VOLTAC.

Dernier point de départ : 5^{ème} RHC.

Heure de départ : 9 h 00.

Point d'atterrissage prévu : 5^{ème} RHC.

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le vol programmé est une séance d'entraînement au vol tactique dans une zone de travail à 20 Nm¹ environ au nord de Pau.

L'équipage est composé d'un pilote commandant de bord en place gauche et d'un pilote aux commandes en place droite.

Le pilote n'ayant pas pratiqué ce type de vol depuis deux mois, la séance consiste en un réentraînement au vol tactique. Le commandant de bord entraîne le pilote aux évolutions tactiques et aux posers en sécurité.

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

L'équipage décolle de la base à 09 h 00 et se dirige vers sa zone de travail. Arrivé sur zone, il commence par effectuer des déplacements de combat². Il effectue ensuite un poser tactique sur un terrain choisi par le commandant de bord et s'entraîne au poser en devers. Il redécollé et poursuit les déplacements de combat à la recherche d'une nouvelle zone de poser tactique.

Le commandant de bord identifie une aire de poser à proximité du village de Plaisance et demande à son pilote d'effectuer un virage de 360° par la droite avant de lui désigner la zone. L'appareil évolue à une hauteur de 30 à 40 mètres du sol et à une vitesse de 180 km/h environ. Le commandant de bord désigne le point de poser. Le pilote acquiert le visuel sur le champ à ses 3 heures environ et amorce une prise de terrain en U à une vitesse de 150 km/h environ. Aligné sur l'axe du champ, face au Sud et face au vent, le pilote débute sa finale d'approche à une vitesse estimée de 140 km/h, une hauteur sol de 15 mètres environ et une puissance affichée entre 20 et 30%.

Le commandant de bord annonce la présence d'une ligne à haute tension distante d'environ 900 mètres au nord du terrain et la présence d'un canon d'arrosage légèrement en avant du terrain, sur la gauche (est).

¹ Nm : *Nautical mile*. 1 Nm ≈ 1852 mètres.

² Hauteur de vol : du sol à 50 mètres / sol.

Soudain, lors de la descente, alors que l'appareil est à une hauteur de 10 à 15 mètres, l'équipage perçoit le bruit caractéristique de l'extinction de la turbine accompagné d'une perte de tours du régime moteur. Le commandant de bord constate les voyants ALTER et NAV allumés.

Dans un premier temps, le pilote pense à une baisse de régime momentanée mais il constate que le moteur s'est éteint et que le régime N1 décroît rapidement.

Immédiatement, il baisse légèrement le pas général, réduit sa vitesse aux alentours de 120 km/h puis tire complètement le pas général avant que l'appareil ne touche le sol. Après quelques mètres de glissade, la Gazelle bascule vers l'avant au niveau d'une ornière puis se couche sur le côté gauche et s'immobilise. L'équipage, indemne, procède à la séquence d'arrêt. Le pilote met sur arrêt les trois interrupteurs : BAT-ALTER-GENE. Le commandant de bord met l'interrupteur de démarrage et la pompe de gavage sur arrêt puis actionne la manette coupe feu et la manette de débit avant d'évacuer.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Gers
 - commune : Plaisance du Gers
 - coordonnées géographiques :
 - N 43° 36' 35"
 - E 0° 02' 15"
 - hauteur / altitude du lieu de l'événement : 110 mètres
- Moment : jour
- Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Nogaro à 10 Nm dans le 340° du lieu de l'événement.

1.2. Tués et blessés

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
SA 341 n°1643		X		

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Pilote commandant de bord

- Unité d'affectation : escadrille d'hélicoptères d'attaque (EHA)
 - fonction dans l'unité : officier adjoint au commandant d'unité
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille (2007)
 - école de spécialisation : EAALAT de Dax
 - année de sortie d'école : 2006
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Gazelle	Sur tous types	Dont sur Gazelle	Sur tous types	Dont sur Gazelle
Total (h)	1030	1030	151	151	29	29
Dont VOLTAC			86	86	13	13

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef : 11 septembre 2010 ;

1.5.2. Pilote aux commandes

- Unité d'affectation : escadrille d'hélicoptères d'appui protection (EHAP)
 - fonction dans l'unité : pilote
- Formation :
 - qualification : chef de bord (qualification adaptée pour les pilotes en attente de stage Tigre) (juillet 2010)
 - école de spécialisation : EAALAT de Dax
 - année de sortie d'école : 2004
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont sur Gazelle	Sur tous types	Dont sur SA341	Sur tous types	Dont sur SA341
Total (h)	1141	1050	52	13	12	10
Dont VOLTAC			7	2	2	1

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef : 14 septembre 2010 ;
 - sur tous types : 15 septembre 2010 ;

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement organique d'appartenance : ALAT
- Base aérienne de stationnement : 5^{ème} RHC
- Unité d'affectation : EHA
- Type d'aéronef : SA 341 F2
 - configuration : lisse
 - armement : néant
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	SA 341 F2	1643	2713,6	VP³ : 16
Moteur	Astazou III C2	887/5232	5987,6	RG⁴ : 1241,6

³ VP = visite périodique, entretien calendaire (25 h)

⁴ RG = révision générale

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation témoigne d'un entretien conforme à la réglementation en vigueur.

Les dernières opérations de contrôle sur le GTM ont été effectuées le 26 juillet 2010 à 2697,6 heures. Ces opérations sont des visites d'entretien calendaire au cours desquelles il a été procédé à un décrassage de la veine d'air.

1.6.2. Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol et évoluait dans son domaine de vol.

1.6.3. Masse et centrage

- Masse au décollage estimée par l'équipage : 1720 kg.
- Masse au décollage calculée : 1704 kg.
- Masse de l'appareil estimée au moment de l'événement : 1657 kg.

Le centrage est dans les normes du constructeur.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34.
- Quantité de carburant au décollage : 440 litres.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 380 litres.

Les résultats des analyses carburant (réservoir et avitailleur) sont conformes à la norme spécifiée.

1.6.5. Autres fluides

- Les résultats d'expertise des huiles des ensembles mécaniques (BTP, BTI, BTA, GTM) sont conformes aux normes spécifiées.
- Les résultats d'expertise de l'huile du circuit hydraulique sont conformes aux normes spécifiées.
- Le témoin de colmatage hydraulique n'est pas apparent.

1.7. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques du terrain de Pau au moment de l'événement étaient les suivantes :

- vent du 130° pour 4 Kt⁵, rafales à 6 Kt
- visibilité supérieure à 10 km
- température : 18 °C
- QNH⁶ : 1015 hPa
- QFE⁷ : 994 hPa
- Taux d'humidité de 75 %
- BKN⁸ 3500 ft
- Pas de précipitations sur le lieu et au moment de l'événement.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

L'équipage travaillait dans les zones d'entraînement du 5^{ème} RHC. Ces zones sont gérées et contrôlées par Pau-Pyrénées. Sur zone, les équipages veillent une fréquence de travail pour assurer une coordination entre eux. Ils veillent également la fréquence des opérations du 5^{ème} RHC.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil ne dispose d'aucun enregistreur de bord.

⁵ Kts : *Knots* – noeuds (1 Kt ≈ 1,852 km/h).

⁶ QNH : indique la pression ramenée au niveau de la mer.

⁷ QFE : calage altimétrique permettant de lire une hauteur sur un altimètre.

⁸ BKN : nuage morcelés – nébulosité de 5 à 7 octats.

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

1.12.1. Examen de la zone

La cellule est couchée sur le côté gauche.

Le terrain, parcelle non cultivée en friche, est plan mais parcouru par de nombreuses ornières.

La terre est très dure et les ronciers sont dominants.



Vue aérienne du site

1.12.2. Examen de l'épave



Vue générale de l'appareil couché sur le côté gauche

1.12.2.1. Structure centrale et atterrisseurs

L'hélicoptère est couché sur le côté gauche. La partie inférieure avant de la structure centrale est déformée, les bulles gauche et droite sont brisées. La porte avant droite a été éjectée par l'équipage.

Hormis un épanchement de kérosène par la mise à l'air libre du réservoir principal dû à la position couchée de l'appareil, aucune fuite de kérosène n'a été détectée au niveau des dispositifs de vide-vite, des systèmes de purge ou à l'intérieur de la structure centrale.

Aucune tuyauterie et aucun câble électrique n'est arraché ou sectionné à l'intérieur de la structure centrale.

Concernant les atterrisseurs :

- le patin droit est visuellement intègre ;
- le patin gauche est plié et déchiré à 70 cm environ de son extrémité avant, ses deux jambes sont légèrement flambées ;
- les deux traverses sont intactes (tunnels de passage, contrefiche).

1.12.2.2. Intérieur cabine

L'intérieur de la cabine est aplati du côté gauche. La balise de détresse est en position arrêt.

Les positions des commandes, des interrupteurs et des équipements de bord sont les suivantes :

- manette frein rotor vers l'avant (libre) ;
- manette de débit en position plein arrière (position sol) ;
- manette coupe feu actionnée en position arrière ;
- manche cyclique au neutre ;
- le levier de pas est en position plein grand pas et bloqué ;
- le palonnier gauche est enfoncé de 1/3 environ vers l'avant ;
- sélecteur de démarrage sur arrêt ;
- pompe de gavage sur arrêt ;
- commandes électriques BAT, ALTER et GENE sur arrêt ;
- la sonde altimétrique indique 12 mètres (position appareil couché) et 9 mètres (appareil relevé) ;
- l'altimètre est calé à 1015 hPa et indique 140 mètres.

1.12.2.3. Pales principales



Vue de l'appareil

Les pales principales sont en position conique, orientées vers le haut. Elles sont entières.

- La pale principale rouge touche le sol. Elle est vrillée. Son saumon présente en bord d'attaque des traces de terre et une déchirure de son revêtement.
- La pale principale jaune touche le sol. Son saumon présente également en bord d'attaque des traces de terre et une déchirure de son revêtement. Son bord de fuite est décollé sur une moitié de l'envergure environ à partir de l'extrémité.
- La pale principale bleue est suspendue en l'air avec un angle d'environ 50° avec le sol. Son bord de fuite est décollé sur environ un tiers de l'envergure à partir de l'extrémité. Son saumon présente un enfoncement au niveau du bord d'attaque et des traces de terre.

1.12.2.4. Moyeu rotor principal et groupe turbomoteur

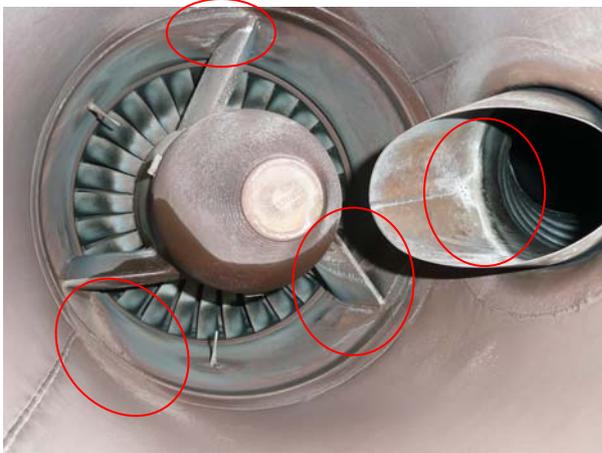
- Les butées hautes des manchons rouge et bleu sont cassées ;
- Les trois bielles de commande de pas sont intègres ;
- Les leviers de pas sont tordus sur les manchons rouge et jaune ;
- Les plateaux cycliques (fixe et tournant) sont bloqués en position grand pas ;
- Les deux leviers du compas fixe sont en extension maximale et leur articulation est bloquée.

Aucun endommagement n'est visible sur la partie avant du moteur :

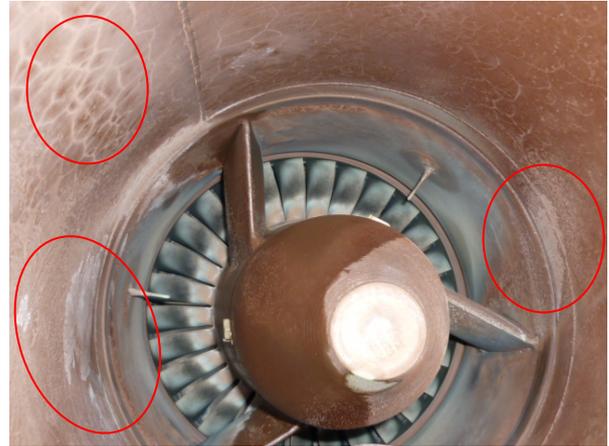
- aucune trace de choc n'est observée ;
- les grilles de protection d'entrée d'air sont en place et leurs freinages par épingles sont présents et intègres ;
- aucune accumulation de matière végétale (herbe) n'est constatée au niveau de la grille d'entrée d'air ;
- les capotages du GTM sont présents, fermés et verrouillés.

A l'arrière du moteur :

- la libre rotation du générateur est constatée par mise en rotation de l'ensemble tournant par l'étage turbine ;
- l'étage turbine ne présente aucun dommage apparent ;
- des traces et des dépôts de couleur blanche sont constatés à l'intérieur de la tuyère et sur les pieds de pales du dernier étage de turbine.



Partie arrière du GTM (appareil couché sur le flanc gauche – photo prise quelques heures après l'accident)



Partie arrière du GTM (appareil relevé – photo prise le lendemain de l'accident)

Après ouverture des capots-moteur :

- aucune fuite de fluide n'est détectée ;
- le régulateur est visuellement intact ;
- la fixation de la commande de débit carburant sur le régulateur de vitesse est complète et intégrée, son freinage est présent et sa position est celle du ralenti sol (5 à 6° indiqué sur le boîtier mini rupteur du régulateur) ;
- la vanne de décharge mécanique est constatée ouverte.

1.12.2.5. Poutre de queue

La poutre de queue est flambée au niveau de sa jonction avec la structure centrale. Elle est endommagée sur le premier tiers de sa longueur environ. Elle repose sur la dérive latérale gauche. La tôle est perforée à divers endroits.

- La tôle de protection du plancher GTM (selle) au niveau du support de poulies est cassée.
- La transmission horizontale a reculé de quelques centimètres.
- Au niveau de la partie arrière :
 - la dérive centrale supérieure est intacte,
 - les deux demi-plans fixes sont endommagés,
 - le carénage inférieur de la poutre de queue (sabot) montre deux enfoncements avec une déchirure du revêtement stratifié.

Quatre marquages par les pales principales sur la dérive principale sont détectés. Le premier est un enfoncement juste sous la vis de fixation supérieure du carénage de l'arbre de liaison et les trois autres sont des déchirures du revêtement de la dérive centrale.



Vue détaillée du sabot

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite semestrielle à l'unité
 - date : 12 avril 2010
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non réalisés
- Blessures : traumatisme rachidien modéré n'ayant entraîné aucun arrêt maladie.

1.13.2. Pilote aux commandes

- Dernier examen médical :
 - type : visite au CEMPN
 - date : 04 mai 2010
 - résultat : apte
 - validité : 24 mois
- Examens biologiques : non réalisés
- Blessures : traumatisme rachidien modéré ayant entraîné une exemption de vol de 5 jours. Le pilote a repris les vols le 27 septembre puis a bénéficié d'un arrêt maladie jusqu'au 13 octobre 2011.

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

Une fois l'appareil immobilisé, l'équipage a évacué l'hélicoptère par ses propres moyens, le commandant de bord par la porte avant droite et le pilote par la bulle avant droite.

1.15.2. Organisation des secours

Les pompiers ont été alertés par des témoins présents sur les lieux de l'accident. Ils sont arrivés sur place environ cinq minutes après l'appel.

Les deux membres d'équipage ont bénéficié d'un bilan type secouriste sur site.

L'équipage indemne, a prévenu les opérations du 5^{ème} RHC par téléphone portable qui ont envoyé un hélicoptère Cougar sur la zone de l'accident avec deux médecins, l'EPI du BEAD-air et l'OSV du régiment à son bord. L'appareil a décollé du 5^{ème} RHC à 10 h 10. Il est arrivé sur zone vers 10 h 30.

Le CCS (Centre de Coordination et de Sauvetage) de Mont-de-Marsan a appelé à 09 h 50 la tour de contrôle militaire du régiment pour les avertir qu'un Puma SAR venait d'être mis en alerte suite au déclenchement d'une balise de détresse ERSX 3B. Mais, suite aux informations sur l'état de santé de l'équipage par le CODIS 65 sur place et sur l'envoi d'un hélicoptère Cougar avec un médecin à bord, le CCS a décidé d'annuler le Puma SAR.

L'équipage a été évacué du site de l'accident vers le service médical du 5^{ème} RHC à 11 h 40.

1.16. Essais et recherches

L'expertise technique du GTM a été effectuée par DGA EP et par l'industriel Turboméca.

Les huiles et le carburant prélevés sur site ont été analysés par DGA EP.

Des prélèvements complémentaires ont été réalisés avant le passage du GTM au banc moteur. Ces prélèvements ont été analysés par DGA EP.

L'équipage a empêché les pompiers d'arroser le GTM pour ne pas polluer les expertises techniques.

1.17. Renseignements sur les organismes

Sans objet.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Balise de détresse

La radiobalise de détresse ERSX-3B-A06 était en position automatique au moment de l'événement et s'est déclenchée au moment du heurt de l'appareil avec le sol. Elle a ensuite été mise sur arrêt par le commandant de bord après avoir prévenu les opérations du 5^{ème} RHC.

1.18.2. Témoins extérieurs

Trois témoins extérieurs ont vu l'accident et ont apporté divers éléments d'informations.

1.18.3. Rappel sur le vol tactique

Ce type de vol est défini ainsi dans l'instruction n° 3400/DEF/COMALAT/BSV du 5 novembre 2009 : « *Le vol tactique est un vol de combat pratiqué en CAM T à une hauteur comprise entre la surface et 50 mètres par rapport à la surface. Destiné à limiter la détection et la vulnérabilité des aéronefs, il peut comporter des évolutions entre les obstacles. Ce type de vol se caractérise par le respect des trajectoires de sécurité et le choix d'une vitesse adaptée au terrain et à l'environnement opérationnel* ».

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Le GTM n° 5232 installé sur la Gazelle n° 1643 a fait l'objet d'une première expertise technique chez l'industriel Turboméca. Etant donné que le moteur était libre en rotation et ne présentait aucun dommage apparent, il a été procédé à un test au banc complet. Des prélèvements (fluides et dépôts) ont également été réalisés pour analyse chez DGA EP.

A l'issue, le régulateur a été démonté puis expertisé par DGA EP.

Le rapport final d'expertise de DGA EP a été rendu le 7 février 2011.

Des éléments complémentaires ont été apportés par l'industriel courant février 2011.

2. ANALYSE

L'accident aérien a pour origine un arrêt moteur en vol. Le premier chapitre de l'analyse s'attache à déterminer les causes de l'arrêt moteur en vol. Le deuxième chapitre présente une analyse liée au domaine des facteurs humains. Un dernier chapitre est consacré à la gestion de l'événement.

2.1. Causes de l'arrêt moteur en vol

La déformation des pales et du fuselage observée in situ témoigne d'un poser avec peu voire pas de puissance au niveau du rotor. Ce fait a été confirmé par l'absence d'absorption de végétaux ou de terre par l'entrée d'air de la turbine.

Sur le GTM, aucun dommage extérieur apparent n'a été constaté. Le mobile générateur de gaz ainsi que l'ensemble roue libre tournent librement.

Le circuit d'alimentation en carburant a été testé et ne présente aucune anomalie. L'électro-robinet carburant s'est fermé lors de la mise sous tension des circuits, ce qui confirme que le robinet était ouvert au moment de l'accident. La pompe de gavage a continué de tourner alors que le moteur s'était arrêté. Une fumée blanchâtre signalant une pulvérisation de carburant non brûlé s'est produite et a été observée par deux témoins.

Selon le témoignage de l'équipage, l'appareil se trouve à une hauteur comprise entre 10 et 15 mètres lorsqu'il entend un sifflement, représentatif d'une extinction de la turbine. Le pilote constate alors les voyants ALTER et NAV⁹ allumés au tableau de panne, la perte des tours du régime moteur et le commandant de bord constate l'allumage du voyant rouge « ALARME »¹⁰.

En cabine, la sonde altimétrique indique 9 mètres. Cette valeur indique la hauteur de vol lorsque le régime moteur est passé en dessous de 41300 tr/min environ. A cet instant, l'alimentation électrique s'est coupée et la sonde est restée figée à la valeur du moment.

L'extinction du GTM en vol rapportée par l'équipage est confirmée par les résultats des premières investigations techniques.

Deux hypothèses peuvent expliquer un arrêt moteur non commandé en vol : un défaut d'alimentation en carburant ou un défaut d'alimentation en air. Ces hypothèses sont étudiées ci-après.

⁹ Les voyants ALTER et NAV sur le tableau de panne indiquent la perte de l'alimentation électrique suite à l'arrêt de l'alternateur.

¹⁰ L'allumage du voyant rouge « alarme » en vol indique une anomalie dans le circuit carburant, se traduisant par l'ouverture complète du régulateur doseur et par l'impossibilité de rétablir la vitesse réglée du moteur.

2.1.1. Hypothèse d'un défaut d'alimentation en carburant

Aucune pollution d'origine organique ou inorganique n'a été mise en évidence dans le carburant prélevé dans le réservoir de l'appareil.

L'endoscopie réalisée sur le GTM a montré l'absence d'endommagement à l'intérieur du GTM et l'absence de corps étrangers : le moteur n'a pas absorbé de corps étrangers solides.

Du carburant non brûlé a par ailleurs été retrouvé dans la tuyauterie de prélèvement d'air P2 du GTM. Ce carburant provient du réservoir de l'appareil. Cette présence de carburant non brûlé s'explique par la position de l'hélicoptère après le crash. L'appareil étant posé sur son flanc gauche, le raccord de prélèvement du P2 s'est retrouvé en partie basse du moteur et a permis le drainage de la chambre de combustion. La présence de carburant non brûlé atteste de l'alimentation par la roue d'injection après l'extinction de la chambre.

Les essais réalisés au banc d'essai moteur ont montré par ailleurs :

- l'absence de dysfonctionnement moteur,
- des réglages nominaux et des consommations d'huile dans les tolérances.

Le passage du GTM sur banc complet a permis d'établir que le moteur ne présente pas de dysfonctionnement mécanique.

La présence de carburant prélevé dans la tuyauterie d'air P2 indique par ailleurs que le moteur était correctement alimenté en carburant et que l'arrêt du moteur ne peut donc résulter que d'une extinction de la chambre de combustion.

Le régulateur n'a montré aucun dysfonctionnement lors du test du turbomoteur sur banc. Aucune trace de blocage intempestif d'un tiroir de la régulation n'a été détectée.

Le démontage du régulateur n'a pas mis en évidence la présence d'un marquage ou d'une particule susceptible de perturber le fonctionnement du régulateur.

Les expertises réalisées sur le GTM et sur le régulateur démonté ne remettent pas en cause le bon fonctionnement du moteur au moment de l'accident. Aucun dysfonctionnement du moteur n'a été mis en évidence.

L'hypothèse d'un défaut d'alimentation en carburant à l'origine de l'extinction en vol du moteur est rejetée.

2.1.2. Hypothèse d'un défaut d'alimentation en air du moteur

A partir du moment où l'alimentation de la turbine en carburant n'a pas fait défaut, la seule possibilité d'arrêt reste une anomalie de l'alimentation en air : obstruction de l'entrée d'air, ou pompage, ou ingestion d'eau ou de neige.

- Compte tenu des conditions météorologiques au moment de l'événement, l'hypothèse d'une ingestion de neige est rejetée.
- L'examen du GTM par endoscopie a révélé l'absence de corps étrangers. La grille d'entrée d'air est intacte et ne présente aucune déformation. Aucune accumulation végétale n'a été constatée au niveau de l'entrée d'air du moteur. L'hypothèse d'une obstruction de l'entrée d'air est rejetée.
- Aucun symptôme révélateur d'un pompage moteur n'a été identifié par l'équipage ou des témoins extérieurs (détonation, fortes vibrations, élévation de température T3 et T4 ou flammes en sortie de tuyère). Aucun dommage résultant d'un pompage moteur n'a été mis en évidence au cours de l'endoscopie du moteur et du passage au banc. L'hypothèse d'un pompage est rejetée.
- Etude de l'hypothèse d'ingestion d'eau :
 - Une analyse de la teneur en eau a été effectuée sur le carburant non brûlé retrouvé dans la tuyauterie d'air P2 du moteur. Bien que la quantité prélevée soit très inférieure à celle requise par la norme (30 ml), la valeur de la teneur en eau, estimée à 800 ppm¹¹, indique une teneur environ 10 fois supérieure à celle du carburant prélevé dans le réservoir de l'appareil.
 - Les dépôts constatés sur le carter de turbine et à l'intérieur de la tuyère ont été analysés. Ces dépôts, d'origine minérale, sont du sulfate de magnésium, du sulfate de calcium et de l'amiante. Hormis l'amiante, ils ne peuvent provenir que d'une source extérieure au GTM.

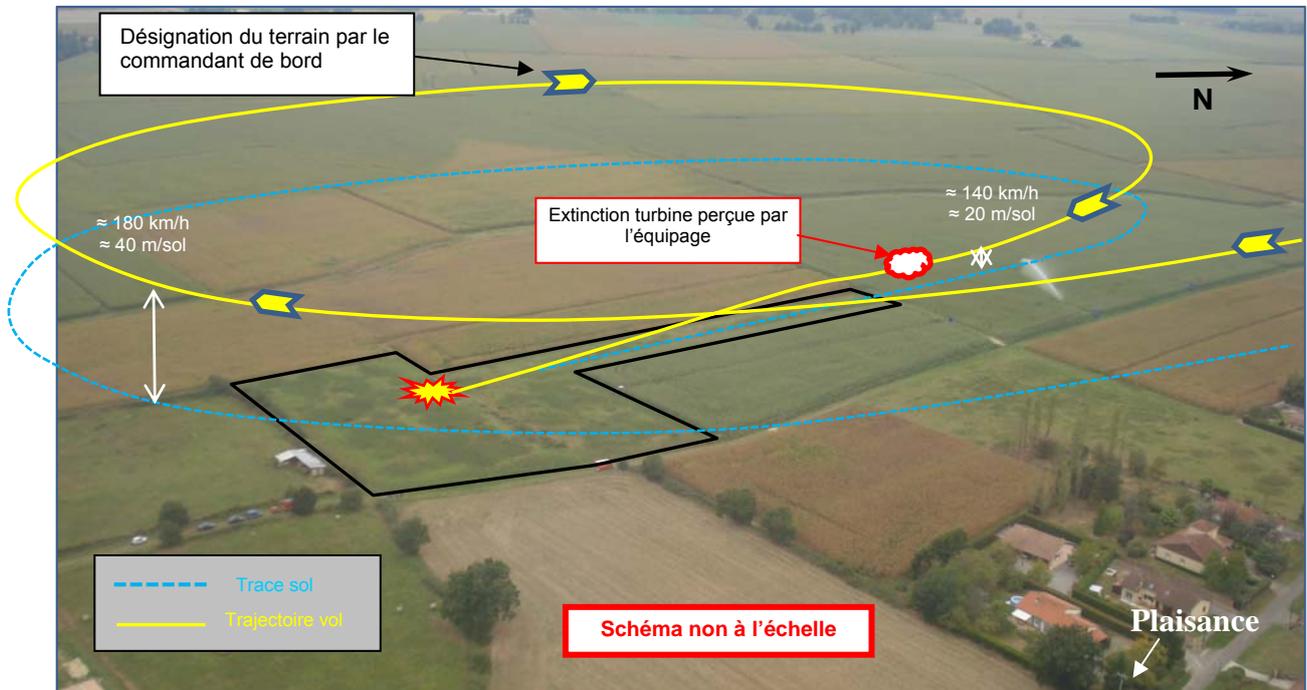
L'ensemble des résultats issus du passage au banc du GTM et de l'analyse des dommages confirme l'hypothèse d'une ingestion d'eau. De plus, cette eau ne peut pas être issue de l'atmosphère : il n'y a eu aucune précipitation au cours du vol et les sulfates de magnésium et de calcium sont des composés qui ne sont pas présents dans l'eau constituant les nuages. La provenance de ces dépôts est étudiée dans les paragraphes suivants.

L'hypothèse d'un défaut d'alimentation en air est retenue. L'extinction du moteur en vol résulte d'une ingestion d'eau non atmosphérique.

¹¹ ppm = partie par millions

2.1.3. Analyse de la trajectoire de la Gazelle

La trajectoire finale de l'appareil au moment de l'événement est représentée sur la figure ci-dessous. Cette trajectoire présente l'approche réalisée par l'équipage en précisant la position où se trouvait l'appareil au moment de l'extinction de la turbine et la position de l'appareil endommagé au sol.



Vue générale de la trajectoire de la gazelle lors de son 360° suivi de son approche sur le champ

En passant à proximité du village de Plaisance, le commandant de bord identifie une zone favorable en avant et à droite de leur position. Il demande à son pilote d'effectuer un 360° par la droite afin de lui désigner la zone dans laquelle il veut se poser.

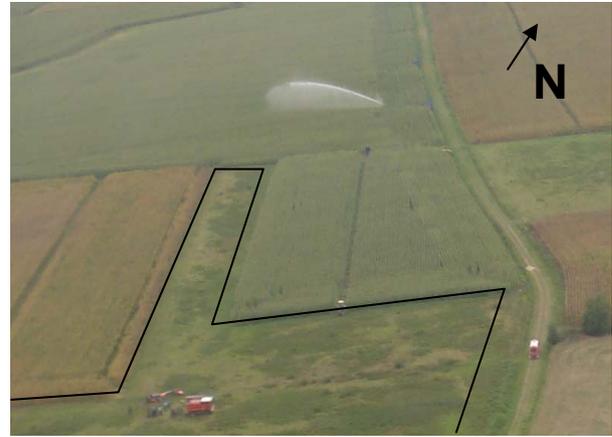
La vitesse de déplacement est de 180 km/h et la hauteur d'environ 40 mètres/sol. Le commandant de bord désigne le terrain situé dans ses 3 heures, le pilote l'identifie et débute son analyse. Il définit son axe d'approche en fonction du vent qu'il perçoit, il visualise une ligne électrique 3 brins à proximité de la zone mais elle n'est pas gênante pour l'évolution et il visualise également un arroseur en fonctionnement à proximité de son axe d'approche. Il réduit la vitesse et commence à descendre pour rejoindre son axe d'approche.

Le commandant de bord demande alors au pilote de virer à droite et de remonter afin d'éviter le jet d'eau qui tourne vers leur direction et qui est situé au même niveau que l'aéronef. Le pilote s'exécute. Il s'aligne sur son axe d'approche avec une vitesse d'environ 140 km/h et une hauteur de 20 m/sol. Présentés sur l'axe d'approche, à l'entrée du champ, ils perçoivent l'extinction de la turbine.

Deux témoins situés à proximité du lieu de l'accident ont déclaré avoir vu passer l'hélicoptère très proche¹² d'un canon d'arrosage agricole. A cet instant, ils ont vu une fumée blanche grisâtre s'échapper de la turbine et ont entendu un bruit de moteur différent. Selon leurs témoignages, le heurt de l'appareil avec le sol s'est produit quelques secondes après le passage de l'hélicoptère très près du jet d'eau.



Vue du sol du canon d'arrosage
(Position proche de celle de l'événement
mais orientation du jet d'eau différente)



Vue aérienne du canon d'arrosage
(Position décalée de 15 mètres environ
vers la droite de celle de l'événement
et orientation proche de celle de l'événement)



Vue aérienne du canon d'arrosage (position et orientation différentes de celle de l'événement)

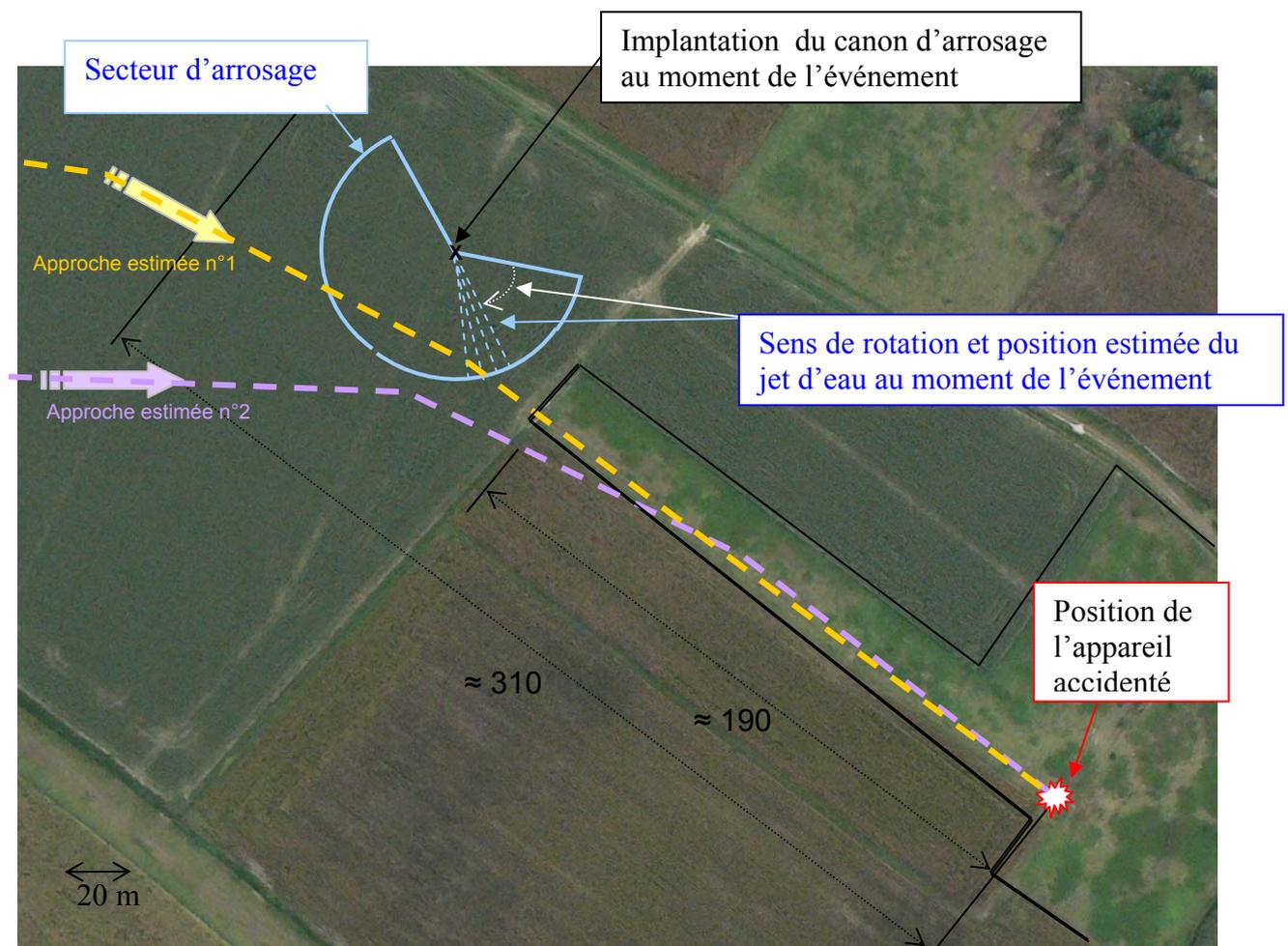
¹² Un témoin a également déclaré avoir vu l'appareil passer dans le jet d'eau sortant du canon d'arrosage agricole.

Le champ est arrosé par un système d'irrigation par aspersion, composé d'un enrouleur sur lequel est fixé un canon d'arrosage. L'enrouleur se déplace à une vitesse d'avancement de 17 m/heure (soit 0,3 m/min). Le canon d'arrosage a les performances suivantes :

- portée du jet : environ 45 mètres selon l'agriculteur (les données constructeur donnent 46,9 mètres) ;
- débit en sortie de la buse : 39.1 m³/heure, soit environ 10.9 litres /secondes (données constructeur) ;
- hauteur du jet : entre 10 et 16 mètres (selon calculs).

Le jet d'eau est à impulsion, à saccades régulières. L'angle de secteur couvert par l'arrosage est de 230 degrés. Le canon effectue une rotation de 230 degrés dans un intervalle de 3 à 4 minutes comptant 30 à 40 battements de jets.

Ces caractéristiques techniques ont permis de vérifier si l'appareil avait pu couper la trajectoire du jet lors de son approche. Une reconstitution de l'approche a été effectuée quelques jours après l'événement avec l'aide du pilote aux commandes au moment de l'événement. En l'absence d'enregistreur de paramètres à bord de la Gazelle, il a été difficile de reconstituer la trajectoire précise réalisée par l'équipage. Deux approches possibles ont été enregistrées puis représentées sur une vue aérienne du champ, avec la position exacte du canon d'arrosage au moment de l'événement. Le résultat est présenté sur la figure ci-dessous.



Reconstitution de la partie finale du vol (2 trajectoires estimées possibles)

Selon le témoignage de l'équipage, la perte des tours s'est produite entre 5 et 8 secondes avant le heurt de la Gazelle avec le sol. En considérant une vitesse de 140 km/h avec une pente de 3 %, cela signifie une perte des tours produite entre 195 mètres et 310 mètres avant impact. La sonde altimétrique a par ailleurs été retrouvée figée à 9 mètres. Ces données confirment que la perte des tours moteurs s'est produite à proximité immédiate, voire dans la zone arrosée et à une hauteur inférieure à celle de la partie haute du jet d'eau, à l'entrée du champ, où l'équipage a perçu l'extinction de la turbine.

**L'hypothèse selon laquelle la trajectoire d'approche réalisée pour se poser dans le champ ait coupé le jet d'eau provenant du système d'irrigation agricole est possible.
L'hypothèse selon laquelle l'appareil s'est approché très près de la zone d'arrosage est certaine.**

2.1.4. Recherche de la provenance des dépôts minéraux prélevés dans le moteur

Des dépôts minéraux ont été prélevés sur le carter de turbine (3^{ème} étage du GTM) et dans la tuyère. Aucun dépôt n'est présent à l'extérieur de la tuyère.

Deux types de dépôt ont été identifiés sur le carter de turbine :

- un dépôt de couleur blanche correspondant à de l'amiante ;
- un dépôt de couleur grise correspondant à du sulfate de magnésium.

Deux types de dépôt ont été identifiés dans la tuyère :

- un dépôt de couleur blanc/gris situé à l'intérieur du conduit principal, correspondant à du sulfate de magnésium ;
- un dépôt épais de couleur blanche situé dans l'éjecteur (partie soumise aux gaz d'échappement du moteur), correspondant à du sulfate de calcium.



Dépôts de sulfate de magnésium à l'intérieur de la tuyère



Dépôts de sulfate de calcium dans l'éjecteur de la tuyère

La présence d'amiante s'explique par la nature des garnitures de protection thermiques employées à l'intérieur du GTM Astazou III.

Les sulfates de calcium et de magnésium sont des matières organiques étrangères au GTM et proviennent par conséquent de l'eau ingérée par le GTM. Ces composés minéraux ne sont pas présents dans l'eau atmosphérique mais sont couramment retrouvés sous diverses formes dans l'eau minéralisée (eau d'alimentation, cours d'eau, nappe phréatique, etc...).

Afin d'expliquer la provenance de ces dépôts, l'eau de la rivière utilisée pour l'arrosage agricole a été analysée. Des essais d'évaporation de cette eau ont mis en évidence la présence de sulfate de calcium hydraté.

Sachant que les dépôts de sulfates de calcium et de magnésium ont été retrouvés sur les parties chaudes du GTM, l'eau de la rivière utilisée pour arroser le champ au moment de l'événement a été pulvérisée sur une plaque et sur un tube inoxydable (représentatifs de la tuyère et de son éjecteur) préalablement chauffés à 350-400 °C (température T4 estimée au moment de l'événement). Le mode de formation du sulfate de calcium a ainsi pu être reproduit en laboratoire : l'analyse du dépôt ainsi formé sur la plaque et sur le tube a révélé la présence de sulfate de calcium identique à celui retrouvé dans l'éjecteur de la tuyère. Le mode de formation du sulfate de magnésium n'a pas pu être reproduit à partir de cette expérimentation. Mais ce composant n'est pas présent dans l'eau constituant les nuages.

Aucune autre hypothèse n'a pu être émise afin d'expliquer la provenance de ces dépôts.

**L'hypothèse selon laquelle les dépôts minéraux prélevés dans le GTM proviennent de l'eau utilisée pour le système d'arrosage agricole est retenue.
Aucune autre hypothèse n'a pu être avancée à ce jour afin d'expliquer la provenance de ces dépôts.**

2.1.5. Synthèse

**Les différentes expertises techniques ont montré que l'arrêt en vol du GTM Astazou III C2 résulte d'une extinction non commandée de la chambre de combustion.
Les hypothèses d'un défaut d'alimentation en carburant, d'une défaillance technique du système propulsif ou de l'ingestion d'un corps étranger solide ont été rejetées.
La seule hypothèse cohérente avec l'ensemble des résultats des différentes investigations est une ingestion d'eau non atmosphérique provenant d'un canon d'arrosage agricole à fort débit.**

2.1.6. Recherche de données techniques relatives à l'ingestion d'eau du GTM Astazou III C2.

- Aspect certification à l'ingestion d'eau

L'Astazou III C2 a été certifié en 1978. Il doit répondre, pour le suivi de navigabilité, à l'approbation des modifications et des solutions de réparation aux Conditions Techniques Générales CTG001- édition du 30/06/1969. Dans cette édition, aucune exigence vis-à-vis de l'ingestion de pluie n'est spécifiée.

L'introduction d'exigences vis-à-vis de l'ingestion d'eau apparaît en 1971, sur les éditions ultérieures du CTG001. Hormis les moteurs Astazou (III et XIV), les turbomoteurs Turmo, Makila, Artouste, Arrius, Ariel et MTR390 ont été certifiés à l'ingestion d'eau.

- Aspect essais et expérimentations

Concernant l'Astazou III C2, aucune donnée technique relative à des tests d'ingestion d'eau par le moteur n'a pu être récupérée. Des données sur le GTM Astazou XIV¹³, dont l'entrée d'air est identique à l'Astazou III C2, ont été récupérées.

Des essais avaient été réalisés par le constructeur afin de s'assurer que les quantités d'eau nécessaire pour éteindre le moteur étaient bien supérieures à celles observées lors de fortes précipitations. Ainsi, pour l'Astazou XIV, il a été déterminé par essais¹⁴ que : « l'ingestion prolongée d'eau par paquets de 75 g (170 au total soit 12,750 kg) n'a provoqué aucun dégât sur les pales du compresseur axial. Pour provoquer une extinction il a fallu envoyer un 'paquet' de 110 g d'eau » pour un régime moteur N=100 %.

Il n'a pas été possible de déterminer la quantité d'eau ingérée par le GTM au moment de l'événement. La masse d'eau instantanée projetée par le canon d'arrosage est environ 100 fois plus élevée¹⁵ que la masse maximale admissible par le moteur à un régime moteur de 100%. Si l'appareil est entré en contact ou est passé à proximité immédiate du jet d'eau, il est probable que la quantité d'eau instantanée ingérée ait été supérieure à celle admissible par la turbine.

Par ailleurs, les effets de l'ingestion d'eau sur le comportement moteur sont différents suivant la puissance affichée du moteur. A puissance faible (lors de l'approche par exemple), le risque d'extinction de la chambre de combustion est plus important. A puissance élevée (décollage ou croisière), le risque de pompage est plus important.

Enfin, il est important de signaler que le pourcentage d'eau présente dans le volume d'entrée d'air est relativement faible lors de précipitations. La concentration de pluie dans l'atmosphère (entre 0 et 20 000 ft) est évaluée à 20 g/m³ d'air avec un diamètre moyen des gouttelettes d'eau de l'ordre de 2,66 mm. Ces données, issues de mesures expérimentales, sont destinées aux essais de certifications des moteurs à l'ingestion d'eau.

L'enquête n'a pas pu déterminer la quantité d'eau réellement ingérée par le moteur au moment de l'événement. Néanmoins, il a été établi que :

- la quantité d'eau instantanée en sortie du canon d'arrosage agricole est supérieure à la quantité maximale acceptable par le moteur ;
- la quantité d'eau instantanée en sortie du canon d'arrosage agricole est supérieure à celle rencontrée lors de précipitations.

¹³ Selon le constructeur, leurs régimes moteur et leurs puissances sont légèrement différents mais les quantités maximales d'eau admissibles par l'Astazou XIV et par l'Astazou III C2 et leurs comportements en cas d'ingestion d'eau ne peuvent avoir de différences significatives.

¹⁴ Procès verbal d'essais n°4790 (janvier 1977) de Turboméca.

¹⁵ Débit en sortie de buse = 10,9 litres/seconde

2.2. Analyse liée aux facteurs humains et organisationnels

L'analyse qui suit s'attache à évaluer différentes hypothèses relevant du domaine des facteurs humains et organisationnels expliquant les conditions ou les circonstances qui ont pu amener l'équipage de la Gazelle à effectuer un poser de circonstance malgré la présence d'un jet d'eau à proximité de l'axe d'approche.

2.2.1. Sous-estimation du risque d'extinction du GTM suite à l'ingestion d'eau

Dans le cadre de l'enquête, de nombreux équipages ont été interrogés sur les risques d'extinction du GTM suite à ingestion d'eau et sur les risques liés aux systèmes d'arrosage agricole lors des vols en conditions tactiques.

Il en ressort ainsi que la plupart des équipages manquent de connaissance sur le comportement de la turbine suite à l'ingestion d'eau. Le risque d'extinction ou de pompage du GTM suite à l'ingestion d'eau (et les quantités d'eau mises en jeu) est méconnu de la plupart des équipages. Cet état de connaissance peut être lié au fait qu'aucune limitation d'emploi du GTM en présence d'orages ou de fortes précipitations n'est mentionné dans le manuel de vol. Ce dernier ne mentionne que les risques liés à l'ingestion de glace, neige ou grêle. Par exemple, une interdiction de vol au-delà d'une heure sous les averses de neige y est stipulée, l'accumulation de neige à proximité de l'entrée d'air pouvant conduire à un arrêt en vol non commandé en cas de libération soudaine puis d'ingestion par le moteur. Ainsi, volant régulièrement sous la pluie (et parfois dans des zones équatoriales), tout risque d'extinction du GTM suite à ingestion d'eau est occulté.

Concernant les systèmes d'arrosage agricole, la plupart des équipages estiment que les quantités d'eau ingérées sous la pluie ou à proximité d'un jet d'eau sont similaires. Par conséquent, le risque d'extinction en cas de passage involontaire dans le jet d'eau provenant d'un système d'arrosage n'est pas identifié. Il en résulte que lors des VOLTAC en particulier, les canons d'arrosages ne sont pas perçus comme des obstacles. Aucune consigne sur ce sujet n'est donnée aux équipages. Les seuls risques potentiels identifiés lors d'un passage proche ou dans un jet d'eau concernent un dommage sur la verrière (car cet événement s'est déjà produit il y a une dizaine d'années) ou une perte de visibilité. Si un appareil entre en contact avec un jet d'eau, aucune manœuvre urgente d'évitement ne serait d'ailleurs entreprise.

L'hypothèse selon laquelle les équipages sous-estiment les risques d'extinction du GTM suite à l'ingestion d'eau est certaine. Cette sous-estimation qui résulte d'un manque de connaissance sur le fonctionnement du GTM a pu induire l'équipage de la Gazelle à occulter la présence du jet d'eau lors de l'approche.

2.2.2. Constitution de l'équipage

Le commandant de bord est adjoint au commandant d'unité depuis un an. Il possède environ 1000 heures de vol sur Gazelle. Il pratique régulièrement des vols en conditions tactiques (pratiquement 1 vol sur deux depuis plus de six mois). De par sa position hiérarchique, son expérience et son savoir-être, il est techniquement reconnu au sein de son unité.

Le pilote n'appartient pas à la même unité. En attente de stage de qualification sur hélicoptère Tigre, il est affecté à l'escadrille Tigre (EHAP) mais continue de voler sur Gazelle. Cet aspect n'est pas toujours facile à gérer, surtout dans le long terme (en attente de stage depuis 2003). Il possède un peu plus de 1000 heures de vol sur Gazelle. Son expérience de vol aux commandes sur Gazelle s'avère légèrement supérieure à celle de son commandant de bord, sauf en conditions tactiques (il s'agit de son 1^{er} VOLTAC depuis 3 mois).

Ces deux membres d'équipages se connaissent bien mais ont très peu volé ensemble (un ou deux vols selon leur témoignage).

La communication au sein de l'équipage n'est pas défailante. Toutefois, une « fausse synergie » résultant de leur expérience respective a pu régner à bord, le commandant de bord faisant totalement confiance au savoir-faire du pilote.

Cette analyse montre qu'il s'agit d'un équipage particulier pouvant favoriser un excès de confiance mutuelle entre les membres d'équipage.

2.2.3. Baisse de vigilance du commandant de bord

Ce vol s'inscrit dans le cadre de l'activité aérienne du pilote sur Gazelle. C'est un vol d'entraînement. Les deux membres d'équipage sont expérimentés. La séance prévue consiste pour le pilote en une reprise en mains du vol en conditions tactiques. L'objectif est de revoir les bases du pilotage et de la navigation à basse hauteur. Compte-tenu de l'expérience du pilote, même s'il n'avait pas réalisé de vols tactiques depuis deux mois, le commandant de bord n'avait aucune inquiétude sur le déroulement de la mission.

Après une première phase de vol sur les fondamentaux du vol à une hauteur de 50 m/sol (adaptation au terrain), le pilote s'exerce au poser en devers. Le début de séance est donc nominal. Le commandant de bord effectue alors lui aussi un poser en devers avant de redonner les commandes au pilote. Il effectue ensuite des évasives de protection souples. Le pilotage est décrit comme prudent par les deux membres d'équipage. La troisième phase du vol consiste aux posers de circonstance.

En passant à proximité du village de Plaisance, le commandant de bord identifie une zone favorable en avant et à droite de leur position. Il demande à son pilote d'effectuer un 360° par la droite afin de lui désigner la zone dans laquelle il veut se poser.

Le terrain choisi ne présente pas de difficultés techniques et correspond aux standards d'une aire de poser de circonstance (champ non cultivé, non entouré de végétation haute, surface plane, aire où l'effet du souffle rotor est sans conséquence).

Arrivé travers l'aire de poser, le commandant de bord désigne au pilote le terrain situé à ses 3 heures et lui demande de s'y poser. Le pilote effectue alors une prise de terrain en U. L'équipage sécurise le domaine d'évolution et détecte une ligne électrique 3 brins à proximité du terrain et un arroseur agricole. Le commandant de bord demande au pilote d'obliquer légèrement vers la droite afin de ne pas couper la trajectoire du jet d'eau. Le pilote mène son approche vers le terrain, face au vent.

Il est probable que leur excès de confiance mutuelle ait induit une baisse de vigilance du commandant de bord. Ainsi, plus la séance avançait dans le temps et plus les contrôles mutuels se sont faits discrets. Lorsque le commandant de bord a demandé au pilote d'obliquer légèrement à droite, il ne s'est peut-être pas assuré que l'objectif annoncé (éviter le jet d'eau) était atteint.

L'hypothèse selon laquelle une baisse de vigilance du commandant de bord aurait contribué à l'événement est possible.

2.2.4. Focalisation sur le point de poser

L'événement se produit au cours de l'approche pour un poser de circonstance en conditions tactiques. Au cours de son premier passage, l'appareil passe pratiquement à la verticale du jet d'eau, légèrement à sa gauche. A cet instant, le pilote ne savait pas qu'il devrait se poser sur le champ mais il avait vu le jet d'eau. Le commandant de bord lui désigne l'aire de poser et lui indique la proximité d'une ligne électrique et du jet d'eau. Une fois l'appareil aligné sur son axe d'approche, le commandant de bord demande au pilote de virer légèrement à droite et de remonter afin d'éviter le jet d'eau qui tourne vers leur direction et qui est situé au même niveau que l'aéronef. La vitesse est d'environ 140 km/h et la hauteur de 20 m/sol. Le jet d'eau est positionné sur le travers gauche de l'appareil.

D'après le témoignage de l'équipage, la trajectoire et l'approche menée sont semblables à une approche standard (écartement de 900 mètres par rapport à l'axe d'approche, pente de 3 %) à basse hauteur. S'agissant d'un exercice de reprise en mains, il est possible que la tenue du plan de descente ait été perçue comme une priorité nécessitant une attention particulière malgré l'expertise et le savoir-faire du pilote aux commandes.

L'hypothèse selon laquelle une focalisation sur le plan d'approche et le point de poser aurait contribué à l'événement est possible.

2.2.5. Excès de confiance du pilote

Il est très difficile pour un pilote expérimenté d'évaluer ses propres capacités et savoir-faire hors des mécanismes et procédures standards. Dans le cas présent, l'aire de poser désignée ne présentait pas de difficultés particulières, les conditions météorologiques et aérologiques non plus. Sûr de son savoir-faire, il est possible que le pilote ait occulté tout risque lié au jet d'eau.

Ainsi il définit son axe d'approche en fonction du vent qu'il perçoit, il visualise la ligne 3 brins à proximité de la zone mais elle n'est pas gênante pour son évolution puis il visualise le jet d'eau à proximité de son axe d'approche. Le jet d'eau est positionné sur le travers gauche de l'appareil. Selon le témoignage du pilote, la présence du jet d'eau ne l'a pas gêné dans son approche. Sûr de sa trajectoire, il est possible qu'il n'ait pas anticipé la position réelle du jet d'eau lorsque l'appareil arrive dans son secteur.

L'hypothèse selon laquelle un excès de confiance du pilote aurait contribué à l'événement est possible.

2.3. Gestion de l'événement

2.3.1. Gestion de l'extinction turbine par l'équipage

Quand l'appareil se trouve aligné sur l'axe d'approche, à une vitesse de 140 km/h et une hauteur de 15 m/sol environ, l'équipage constate la perte des tours du régime moteur et l'allumage des différents voyants. L'équipage perçoit le bruit caractéristique de l'extinction de la turbine.

Immédiatement le commandant de bord place ses mains sur les commandes mais constate que le pilote gère la situation et garde le contrôle de son appareil en effectuant un atterrissage d'urgence. Le pilote aux commandes baisse légèrement le pas général¹⁶ et augmente l'assiette de l'aéronef pour diminuer sa vitesse. Compte tenu de la proximité du sol au moment de l'incident, il remet rapidement l'appareil à plat et tire sur le pas général en butée maximum pour amortir le contact avec le sol. L'appareil touche le sol à plat avec une légère tendance à cabrer (poser légèrement « talon ») et glisse sur une dizaine de mètres avant de basculer vers l'avant et planter le coupe-câble au niveau d'une ornière dans le sol. L'axe du couteau coupe câble étant décalé de 15 cm à gauche de l'axe de l'appareil, cette dissymétrie provoque le pivotement de l'appareil vers la gauche. L'appareil pivote vers la gauche puis retombe alors sur son flanc gauche. Les actions cabines (manette coupe-feu et pompe de gavage) ainsi que le basculement sur arrêt des différentes générations électriques ont été réalisés après l'immobilisation de la machine au sol.

L'intégrité des éléments constitutifs du train et du passage de la traverse arrière sur la cellule confirme que le contact de l'appareil avec le sol n'a pas été brutal. La balise de détresse s'est déclenchée lors de l'arrêt de la glissade de l'appareil au niveau de l'ornière.

L'endommagement au sol de l'appareil résulte du basculement vers l'avant de celui-ci.

¹⁶ La puissance affichée au moment de l'extinction était comprise entre 20 et 30 %.

Enfin, en analysant la gestion de l'extinction moteur par l'équipage, il a été constaté des divergences d'opinions entre les pilotes sur les actions à effectuer dans un contexte similaire. L'enquête a ainsi permis de mettre en évidence que les pilotes n'avaient pas tous reçu un enseignement relatif à l'extinction moteur en VOLTAC. Depuis 2004, le traitement de ce type de panne n'est plus enseigné au cours de la formation du pilotage en conditions tactiques.

**Bien que l'arrêt moteur soit survenu dans une phase de vol critique, le pilote a mis l'appareil dans une configuration de poser d'urgence.
Les réactions coordonnées de l'équipage aux commandes ont permis de limiter les conséquences de cet événement.**

2.3.2. Analyse des secours mis en œuvre

Suite à une mise en alerte par un témoin, les moyens de secours dépêchés sur les lieux de l'accident ont été des moyens de secours type pompiers civils (ils n'avaient que des véhicules d'intervention non médicalisés).

L'équipe médicale du 5^{ème} RHC a été alertée par les opérations du régiment à 9 h 30. Trois appels ont été nécessaires afin d'informer le service médical de l'accident aérien de la Gazelle. Le médecin n'était pas disponible (au cours des deux premiers appels, il n'a pas été précisé qu'un accident aérien d'un appareil du régiment venait de se produire).

Le médecin n'a été informé de l'état de santé de l'équipage accidenté qu'au moment d'embarquer à bord du Cougar du 5^{ème} RHC qui a décollé à 10h10 pour rejoindre le site de l'accident.

En parallèle, Le CCS de Mont-de-Marsan a informé le 5^{ème} RHC qu'un Puma SAR venait d'être mis en alerte suite au déclenchement d'une balise de détresse de Gazelle. Le régiment a indiqué qu'un Cougar allait se rendre sur la zone avec un médecin du régiment à son bord, tout en soulignant que l'appareil n'était pas médicalisé et que l'acheminement de personnel médical était une mesure préventive et non une mesure de substitution aux moyens SAR.

Vers 10h30, le Cougar arrive sur zone et le médecin effectue un premier bilan médical des deux membres d'équipage. Il demande à les faire évacuer pour des examens complémentaires. Cette demande a été refusée par les gendarmes présents sur place jusqu'à ce que les gendarmes de la BGA de Mont de Marsan arrivent sur les lieux.

Dans le même temps, le CCS est entré en contact avec le CODIS 65 sur le site de l'accident. Le CCS a alors décidé d'annuler le Puma SAR sans informer le régiment. Sans nouvelles de cet hélicoptère sur le site de l'accident, l'OSV du régiment présent sur le site a finalement été informé de l'annulation du Puma SAR sur demande d'informations.

Le manque de communication entre les différents services de contrôle, d'alerte et de secours ont rendu difficiles la recherche d'informations.

L'équipage a finalement été évacué du site de l'accident à bord du Cougar du régiment vers le service médical du 5^{ème} RHC à 11 h 40, soit 2 heures après l'accident.

Bien que les moyens de secours mis en place sur le site de l'accident aient été rapides, la prise en charge médicale des membres d'équipage a été retardée.

3. CONCLUSION

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

- L'événement se déroule au cours d'un exercice de poser de circonstance en conditions tactiques.
- L'équipage de la Gazelle SA 342, composé d'un pilote en fonction en place droite et d'un pilote commandant de bord en place gauche, est confronté à un arrêt moteur non commandé en vol, lors de la phase d'approche dans un champ. Les deux membres d'équipage sont des pilotes confirmés.
- La gestion de l'événement par l'équipage a permis d'en limiter les conséquences. Lors du poser, l'appareil a basculé vers l'avant au niveau d'une ornière puis a pivoté sur le côté gauche. L'équipage a évacué par ses propres moyens l'appareil immobilisé au sol. Les deux membres d'équipages sont indemnes.
- L'aéronef a été entretenu conformément à la réglementation en vigueur.
- Les examens réalisés ont montré que l'arrêt du moteur en vol résulte d'une extinction non commandée de la chambre de combustion.
- L'extinction s'est produite à une hauteur sol de 12 mètres environ et à une vitesse de 140 km/h.
- Cette extinction ne résulte ni d'un défaut d'alimentation en carburant ni d'une défaillance technique du système propulsif. L'hypothèse de l'ingestion d'un corps étranger solide a également été rejetée. La seule hypothèse cohérente avec les différentes investigations techniques est une ingestion d'eau non atmosphérique par le moteur, occasionnant une extinction de la chambre de combustion.
- Du carburant non brûlé retrouvé dans la tuyauterie du GTM montre une concentration en eau importante, largement supérieure à celle retrouvée usuellement. Des particules d'origine minérale, retrouvées sous forme de dépôt sur le carter turbine et dans la tuyère, ne peuvent en aucun cas provenir de l'eau atmosphérique.
- La reconstitution du vol a montré que l'appareil est passée à proximité immédiate d'un canon d'arrosage agricole à fort débit.
- L'eau de la rivière utilisée pour le système d'irrigation entraîne la formation de dépôts de composition identique à ceux retrouvés sur le GTM lorsqu'elle est pulvérisée sur une plaque chauffée à 400 ° C (température de la tuyère estimée au moment de l'événement).

3.2. Causes de l'événement

L'extinction du GTM en vol a été provoquée par l'ingestion d'eau non atmosphérique provenant vraisemblablement d'un canon d'arrosage agricole à fort débit.

La quantité d'eau réellement ingérée par le moteur n'a pas pu être déterminée au cours de l'enquête.

La sous-estimation du risque d'extinction du moteur suite à l'ingestion d'eau a pu amener l'équipage de la Gazelle à effectuer un exercice de poser de circonstance malgré la présence d'un jet d'eau à proximité de l'axe d'approche.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Extinction du moteur suite à ingestion d'eau

Cet événement a montré que la plupart des équipages avait peu de connaissance sur le comportement du groupe turbomoteur Astazou suite à l'ingestion d'eau et sous-estimaient ainsi les risques d'extinction.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

aux organismes utilisateurs d'hélicoptères d'assurer une diffusion la plus large possible de ce rapport afin de sensibiliser les équipages sur :

- les risques liés à l'ingestion d'eau,
- l'importance de l'évitement des canons d'arrosage agricole lors des phases de vol en conditions tactiques ou d'approche.

4.1.2. Gestion de l'extinction moteur en vol tactique

L'extinction de la turbine s'est produite en VOLTAC, dans une phase de vol critique (approche lors d'un poser de circonstance). L'enquête a montré que le savoir-faire du pilote et les réactions coordonnées de l'équipage ont permis d'en limiter les conséquences bien que le traitement de ce type de panne dans cette phase de vol ne soit plus enseigné.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre d'étudier la possibilité de mettre en place, pour les appareils monomoteurs, un enseignement relatif aux extinctions moteur lors des vols tactiques.

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

L'enquête a mis en évidence un manque de communication entre les opérations et le service médical du régiment. Les moyens de secours sur place ont été rapides mais les personnels accidentés ont été maintenus sur zone plus de deux heures, retardant ainsi la réalisation d'examen médicaux complémentaires.

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

l'armée de terre :

- de mettre en place au sein des régiments un message d'alerte crash type afin de ne pas oublier, dans l'urgence, les éléments essentiels.
- de transférer les équipages accidentés le plus rapidement possible afin de permettre un bilan médical complet et éviter ainsi tout risque d'aggravation.