

Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

Rapport d'enquête de sécurité



T-2018-09-A

Date de l'évènement	10 juillet 2018
Lieu	Modeste (République de Côte d'Ivoire)
Type d'appareil	SA 342 M Gazelle
Organisme	Armée de terre

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des lois et des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale ivoirienne (TU¹).

CRÉDITS

	Simon Ghesquière/Marine Nationale/Défense	Page de garde
Figures 1 et 2	Google maps/BEA-É	8
Figure 3	SRGA/BEA-É	12
Figures 4 à 9	BEA-É	13 à 15
Figure 10	<i>Safran Helicopter Engines</i>	19
Figures 11 à 23	DGA TA.....	20 à 29
Figure 24	ALAT.....	31
Figure 25	BEA-É	33

¹ Temps universel.

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aide à la navigation	11
1.9. Télécommunications	11
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	12
1.11. Enregistreurs de bord	12
1.12. Constatations sur la zone d'impact et l'aéronef	12
1.13. Renseignements médicaux	16
1.14. Incendie	16
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	16
1.16. Essais et recherches	17
1.17. Renseignements sur les organismes	17
2. Analyse	19
2.1. Expertises techniques	19
2.2. Recherche des causes de l'évènement	30
3. Conclusion	45
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	45
3.2. Causes de l'évènement	45
4. Recommandations de sécurité	47
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	47
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	49
ANNEXES	50
ANNEXE 1 EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LA PROJECTION DES JEUNES PILOTES	51
ANNEXE 2 EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LE CONTRÔLE ANNUEL	52

GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
BIMa	bataillon d'infanterie de marine
BTP	boîte de transmission principale
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CP	chef de patrouille
CRM	<i>crew resource management</i> , gestion des ressources équipages
DETALAT	détachement de l'aviation légère de l'armée de terre
DGA EP	direction générale de l'armement - Essais propulseurs
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EHRA	escadrille d'hélicoptères de reconnaissance et d'attaque
FACI	forces armées de Côte d'Ivoire
FFCI	forces françaises en Côte d'Ivoire
ft	<i>feet</i> , pied. 1 pied vaut 0,3 mètres
GAM	groupement aéromobile
GAMSTAT	groupement aéromobilité de la section technique de l'armée de terre
GPS	<i>global positioning system</i> , système mondial de positionnement par satellite
GTM	groupe turbomoteur
MCD	mission de courte durée
MRP	moyeu rotor principal
OSV	officier sécurité des vols
PCB	pilote commandant de bord
RAC	rotor anti-couple
RHC	régiment d'hélicoptères de combat
RCI	république de Côte d'Ivoire
UTC	<i>universal time coordinated</i> , temps universel coordonné

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : mardi 10 juillet 2018 à 16h45

Lieu de l'évènement : Modeste (village du département de Grand Bassam situé à vingt kilomètres au sud-est d'Abidjan, République de Côte d'Ivoire)

Organisme : armée de terre

Commandement organique : aviation légère de l'armée de terre (ALAT)

Unité : détachement de l'ALAT (DETALAT), forces françaises en Côte d'Ivoire (FFCI)

Aéronef : SA 342 M Gazelle F-MGNI

Nature du vol : sensibilisation à l'appui feu

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Un équipage de Gazelle constitué d'un pilote et d'un pilote commandant de bord (PCB) effectue une mission de sensibilisation aux procédures de guidage à l'appui feu d'un hélicoptère au profit des forces armées de Côte d'Ivoire (FACI). En fin de mission, l'équipage exécute, à la demande de l'officier français encadrant les stagiaires ivoiriens, une démonstration d'une manœuvre représentative d'une passe de tir canon.

À l'issue de la phase de piquer, le pilote stabilise l'altitude puis effectue un virage franc par la droite en légère montée. Au cours du virage, l'appareil part en piqué avec une forte inclinaison. L'appareil heurte un poteau et une ligne électrique avant de s'écraser quelques mètres plus loin.

Le pilote décède ; le PCB est grièvement blessé. L'appareil est fortement endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un expert technique (BEA-É) ;
- un officier pilote ayant une expertise sur Gazelle ;
- un officier mécanicien ayant une expertise sur Gazelle ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéropropulsifs (DESA) ;
- direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques (DGA TA) ;
- un pilote d'essai du groupement aéromobilité de la section technique de l'armée de terre (GAMSTAT) ;
- *Safran Helicopter Engines* (SHE).

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : CAM V

Type de mission : entraînement à l'appui feu

Dernier point de départ : camp de Port-Bouët, Abidjan (RCI)

Heure de départ : 15h30

Point d'atterrissage prévu : camp de Port-Bouët, Abidjan (RCI)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte de la mission

Le DETALAT, rattaché au 43^e bataillon d'infanterie de marine (BIMa), est composé de personnels affectés à l'année et d'autres personnels effectuant une mission de courte durée (MCD) de deux à quatre mois. L'équipage de la Gazelle fait partie des deux équipages arrivés mi-juin en MCD pour leur premier détachement en Côte d'Ivoire. Le PCB effectue son premier vol en Côte d'Ivoire le 22 juin 2018, le pilote le 27 juin 2018.

Le DETALAT organise un stage de sensibilisation à l'utilisation des hélicoptères au profit de militaires des FACI. Ce stage est constitué d'une phase théorique et d'une phase pratique. Il se conclut par un exercice au cours duquel les stagiaires effectuent un guidage d'un hélicoptère depuis le sol, dans le but de simuler un tir de missile sur un objectif terrestre.

Les stagiaires sont encadrés par le chef de patrouille commandant le détachement Gazelle.

1.1.2.2. Préparation du vol

La préparation a débuté la veille au soir, notamment avec la rédaction de l'ordre de vol. La matinée du vol est consacrée à l'encadrement des stagiaires ivoiriens qui effectuent une synthèse au sol. À l'issue du déjeuner, l'équipage s'équipe et effectue un briefing rapide du vol avant de se rendre à l'abri où est stationné l'hélicoptère. L'équipage décolle à 13h30 pour effectuer un premier vol sur la zone de Modeste, village situé à l'est de l'aéroport d'Abidjan, où sont réalisés les cinq premiers exercices de guidage. Il se repose à 15 heures afin d'effectuer un ravitaillement.

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

L'équipage redécolle à 15h30 et se dirige à nouveau vers Modeste afin de réaliser les cinq derniers guidages.

Chaque stagiaire effectue un guidage de l'hélicoptère sur un objectif représenté par un véhicule militaire qui se déplace sur des points prédéfinis. Chaque guidage se termine par la simulation d'un tir fictif de missile sur le véhicule. L'hélicoptère évolue entre 50 et 200 mètres du sol.

La description suivante est fondée sur les éléments rapportés par les témoins présents au sol. À l'issue du dernier guidage, le véhicule figurant l'objectif rejoint le reste du groupe. L'hélicoptère effectue, en arrivant de l'est, un premier passage à une hauteur inférieure à 50 mètres du sol sur le groupe rassemblé. À l'issue, il part en virage par la droite en légère montée vers le nord de la zone et propose un deuxième passage.

Un des stagiaires demande au chef de patrouille à quelle distance un hélicoptère peut détruire un ennemi au sol. Suite à cette question, le chef de patrouille demande à l'équipage s'il est en mesure d'effectuer une passe de tir de type canon. Le PCB accepte.

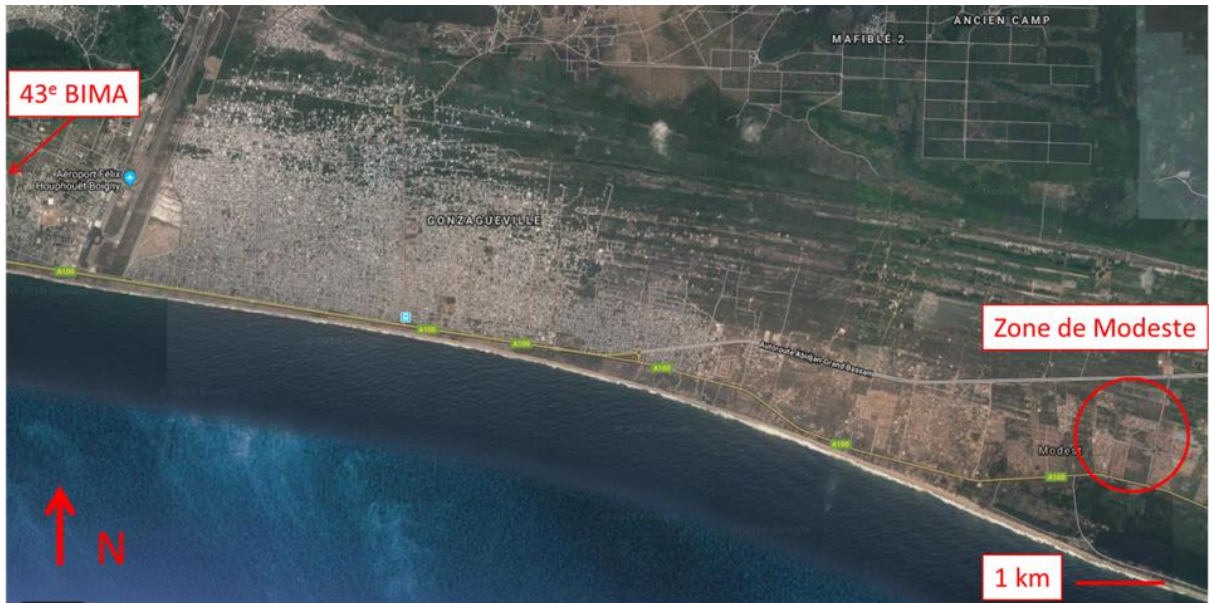


Figure 1 : situation générale du vol

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

Après avoir accepté de réaliser la passe de tir canon, l'hélicoptère se présente de nouveau par l'est ; il initie une manœuvre de piquer puis stabilise son altitude à une hauteur estimée par les témoins entre 20 et 30 mètres. L'hélicoptère passe à proximité du groupe rassemblé au sol. Il cabre et part en virage franc à droite en montée. Au cours du virage, les témoins voient l'appareil partir brutalement en piqué avec une forte inclinaison. L'appareil heurte une ligne électrique ainsi qu'un poteau avant de percuter le sol et de se retourner.

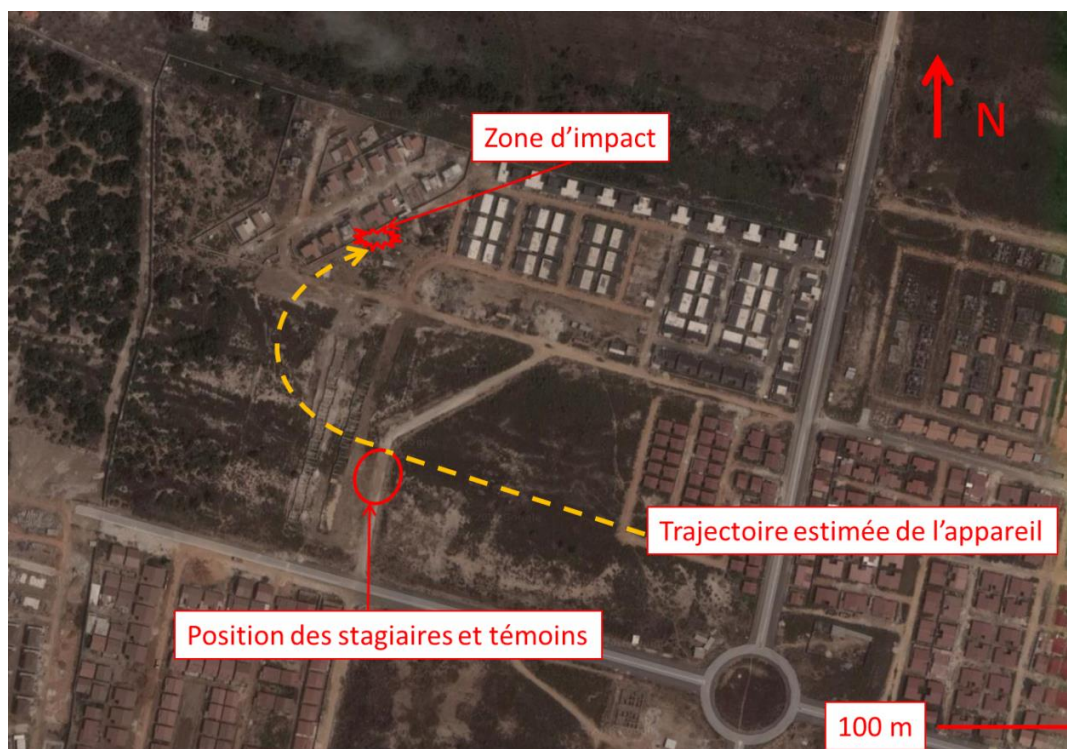


Figure 2 : vue générale de la trajectoire finale

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : RCI
 - commune : Modeste
 - coordonnées géographiques : N 05°13'757/O 003°49'215
 - altitude du lieu de l'épave : 8 mètres
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : aéroport international Félix-Houphouët-Boigny Abidjan

1.2. Dommages corporels

Le pilote est décédé. Le PCB est grièvement blessé.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère SA 342 M Gazelle n° 3866 est fortement endommagé.

1.4. Autres dommages

Une ligne électrique alimentant le quartier est coupée. La partie supérieure d'un poteau soutenant cette ligne électrique est endommagée.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Commandant de bord

- Âge : 33 ans
- Unité d'affectation : 3^e régiment d'hélicoptères de combat (3^e RHC), escadrille d'hélicoptères de reconnaissance et d'attaque n° 1 (EHRA 1)
- Formation :
 - qualification : pilote
 - école de spécialisation : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT)
 - année de sortie d'école : 2010
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle
Total (h)	1 540	1 540	117	117	21	21
Dont PCB	370	370	105	105	18	18

- Date du précédent vol comme pilote sur Gazelle : 10 juillet 2018

1.5.2. Pilote

- Âge : 25 ans
- Unité d'affectation : 3^e RHC, EHRA 2
- Formation :
 - qualification : pilote
 - école de spécialisation : EALAT
 - année de sortie d'école : 2014
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle
Total (h)	699	518	76	76	16	16

- Date du précédent vol comme pilote sur Gazelle : 10 juillet 2018

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement organique d'appartenance : ALAT
- Base aérienne de stationnement : camp de Port-Bouët Abidjan, 43^e BIMa
- Unité d'affectation : DETALAT FFCI
- Type d'aéronef : SA 342 M Gazelle
 - configuration : lisse
 - armement : néant
- caractéristiques :

	Type – série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 342 M	3 866	8 238	GV2 ² : 2 489	VP ³ : 373
Moteur	Astazou XIV M	8 083/7 083	3 647	RG ⁴ : 1 222	373

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au plan d'entretien approuvé.

Avant d'effectuer le premier vol, le pilote constate que le témoin de colmatage du filtre hydraulique est apparent. Conformément aux pratiques habituelles, le témoin de colmatage est réarmé et un point fixe est effectué. À l'issue de celui-ci, l'absence du témoin de colmatage est constatée par le mécanicien, ce qui autorise l'exécution du vol. Ces opérations de maintenance n'ont toutefois pas été tracées dans la documentation de l'aéronef.

² GV2 : deuxième grande visite.

³ VP : visite périodique.

⁴ RG : révision générale.

1.6.2. Performances

Compte tenu de la masse et des conditions de température et d'altitude de vol, l'appareil avait des performances compatibles avec la réalisation du vol.

1.6.3. Masse et centrage

Masse au décollage calculée à 1 674 kilogrammes.

Masse calculée au moment de l'évènement à 1 487 kilogrammes.

Masse maximale au décollage à 1 900 kilogrammes.

1.6.4. Carburant

– Type de carburant utilisé : F-34

– Quantité de carburant au décollage : 350 litres

– Quantité de carburant restant au moment de l'évènement (calculée en fonction de la consommation moyenne) : 120 litres

1.7. Conditions météorologiques

Les messages d'observation météorologique d'Abidjan couvrant la période du vol montrent que le vent observé pendant le vol est du 240° pour 6 kt. La visibilité est supérieure à 10 kilomètres. Quelques nuages sont observés au-dessus de 1200 ft.

1.8. Aide à la navigation

Les instruments d'aide à la navigation disponibles à bord de l'appareil sont opérationnels.

L'équipage dispose :

– d'un radio compas ;

– du navigateur autonome directionnel indicateur de route (NADIR) ;

– du compas magnétique ;

– du compas gyromagnétique ;

– d'un chronomètre.

L'équipage dispose d'une tablette électronique GETAC⁵, destinée à être utilisée en vol en remplacement de la documentation papier.

1.9. Télécommunications

L'équipage est en contact radio avec la tour de contrôle de l'aéroport d'Abidjan (VHF⁶). Il échange avec les stagiaires au sol par l'intermédiaire du poste radio PR4G⁷.

Il dispose d'un transpondeur qui est laissé en position *stand by* (dans cette position l'appareil est prêt à fonctionner mais il n'émet pas) lors du vol.

⁵ L'armée de terre fournit à ses pilotes des tablettes électroniques tactiles, dont le fabricant est GETAC.

⁶ VHF : *very high frequency* / radio très haute fréquence.

⁷ Programme radio de quatrième génération.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Le service du contrôle aérien de l'aéroport international Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan est équipé d'un système radar secondaire⁸. Il fournit un service de contrôle local d'aéroport, ainsi qu'un service d'information de vol. Le jour de l'évènement le radar est en panne, un NOTAM⁹ a été émis pour signaler ce point.

Les FFCI sont implantées sur le camp de Port-Bouët, à environ 2 kilomètres au sud-ouest de la piste, en limite de la zone aéroportuaire. Les hélicoptères Gazelle sont exploités à partir du camp.

1.11. Enregistreurs de bord

Les hélicoptères de type Gazelle en service dans l'ALAT ne sont pas tous équipés de système d'enregistrement de paramètres ou de phonie. Dans la Gazelle concernée par l'évènement, seule la tablette électronique embarquée par l'équipage peut enregistrer les points de passage, l'altitude et la vitesse de l'aéronef lorsque la fonction d'enregistrement de la trace de navigation est activée. Lors de l'évènement, cette fonction n'est pas active.

1.12. Constatations sur la zone d'impact et l'aéronef

1.12.1. Examen de la zone

Le site de l'accident se situe à proximité du village de Modeste à environ 20 kilomètres au sud-est d'Abidjan.

L'épave repose dans un terrain vague en limite d'un lotissement de maisons en construction. En phase finale de sa trajectoire, l'appareil a heurté une ligne électrique et son poteau, puis a glissé sur le haut du mur de clôture sur une douzaine de mètres avant de percuter le sol.

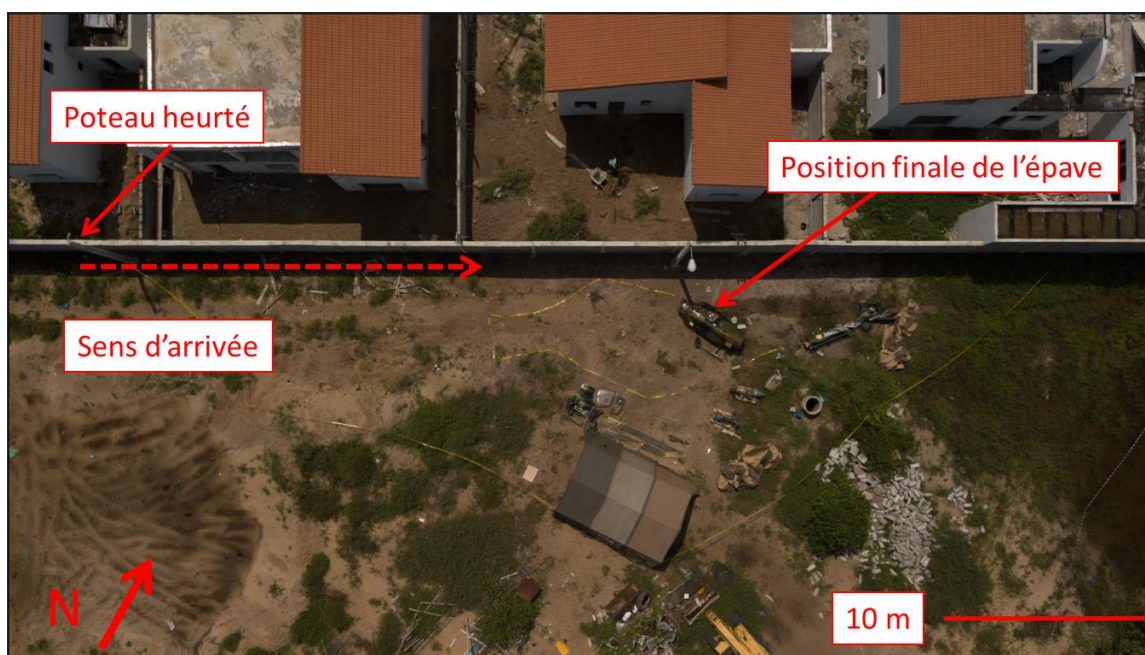


Figure 3 : vue aérienne de la zone d'impact

⁸ Le radar secondaire utilise l'émission du transpondeur afin de localiser et identifier un aéronef.

⁹ NOTAM : *notice to air men* / message pour les navigants.

Le poteau électrique est fortement endommagé sur sa partie haute. Des traces de frottement et de peinture sont visibles.



Figure 4 : poteau électrique endommagé

Des traces de frottement sont également visibles sur le haut du mur sur un peu plus de douze mètres. On retrouve aussi des traces de peinture et de frottement de part et d'autre du mur.



Figure 5 : mur endommagé

Le poteau électrique situé à proximité immédiate de l'épave présente des traces de peinture provenant de la cocarde de l'hélicoptère.

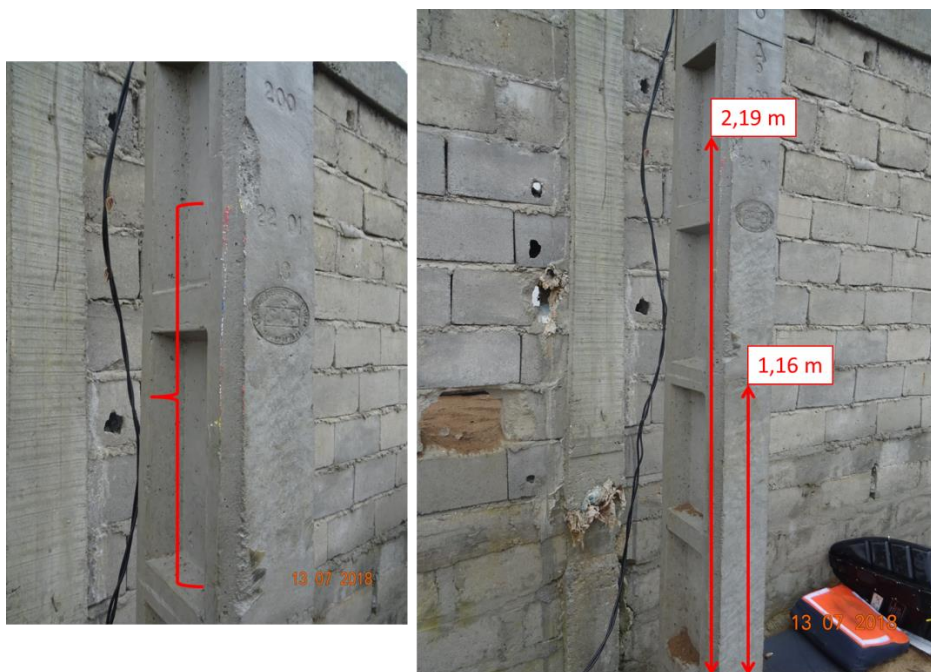


Figure 6 : traces de peinture provenant de la cocarde sur le poteau proche de l'épave

1.12.2. Examen de l'aéronef

L'épave repose sur son flanc droit. Le groupe turbomoteur (GTM) et l'ensemble boîte de transmission (BTP) sont arrachés et reposent à proximité immédiate de la cellule. Une partie importante de la pale jaune est détachée et est retrouvée sous la cellule. La poutre de queue ainsi que le rotor anti-couple (RAC) sont retrouvés désolidarisés de la cellule.



Figure 7 : vue générale de l'épave

Dans le cadre de l'intervention des secours, la porte gauche (côté PCB) a été démontée, le siège du PCB ainsi que le manche cyclique du pilote ont été découpés. L'interrupteur servocommande, situé sur la commande de pas général, a été retrouvé en position arrêt. L'impact a provoqué une déformation notable de la cellule.



Figure 8 : poste de pilotage et cellule relevée

L'aiguille de l'anémomètre est bloquée dans une position comprise entre 60 et 100 km/h. Le couplemètre indique un couple supérieur à 65%. L'indicateur de la radiosonde indique 50 mètres ; le *flag*¹⁰ est apparent.



Figure 9 : indications de la radiosonde, de l'anémomètre et du couplemètre

¹⁰ Indicateur de panne de la radiosonde.

1.13. Renseignements médicaux

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical¹¹ :
 - type : visite systématique en unité le 04 juin 2018 (référence : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 15 janvier 2018)
 - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : multiples fractures et traumatismes

1.13.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : expertise en CEMPN le 28 mai 2018
 - résultat : apte 24 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : mortelles

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Déclenchement de l'alerte

Le chef du détachement Gazelle, présent sur le site au moment de l'évènement, contacte immédiatement le chef de quart du centre des opérations du 43^e BIma. Après avoir rejoint le lieu précis de l'accident, il constate que la balise de détresse ne s'est pas déclenchée. Il déclenche alors celle-ci manuellement. Aucun signal n'a été reçu par le contrôle aérien.

1.15.2. Organisation des secours

Le chef du peloton sécurité incendie secours est prévenu à 16h50. Il reçoit l'ordre de se rendre sur place avec un véhicule et une équipe de trois personnels. Il est contacté par le chef du détachement des hélicoptères Gazelle qui lui décrit la situation. Comprenant qu'il va devoir réaliser des opérations de désincarcération, il demande alors l'autorisation de partir avec l'ensemble de son personnel (six personnes) et deux véhicules (un camion incendie et un véhicule d'allègement et de désincarcération). Il reçoit l'autorisation du chef de corps sachant que l'opération va priver le 43^e BIma de tous ses moyens d'intervention.

Conformément aux directives en vigueur, un convoi constitué des pompiers, de l'équipe médicale (qui était en alerte à 20 minutes) et de la prévôté se rassemble à l'entrée du camp. Le convoi quitte le camp à 17h10 et arrive sur zone à 17h30.

Les pompiers initient immédiatement les actions de sécurisation de la zone. L'équipe médicale débute son intervention avant que la zone ne soit complètement sécurisée.

¹¹ Selon l'instruction n° 3300/DEF/EMAT/OAT/BEMP du 8 octobre 2014 relative à l'aptitude médicale des spécialistes navigants et non navigants liés à la mise en œuvre des aéronefs habités et non habités de l'armée de terre.

1.16. Essais et recherches

Les experts de DGA EP ont exploité la tablette GETAC ainsi qu'une tablette électronique personnelle. Le vol n'a pas pu être restitué.

Le moteur a été examiné par DGA EP.

Le reste de l'épave a été expertisé par DGA TA.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Forces françaises en Côte d'Ivoire

Les FFCI s'appuient sur un état-major interarmées et plusieurs unités opérationnelles dont le 43^e BIMA pour assurer leurs missions. En particulier, elles doivent être rapidement projetables en cas de crise.

1.17.2. 43^e BIMA

Le 43^e BIMA, corps des troupes de marine stationné à Port-Bouët à proximité d'Abidjan répond aux missions confiées aux FFCI (participation directe ou soutien des opérations, coopération opérationnelle).

1.17.3. DETALAT

Unité subordonnée au 43^e BIMA, le détachement de l'ALAT est créé à Port-Bouët en 2014, avec des hélicoptères Gazelle. Le détachement est composé de personnels affectés à l'année (30% de l'effectif) et de personnels effectuant des missions d'une durée de deux à quatre mois. Le détachement est organisé en deux branches : le groupement aéromobile et la maintenance.

À l'été 2017, il est prévu de renforcer le DETALAT par des hélicoptères PUMA et des effectifs supplémentaires. Ces renforts sont, en réalité, immédiatement projetés en dehors de la RCI.

1.17.4. 3^e RHC

Le 3^e RHC appartient à l'ALAT. Implanté sur la base aérienne d'Étain-Rouvres, il est spécialisé dans l'aérocombat. Son personnel est régulièrement projeté pour effectuer des opérations extérieures ou des missions de courte durée, notamment sur le continent africain.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

L'analyse qui suit expose les résultats des expertises techniques et identifie les causes de l'accident.

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Expertise des fluides

Les fluides (carburant, hydraulique, huile moteur et huile des boîtes de transmission) ont été analysés par DGA EP. Aucune pollution ou dégradation organique n'a été mise en évidence.

L'expertise des fluides n'a révélé aucune anomalie.

2.1.2. Le groupe turbomoteur (GTM)

L'expertise du GTM a été réalisée par DGA EP en présence d'un expert de *Safran Helicopter Engines*.

La présence de sable est particulièrement notable. Une forte quantité de dépôt sablonneux a été retrouvée dans le carter de la turbine et du compresseur. Ce type de sable, d'une granulométrie fine et de couleur grise, est caractéristique des moteurs évoluant en atmosphère sablonneuse. L'élimination de ce dépôt est réalisée suivant une périodicité de 25 heures de vol lorsque l'aéronef évolue en atmosphère sablonneuse. La RCI n'est pas considérée comme une zone de ce type.

Le démontage du GTM a mis en évidence une usure importante des étages du compresseur. Une deuxième expertise, réalisée dans les locaux de *Safran Helicopter Engines* a mis en évidence que les aubes du premier étage du compresseur axial ne répondaient pas aux normes d'un contrôle sur champ¹² du niveau d'érosion.



Figure 10 : application de la cale de gabarit sur une aube du compresseur axial

¹² Ce contrôle est effectué par la maintenance suivant une périodicité qui dépend de la zone d'utilisation : il peut être quotidien, effectué toutes les 25 heures de vol ou toutes les 400 heures en fonction des conditions.

Les aubes sont caractérisées par la présence d'un bourrelet sur le bord d'attaque ainsi qu'un chanfrein en périphérie. La comparaison avec le gabarit utilisé pour les contrôles sur champ indique que la corde est dans la norme mais la présence du chanfrein rend la périphérie des aubes hors gabarit. En pratique, ce constat est cohérent avec l'environnement et est fréquemment rencontré par l'industriel dans le cas de réparations de moteurs déposés pour d'autres motifs.

Les effets de l'érosion du compresseur sont la diminution de la marge au pompage et l'augmentation de la température (T4). Une usure trop importante des aubes a pour conséquence d'atteindre plus rapidement la limite de débit carburant et donc la détérioration de la turbine. Le démontage de cette dernière n'a montré aucune dégradation.

La dernière inspection de l'érosion des aubes, réalisée le 4 avril 2018 au 9^e régiment de soutien aéromobile (RSAM), n'a pas mis en évidence le défaut des aubes. Entre cette inspection et l'évènement, l'aéronef n'a réalisé que 41 heures de vol. Les comptes rendus de ces vols ne laissent apparaître aucune trace d'utilisation en atmosphère sablonneuse ou poussiéreuse.

Les endommagements constatés sur le couple-mètre indiquent un blocage de la BTP au moment de l'évènement alors que le moteur fournissait de la puissance.

Une expertise du régulateur du GTM a été réalisée dans les locaux de *Safran Helicopter Engines*. Le sélecteur de type de carburant a été retrouvé dans une position intermédiaire incohérente. Les tests ont été réalisés avec le sélecteur dans la position dans laquelle il a été retrouvé puis dans la position normalement attendue (TRO). Dans les deux cas le fonctionnement du régulateur a été conforme à l'attendu.

L'analyse de la documentation atteste d'un contrôle du vieillissement moteur conforme. Aucun constat de sur-température n'est mentionné lors des vols précédents et aucun pompage n'est rapporté (par les témoignages) ou constaté par l'expertise du moteur.

Les expertises techniques montrent que le GTM n'est pas impliqué dans l'évènement.

2.1.3. Examen de la cellule

2.1.3.1. Avionique

L'anémomètre, l'indicateur couple-mètre ainsi que la radiosonde ont été expertisés par DGA TA.

L'analyse de l'anémomètre et de l'indicateur couple-mètre n'a pas permis d'en tirer des enseignements significatifs.

L'émetteur, le récepteur et l'indicateur de la radiosonde sont en bon état.



Figure 11 : indicateur radiosonde

L'indicateur de la radiosonde affiche 50 mètres de hauteur. Le flag est apparent et l'index est réglé à 50 mètres (un passage sous les 50 mètres entraîne l'allumage du voyant rouge situé en haut à droite de l'indicateur). La hauteur indiquée correspond à la distance mesurée au moment où la radiosonde n'est plus alimentée en courant alternatif.

L'analyse du tableau d'alarme n'a pas mis en évidence de perte de courant alternatif avant l'impact.

La coupure d'alimentation est probablement survenue après le heurt du poteau alors que la Gazelle avait une inclinaison de 90°. La sonde mesurait alors une distance oblique et non une hauteur.

2.1.3.2. Tableau d'alarme



Figure 12 : test du tableau d'alarme

Le test du tableau d'alarme montre que tous les voyants fonctionnent à l'exception des voyants PITOT, HBTP et COMB.

Les filaments des ampoules des voyants PITOT et HBTP sont rompus de manière nette alors que celui du voyant COMB est fondu.

Seul le voyant COMB était allumé au moment de l'accident. Ce voyant s'allume lorsque la quantité de carburant mesurée est inférieure à 50 litres.

Compte tenu du temps de vol effectué depuis le décollage, la quantité théorique de carburant restant était d'environ 120 litres. Suite à l'impact, du carburant s'est répandu dans le sol. L'allumage de ce voyant peut se produire en fin de mission en fonction de l'inclinaison de l'appareil.

Au moment de l'évènement, seul le voyant indiquant une quantité de carburant inférieure à 50 litres était allumé. Son allumage est très probablement dû à l'inclinaison de l'appareil avant l'impact.

2.1.3.3. Commandes de vol

Commandes du rotor principal

Les commandes du rotor principal sont constituées par les commandes de pas cyclique et les commandes de pas collectif qui agissent par l'intermédiaire des servocommandes principales.

Concernant les commandes de pas cyclique, une « bielle arrière de latéral droit » est déformée et rompue en statique. La « bielle arrière de longitudinal » est déformée dans la même direction. Ces déformations sont cohérentes avec l'impact de l'appareil sur la droite.

Mis à part la rupture de la « bielle arrière de latéral droit » due à l'impact au sol, la chaîne de commande de pas cyclique ne montre pas d'anomalie.

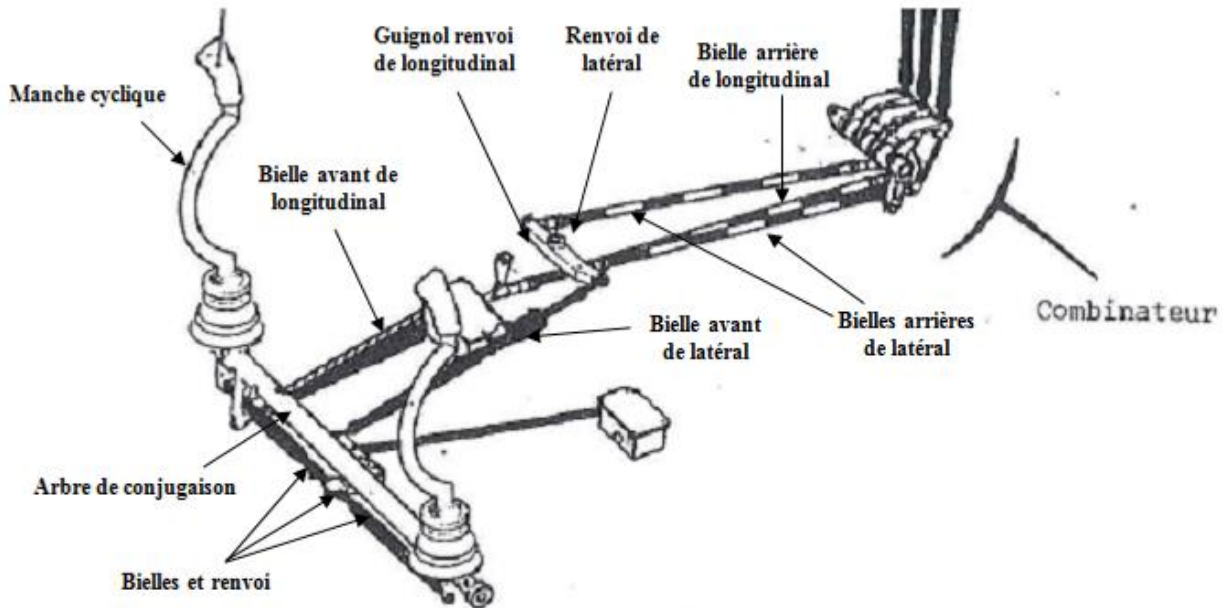


Figure 13 : commandes de pas cyclique

Le manche collectif pilote est rompu mais la chaîne de commande est continue jusqu'au combinateur et ne montre pas d'anomalie.

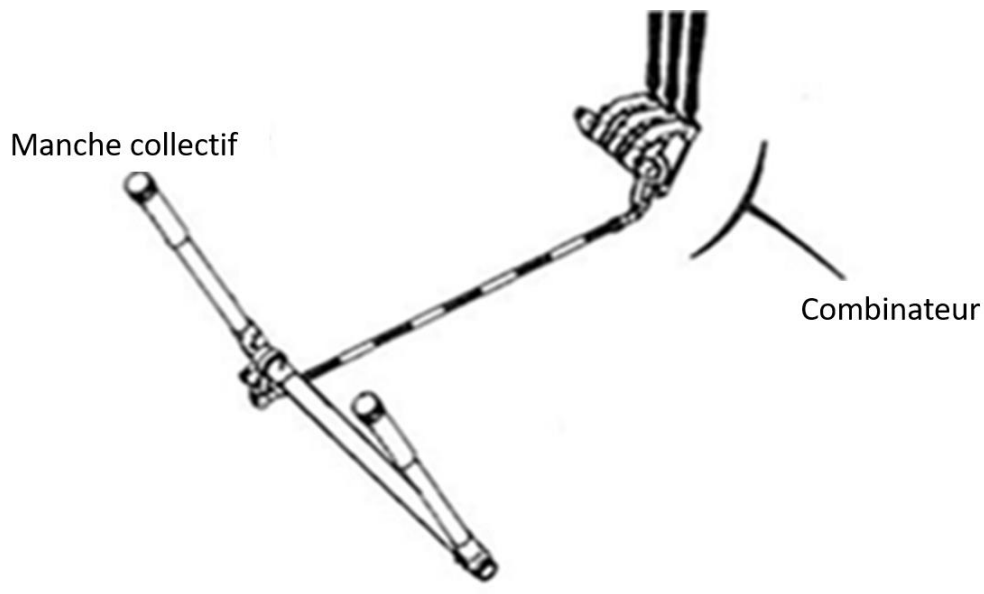


Figure 14 : commandes de pas collectif

Les trois bielles verticales issues du combineur sont branchées sur trois renvois articulés placés sur un support. Un renvoi intermédiaire, monté sur la BTP, est interposé pour la servocommande gauche. La liaison entre les renvois de commande et les leviers de servocommandes est assurée par des biellettes réglables.

Les bielles verticales sont endommagées à cause de la déformation de la cloison cabine. Le support de renvoi et la bielle du renvoi intermédiaire sont rompus en statique. Une biellette réglable de longitudinal est également rompue en statique.

Toutes ces ruptures sont dues à l'impact et à la désolidarisation de la BTP du plancher mécanique.

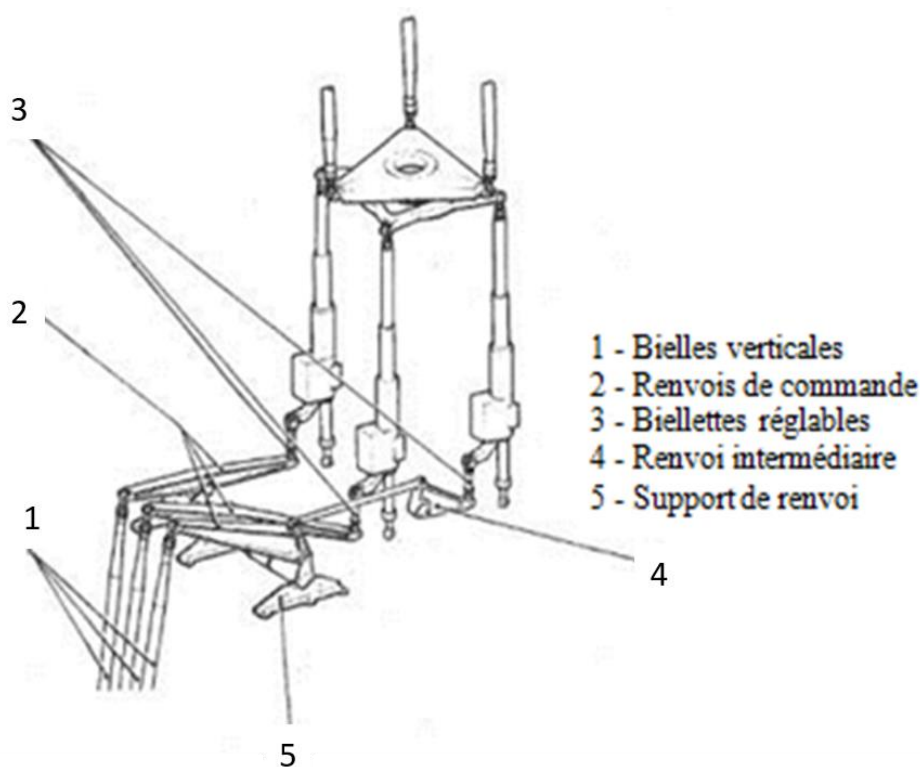


Figure 15 : commandes sur plancher mécanique

Les trois servocommandes principales ont été démontées, instrumentées puis testées par DGA TA. La mise sous pression de celles-ci permet leur fonctionnement sans blocage.

Commande du rotor anti-couple

Deux palonniers conjugués agissent sur le plateau de commande de pas du rotor arrière par l'intermédiaire d'une chaîne de commande.

Les deux câbles de la chaîne de commande sont rompus au niveau de la désolidarisation de la poutre de queue à cause de l'impact.

Mise à part la rupture des deux câbles, la chaîne de commande du RAC ne montre pas d'anomalie.

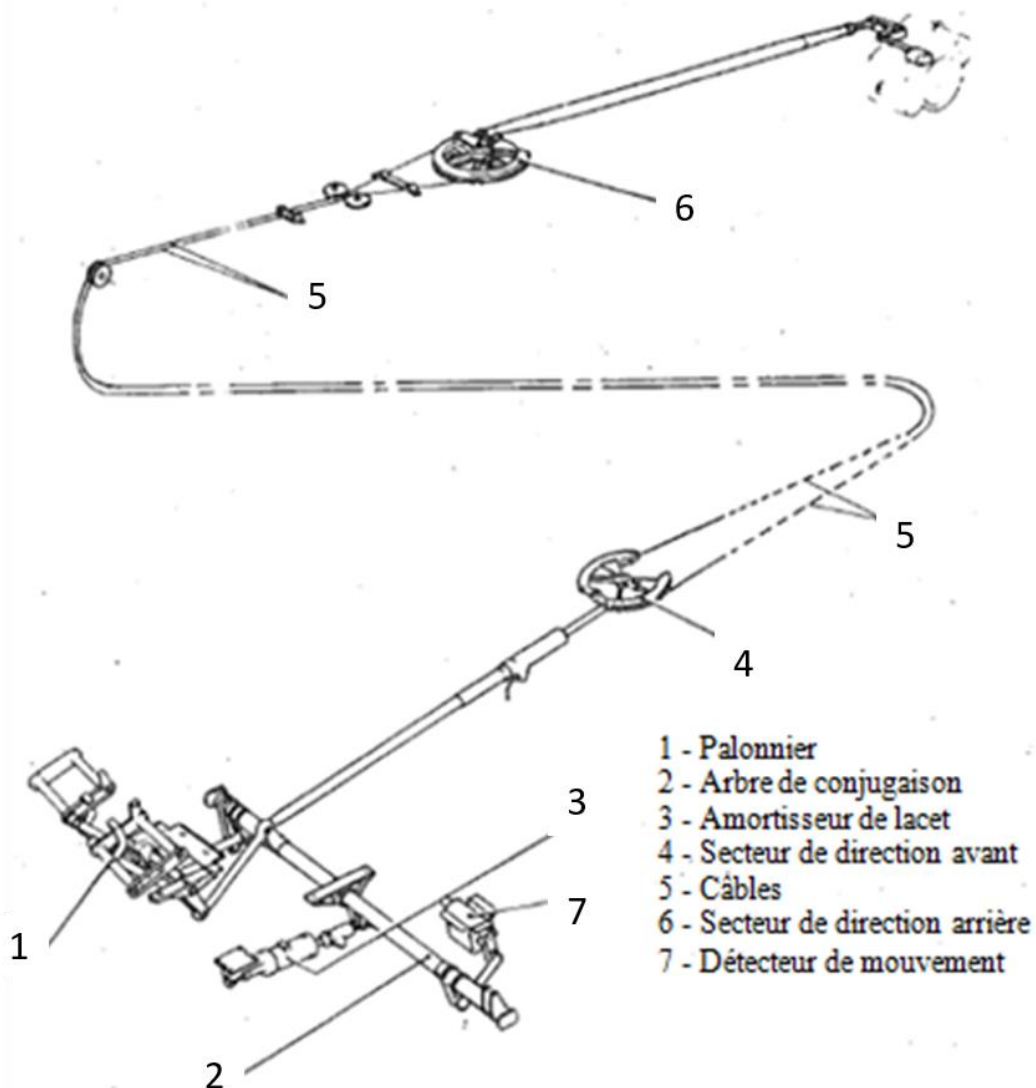


Figure 16 : commandes du rotor anti-couple

Le fusible du circuit hydraulique a également été testé, il fonctionne normalement.

L'interrupteur servocommande, situé sur la commande de pas général, a été retrouvé sur arrêt. L'expertise du tableau de panne a montré que le voyant B.P.HY était éteint au moment de l'impact, ce qui écarte l'hypothèse du basculement en vol de l'interrupteur servocommande sur la position arrêt. Cet interrupteur a très probablement été manipulé par inadvertance lors des opérations de secours.

Les expertises techniques n'ont révélé aucun indice d'endommagement des commandes de vol avant l'impact.

2.1.3.4. BTP

La BTP est désolidarisée de la cellule ; elle présente des dommages mineurs consécutifs à l'impact au sol. L'action sur la bride d'entrée mouvement entraîne la rotation sans anomalie de la sortie mouvement et du rotor principal.

La fixation de la BTP est assurée par deux ensembles : l'ensemble bras de fixation (ou « vés ») et l'ensemble platine amortisseur qui a pour but de filtrer les vibrations en provenance du rotor principal.

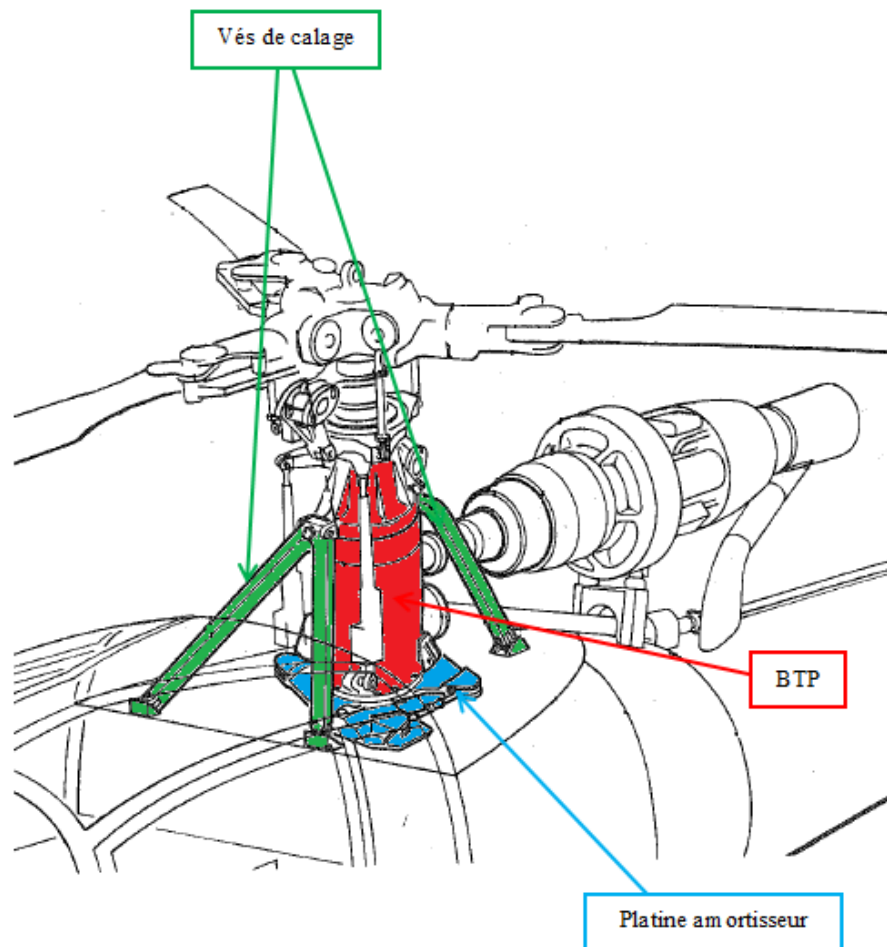


Figure 17 : fixation de la BTP sur le plancher mécanique

Les « vés » de fixation sont désolidarisés du plancher mécanique par rupture en statique. Des ruptures en statique sont également constatées sur l'ensemble platine amortisseur.

Les endommagements constatés sur la BTP sont dus à l'impact.

2.1.3.5. RAC

Chaîne de transmission et de puissance du RAC

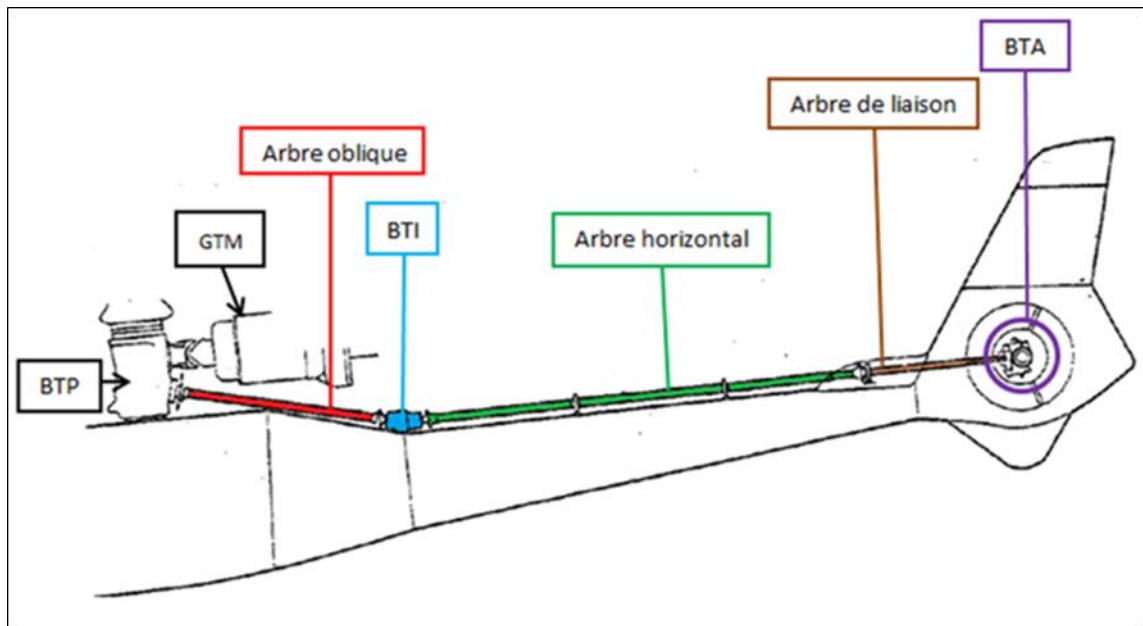


Figure 18 : chaîne de transmission de puissance du RAC

L'arbre oblique est rompu au niveau de la BTP et s'est désolidarisé de la poutre de queue. Il a été retrouvé en amont de la cellule.

La boîte de transmission intermédiaire (BTI) transmet bien la puissance à l'arbre horizontal. Celui-ci est rompu à 46 centimètres de l'arbre de liaison.

Les deux ruptures observées sur la chaîne de puissance du RAC sont de type statique et consécutives à l'accident.

Les marques de contact sur l'arbre de liaison montrent que le RAC avait toujours de la puissance lors de l'impact.



Figure 19 : marques de contact sur l'arbre de liaison

Le RAC tourne toujours sous l'action de l'arbre de liaison, la chaîne de puissance du RAC ne montre pas de blocage ou d'anomalie.

RAC et fenestron

Les pales du RAC sont endommagées sur le bord d'attaque. De plus, le fenestron est coupé par les pales. Cela montre qu'il y avait de la puissance sur le RAC au moment de l'impact.

Les endommagements constatés sur le RAC et sa chaîne de transmission sont dus à l'impact.

2.1.3.6. Pales du rotor principal

Au vu de l'endommagement observé sur le poteau d'éclairage, seul un élément à forte énergie peut en être responsable.



Figure 20 : endommagement des pales jaune, bleue et rouge

Les trois pales ont des endommagements de différentes natures.

L'amortisseur de traînée de la pale rouge est rompu en statique et déformé vers la pale, ce qui est caractéristique d'un contact à forte énergie de la pale avec un élément rigide. La pale est rompue à 4 mètres du pied et un délaminage important est observé en bord d'attaque. La pale rouge est la plus endommagée des trois.



Figure 21 : amortisseur de pale rouge déformé vers la pale

L'amortisseur de trainée de la pale bleue est déformé vers la pale. La pale est endommagée à partir de 28 centimètres du pied. Du sablage est observé au bout de la pale en bord d'attaque. L'amortisseur de trainée de la pale jaune est déformé vers le manchon, ce qui est caractéristique du ralentissement du rotor principal dû au contact d'une autre pale. La rupture de la pale, à 1,3m du pied, est nette et est probablement due à une flexion. La pale jaune est la moins endommagée des trois.



Figure 22 : amortisseur de pale jaune déformé vers le manchon

Ces observations montrent que la pale rouge a probablement touché le poteau la première et que la pale bleue a aussi heurté un élément rigide. La pale jaune n'a pas touché d'élément rigide et s'est rompue en flexion, certainement lors du basculement de l'appareil au sol.

Les endommagements constatés sur le rotor principal indiquent que la pale rouge a probablement touché le poteau la première.

2.1.3.7. Poutre de queue

Sur le site de l'accident, la poutre de queue a été retrouvée du même côté que la cellule et le moteur alors que le demi plan fixe droit a été retrouvé de l'autre côté du mur.

La poutre de queue s'est désolidarisée au niveau du cadre oblique. Le côté droit de la poutre de queue est beaucoup plus endommagé que le gauche.

Sur le côté droit, des marques de contact sont présentes sur 4 mètres de longueur environ en partant de la dérive et correspondent au glissement de la poutre de queue sur le mur. Les marques sur le mur étant présentes sur 12 mètres de longueur, la poutre de queue a glissé sur 8 mètres au minimum.

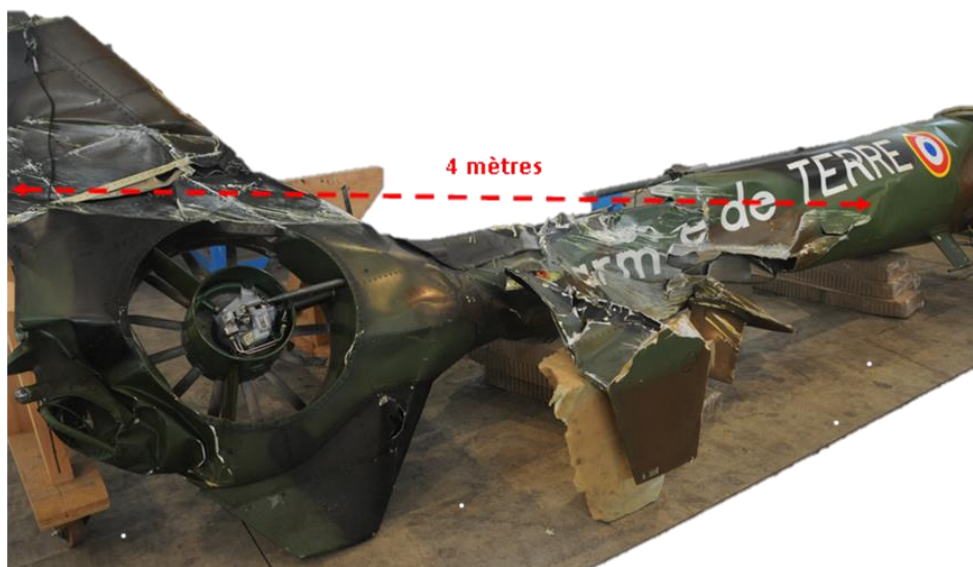


Figure 23 : endommagements du côté droit de la poutre de queue

L'appareil avait un angle d'environ 90° sur l'axe de roulis au cours de la collision sur le mur. Les angles des marques de contact de la dérive, de la poutre de queue et de l'antenne sont d'environ 25-30° par rapport à l'axe de l'appareil. La Gazelle a donc glissé sur le mur avec un angle de 25-30° sur l'axe de tangage.

Le demi-plan fixe droit présente des ruptures et de multiples endommagements alors que le gauche est toujours solidaire de la poutre de queue et n'a pas de marque de contact avec un élément rigide.

Les endommagements sur le demi-plan fixe droit se situent principalement sur le bord d'attaque. La dérive latérale est rompue avec un effort en direction de la poutre de queue. En effet, l'extérieur de la dérive est typique d'une rupture en traction et l'intérieur en compression. L'effort ayant engendré la rupture du demi-plan fixe droit est donc dans la direction de la poutre de queue.

Le demi-plan fixe droit a marqué le côté gauche du mur, puis il s'est rompu et est tombé de ce même côté du mur alors que le reste de l'épave est tombé du côté droit.

Les endommagements constatés sur la poutre de queue et le mur indiquent que l'aéronef a glissé sur le mur, sur une longueur de 8 mètres au minimum, avec un angle de roulis de 90° à droite et un angle de 25-30° sur l'axe de tangage.

2.1.4. Expertise de la balise de détresse

L'analyse de la balise de détresse a permis de constater qu'elle était en bon état de fonctionnement. L'absence d'émission est due à la rupture de son antenne.

2.2. Recherche des causes de l'évènement

2.2.1. Causes techniques

Les expertises conduites sur l'aéronef ne mettent en évidence aucun dysfonctionnement ou défaillance technique qui expliquerait l'évènement.

Aucune défaillance technique n'est à l'origine de l'évènement.

2.2.2. Causes environnementales

L'exécution de la manœuvre précédant l'impact amène l'aéronef à faible vitesse avec une composante de vent arrière de 6 kt qui impose une demande de puissance plus importante et expose l'aéronef à un potentiel effet de basculement vers l'avant.

L'orientation et la force du vent sur la zone de l'évènement ont probablement contribué à la perte de contrôle de l'aéronef.

2.2.3. Causes relevant des facteurs organisationnels et humains

2.2.3.1. Analyse de la manœuvre qui précède l'impact

En l'absence d'enregistreur de paramètres et d'enregistreur audio, il est difficile de décrire de manière précise la manœuvre exécutée. Toutefois, les témoignages des personnels présents au sol ont permis d'établir un scénario probable ainsi que des facteurs aggravants plus ou moins probables.

Lors du deuxième passage, l'aéronef réalise une manœuvre de type passe canon. À partir d'une hauteur d'environ 200 mètres, la Gazelle s'aligne sur l'objectif et se met en piqué. Vers 20-30 mètres l'équipage stabilise l'appareil, passe à proximité du groupe au sol puis initie une manœuvre présentant certaines caractéristiques d'une esquivé, sans qu'il soit établi que l'équipage ait voulu précisément réaliser cette figure.

L'esquivé est une figure du vol de combat (enseignée à l'EALAT au Cannet-des-Maures) qui permet d'effectuer une brève incursion dans le plan vertical en virage à grande inclinaison. Elle est requise pour sortir du domaine des armes d'un ennemi identifié et pour reprendre son visuel.

Les paramètres initiaux indispensables au bon déroulement de l'exercice sont :

- vitesse maximale en palier, 1^{ère} butée affichée (soit une vitesse proche de 200 km/h pour la Gazelle) ;
- un plancher suffisant par rapport au sol (50 mètres recommandé) avec une aire d'évolution dégagée.

Comme tout exercice du vol de combat, cette figure nécessite un dosage précis, une coordination fine des actions et de la souplesse de pilotage.

L'ESQUIVE

But : à partir d'une vitesse élevée en palier, effectuer une brève incursion dans le plan vertical (sortie du domaine des armes) et de virer afin de reprendre un visuel.

Annoncer les paramètres: « vario 0 - Vi lue - sonde 50 m éteinte- 1^{ère} butée affichée - Sécurité dans le domaine d'évolution »

- Débuter le cabrer par une augmentation d'assiette dosée, puis accélérer jusqu'à 30° et débiter la mise en inclinaison 60°, AON.
- Annuler la montée par une diminution d'assiette (faible dosage), maintenir inclinaison 60°.
- Maintenir assiette à piquer 25°, inclinaison 60°
- Annuler l'inclinaison, puis augmenter l'assiette pour reprendre un vol palier.

Nota :

Attention au cumul des facteurs de charge lors de la sortie d'exercice. Bien décomposer la gestuelle.

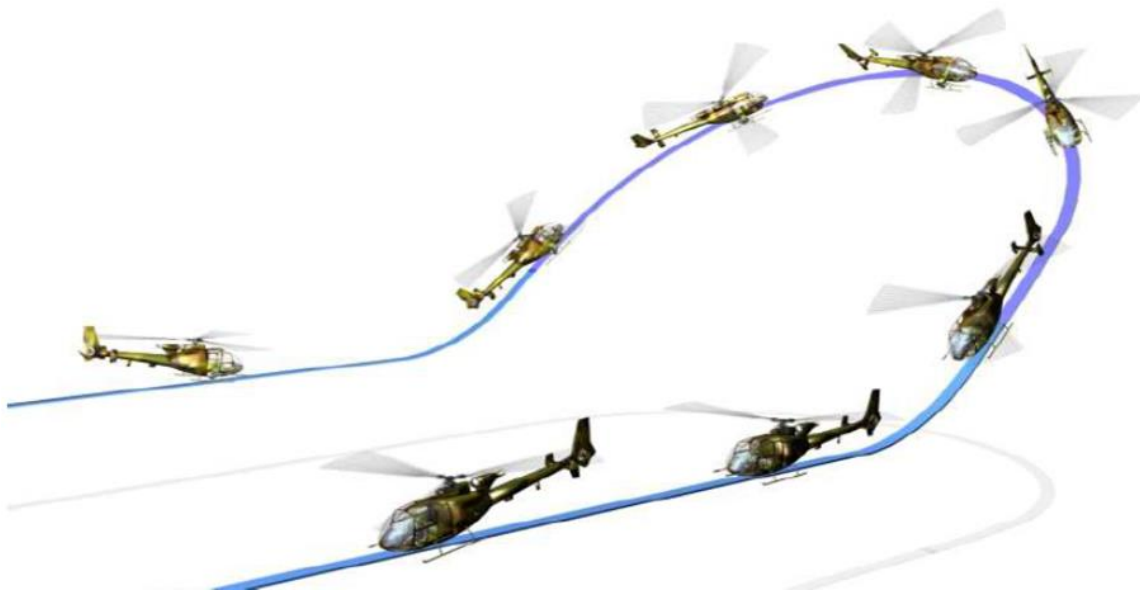


Figure 24 : extrait du manuel « les évasives » de la brigade vol de combat

Paramètre de présentation : vitesse

La vitesse maximale en palier est requise avant de débiter le cabrer. En effet l'énergie de l'aéronef doit être suffisante pour :

- gagner suffisamment de hauteur par rapport au sol par transformation d'une vitesse horizontale en vitesse verticale (au minimum 100 mètres entre le palier initial et le début du virage de retournement à grande inclinaison) ;
- ne pas subir de forte dégradation de vitesse lors du virage ;
- conserver une inertie suffisante en sortie de figure pour reprendre le plus rapidement possible une vitesse en palier proche de la vitesse maximale.

Sur le point de la vitesse initiale de l'aéronef, les témoignages semblent indiquer un défilement insuffisant :

- à 200 km/h, il n'est pas possible, par l'effet de dérive important sur Gazelle, de communiquer à l'aéronef une rotation significative sur son axe de lacet (témoignage qui mentionne que la Gazelle « zigzague à plat en montrant ses flancs (portières) ») ;
- aucun témoignage du groupe au sol ne fait état d'une vitesse élevée ;
- un témoignage mentionne que la Gazelle a une « pente moyenne » lors de la montée, ce qui n'est pas en corrélation avec la pente (forte) normalement observée d'une Gazelle en début d'esquive ;
- un témoignage évoque que l'aéronef semblait évoluer lentement alors qu'en fin de figure d'esquive la vitesse doit être suffisamment significative pour rejoindre rapidement la vitesse initiale ;
- un témoignage évoque un « piquer brutal », un « gros piquer légèrement incliné à droite », ce qui corrobore le fait que le pilote a dû vouloir brutalement et rapidement reprendre une vitesse suffisante compatible avec un vol d'avancement normal.

La vitesse de l'aéronef est très en deçà du pré-requis pour débiter une figure d'esquive. Elle a rapidement déchu au cours de l'exécution de l'exercice.

Paramètre de présentation : hauteur sol (50 mètres) – plancher minimal

La description de la figure mentionne une hauteur sol minimale de 50 mètres pour débiter l'exercice. Il s'agit ici d'une recommandation « école » qui permet de palier d'éventuelles erreurs de pilotage ou une mauvaise prise en compte de facteurs environnementaux (vent/obstacles). En effet, la hauteur recherchée en fin d'exercice doit être identique à la hauteur de départ.

Sur le point de la hauteur initiale de l'aéronef, les témoignages semblent indiquer que l'aéronef s'est présenté à une hauteur estimée entre 20 et 30 mètres.

La hauteur initiale de la Gazelle avant de débiter la figure est inférieure à la recommandation des 50 mètres/sol. Ainsi, l'aéronef est trop proche du sol et donc des obstacles présents dans son domaine d'évolution.

Virage à forte inclinaison

Les éléments à notre disposition sont :

- un témoignage qui indique un « virage très sec » ;
- un rayon de virage d'environ 90 mètres, qui pour une vitesse d'environ 120 km/h, donne une inclinaison de 52°.

Un virage peut être considéré comme étant à forte inclinaison lorsque celui-ci dépasse les 45°. À forte inclinaison, un virage nécessite une réserve importante de puissance et un pilotage fin. En effet, à forte inclinaison :

- la puissance nécessaire pour maintenir la hauteur constante de l'aéronef croît fortement car la force de portance bascule en diminuant sa composante verticale ;
- il est nécessaire de conserver l'aéronef en attaque oblique nulle (aux palonniers) pour éviter tout virage glissé ou dérapé qui ferait s'enfoncer la machine.

La forte inclinaison de l'aéronef a contribué à la perte de hauteur de l'aéronef tout en dégradant de manière rapide sa vitesse.

Action au palonnier dans le virage

Des témoignages décrivent le virage de l'aéronef comme effectué « au frein à main ». Ces descriptions pourraient être caractéristiques d'une action au palonnier conséquente pour resserrer le rayon de virage. Une action importante au palonnier droit est fortement consommatrice de puissance sur les hélicoptères qui ont un rotor qui tourne à droite (cas de la Gazelle) d'autant plus si cette action est brusque.

Une probable action notable au palonnier droit a fortement consommé de la puissance.

Influence du vent

Le vent dans la zone, du 240° pour 6 kt, peut être considéré comme significatif.

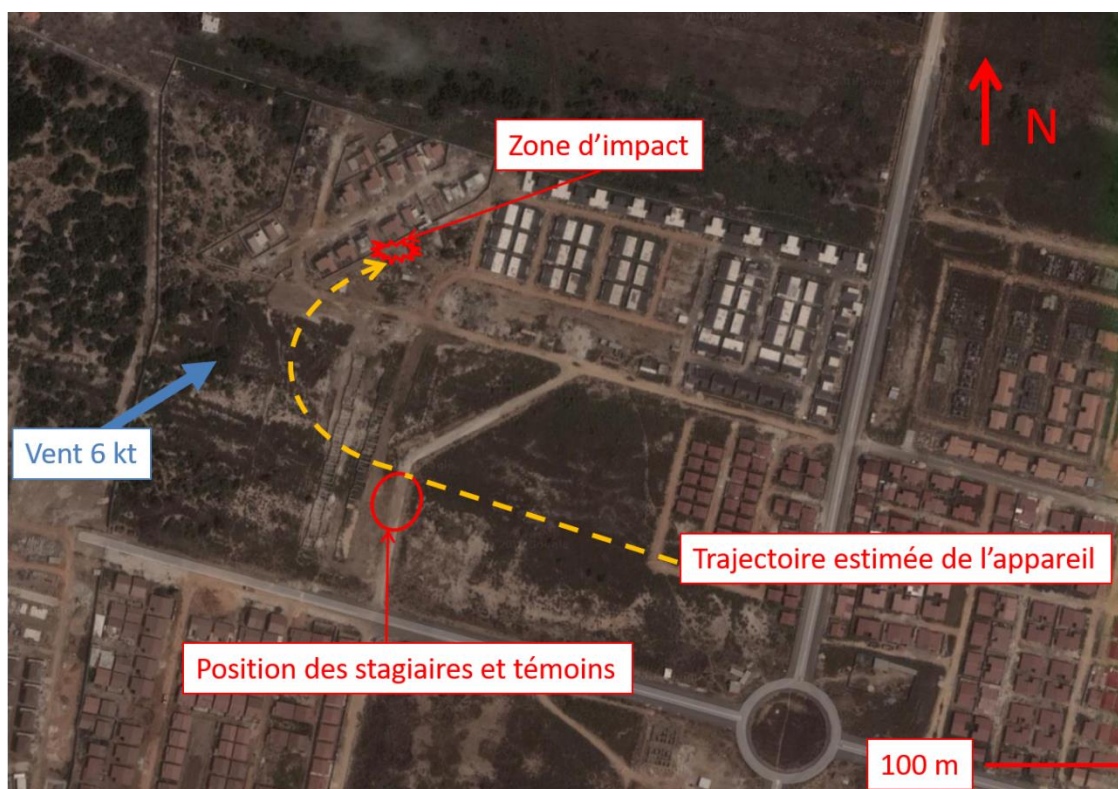


Figure 25 : direction du vent au moment de la manœuvre

En fin de figure, la Gazelle se retrouve vent arrière. Le vent secteur arrière provoque les conséquences suivantes :

- demande de puissance plus importante en stationnaire et à faible vitesse de défilement pour maintenir la hauteur sol ;
- avec un léger piquer, bascule possible de l'aéronef vers l'avant par appui du vent sur l'empennage horizontal de l'aéronef (plans fixes).

La force du vent n'était pas incompatible avec l'exécution de la manœuvre. Mais l'équipage n'a pas suffisamment pris en compte le vent dans l'exécution de celle-ci.

Atteinte du seuil de réversibilité des servocommandes

Le manuel de vol de la Gazelle mentionne le facteur de charge limite qui correspond au seuil de réversibilité des servocommandes. Ce phénomène physique est perçu par l'apparition d'un effort au manche cyclique (qui bascule en arrière et à droite) et d'une baisse du manche collectif. Le facteur de charge peut être provoqué par deux actions principales, concomitantes ou non :

- un cabrer qui provoque l'apparition d'une force centrifuge dans le plan vertical ;
- une inclinaison qui provoque l'apparition d'une force centrifuge dans le plan horizontal.

La somme de ces forces peut atteindre le facteur de charge total supportable par l'aéronef. Par construction, chaque aéronef possède sa propre limite. Sur Gazelle, cette limite est proche de +2.2 g. Le phénomène est amplifié par la rapidité, ou la brutalité, de réalisation de ces deux actions.

Pour sortir du phénomène, il est nécessaire de réduire l'inclinaison et de diminuer le pas général.

Si le pilote n'a jamais été confronté à cette réaction machine, il est fort probable qu'un effet de surprise voire de sidération puisse l'avoir tétanisé.

Les éléments à notre disposition sont :

- un témoignage qui indique un « virage très sec » ;
- plusieurs témoignages qui indiquent le bruit caractéristique d'un rotor fonctionnant sous fort facteur de charge ;
- un rayon de virage d'environ 90 mètres, qui pour une vitesse d'environ 120 km/h, donne une inclinaison de 52° (forte inclinaison > à 45°).

Il est probable que, s'il y a eu effectivement atteinte du seuil de réversibilité des commandes, ce phénomène soit un facteur contributif à l'accident.

L'hypothèse du VORTEX a été envisagée. Compte-tenu des circonstances de l'évènement, l'hypothèse n'est pas retenue.

Synthèse :

La combinaison des facteurs que sont la faible vitesse initiale, la hauteur insuffisante par rapport aux obstacles, l'inclinaison importante de l'aéronef, l'action au palonnier droit, la présence de vent arrière en fin de figure et éventuellement l'atteinte du seuil de réversibilité des commandes provoquant un enfoncement est à l'origine de l'accident.

2.2.3.2. Écarts observés

Erreur d'exécution lors d'une violation¹³

L'enquête a mis en évidence la réalisation de deux manœuvres non prévues dans le cadre de la mission de sensibilisation de stagiaires ivoiriens au guidage d'un hélicoptère vers une cible depuis le sol. Les deux écarts de l'équipage (passage à une hauteur inférieure à 50 mètres et démonstration d'une passe canon) constituent des violations. La passe de tir canon n'est plus opérationnelle depuis 2012 sur Gazelle et aucun pilote présent n'a été formé officiellement à ce type de tir. Les violations peuvent être dangereuses car elles sont susceptibles de placer les opérateurs dans des situations non prévues, qui sont davantage propices à :

- la survenue d'erreurs, définies comme des écarts involontaires aux intentions ou aux règles ;
- la réduction des marges de manœuvres nécessaires pour récupérer ces erreurs avant la survenue de leurs conséquences.

En effet, la première manœuvre est un passage à la verticale des personnels au sol à une hauteur estimée inférieure à la hauteur plancher définie lors de la préparation de mission. La seconde est la réalisation d'une manœuvre qui ressemble à une démonstration de passe canon, suivie d'une manœuvre présentant les caractéristiques d'une esquive engagée avec des paramètres non conformes pour ce type de manœuvre réalisée à la verticale des stagiaires et des encadrants présents au sol.

Deux violations et un manque de technicité ont conduit à l'évènement.

Motivations

D'après les informations recueillies lors de l'enquête, les écarts observés lors de l'accident semblent s'apparenter à une combinaison de deux violations distinctes : les violations pour la recherche d'émotions¹⁴ et les violations de routine¹⁵. Le risque associé à ces comportements est généralement perçu comme faible par l'opérateur et compensable par son expérience et son savoir-faire.

En effet, les témoignages recueillis auprès du personnel du DETALAT dont les spécialistes en MCD sont issus du 3^e RHC pour ce mandat semblent indiquer que la première violation (incursion non prévue dans le domaine du vol tactique) serait plutôt routinière au sein de ces deux organismes. Cette violation a été réalisée par un équipage formé au vol tactique, évoluant depuis plus d'une heure au-dessus d'une zone de travail qui avait fait l'objet d'une reconnaissance préalable au sol. Il est donc probable que cette violation de routine n'ait pas été accompagnée d'appréhension chez les membres d'équipage, ni de signaux d'alerte, qui auraient pu les empêcher de s'engager dans une manœuvre non conforme, non prévue et non maîtrisée.

¹³ Le terme « violation » correspond à une notion très précise dans le domaine des facteurs humains. Cette notion ne renvoie pas à la définition courante du mot qui évoque simplement un acte de transgression, sans précision des motivations qui y conduisent. Une violation se définit ici comme un écart à une règle réalisée par un opérateur, avec un certain degré d'intentionnalité, mais sans aucune volonté de nuire au système.

¹⁴ Le cadre professionnel et technique est alors détourné au profit de la recherche d'émotions : recherche de sensations ; volonté de démontrer son savoir-faire, sa capacité à faire des choses rares et son autonomie ; affirmation de son appartenance au groupe ; démonstration de force ; renforcement de la cohésion du groupe et intégration des nouveaux.

¹⁵ Tout écart volontaire peut progressivement devenir une violation de routine dès lors qu'elle devient fréquente, qu'elle correspond aux comportements habituels des opérateurs, et qu'elle est intégrée à leur répertoire de comportements.

La quête d'émotions fortes, reposant sur des expériences déjà éprouvées, peut être à l'origine de prises de décision qui conduisent les individus à s'exposer à des situations à risques.

Les violations réalisées à la fin de la séance de sensibilisation ont été motivées dans une certaine mesure par la recherche de sensations, par la volonté de démontrer son savoir-faire, d'affirmer son appartenance au groupe et de démontrer sa force.

Bien que les violations soient des comportements intentionnels et dans ce cas sans lien direct avec la mission qu'il est demandé à l'opérateur d'accomplir, leur interprétation ne doit pas se limiter à la seule dimension individuelle. Les violations sont des comportements dont l'émergence est fortement influencée par des facteurs contextuels, sociaux, organisationnels et culturels.

2.2.3.3. Facteurs psychologiques favorisant la prise de risque

Émotions

Perte du sens de la mission

Les émotions de l'équipage au moment d'effectuer la tâche peuvent directement influencer les décisions à prendre, en modifiant le processus de jugement de la situation. Des émotions positives peuvent indiquer à l'opérateur, de manière inconsciente, que la situation est sûre et requiert peu d'effort cognitif. Au contraire, certaines émotions négatives, telles que la peur ou l'anxiété, peuvent alerter l'opérateur que la situation est menaçante, ce qui enclencherait alors une analyse plus approfondie de la situation et un traitement plus systématique des informations. Mais ces émotions, qu'elles soient positives ou négatives, peuvent aussi intervenir de façon inappropriée.

Les témoignages recueillis lors de l'enquête rendent compte du contexte émotionnel présent lors de cette mission.

La mission a généré des émotions négatives dans le sens où elle a été avant tout vécue comme routinière, peu valorisante et présentant peu d'intérêts. La perte de sens du travail pour cette mission a pu conduire à une humeur négative.

À l'inverse, la réalisation des manœuvres de pilotage difficiles, en public, semble procurer des émotions positives chez les pilotes, conférant une certaine euphorie. Il est probable que ces actions soient une réponse au sentiment de faible utilité perçue de la mission et une compensation aux émotions négatives qu'elle suscite.

La perte de sens pour cette mission peut avoir favorisé l'élaboration de manœuvres susceptibles de procurer des émotions positives compensatrices très inappropriées.

Contagion des émotions

Ces comportements de violation semblent avoir été accompagnés d'un certain degré d'euphorie au sein du groupe. Une propriété fondamentale des émotions est leur contagiosité. Aussi, l'euphorie qui semble avoir été présente sur l'ensemble des personnels au sol a pu provoquer une contagion vers les pilotes à bord, ressentant alors un état émotionnel positif et assez intense. L'intensité peut également être expliquée par le contraste avec la première partie de la mission perçue comme peu utile.

La contagion des émotions positives par les personnels au sol a pu entraîner un biais dans l'évaluation de la situation par les membres d'équipage et conduire à une sous-estimation des risques inhérents à la réalisation d'une manœuvre non prévue à proximité du sol.

Image sociale et motivation de réussite

Lors du premier passage un personnel au sol insinue à la radio que le passage était mieux réussi la semaine précédente. Ce type de remarque a pu renforcer la motivation de l'équipage à réussir la deuxième passe.

La motivation de réussite combinée à l'image sociale liée à la présence d'un public est un facteur supplémentaire de prise de risque.

Perception de la prise de risque

L'adoption d'un comportement par un individu est déterminée par trois grandes catégories de croyances :

- la croyance dans ses chances de succès ;
- la croyance sur le regard d'autrui ;
- la croyance sur sa capacité à contrôler la situation.

Le premier passage à proximité du sol n'a probablement pas été perçu comme une prise de risque par les deux membres d'équipage. Ces deux pilotes se savent qualifiés au vol tactique (croyance dans ses chances de succès) et réalisent régulièrement ce type de vol en entraînement ou en opération. Le passage sous la hauteur minimale de survol n'a pas eu lieu en début mais en fin de séance, soit après plus d'une heure d'évolution sur la zone de travail avec possibilité de reconnaître et de se familiariser avec la zone (croyance sur sa capacité à contrôler la situation). Enfin, il semblerait que ce premier passage à une hauteur inférieure à 50 mètres du sol n'ait fait l'objet d'aucune remarque par les personnels présents au sol, y compris de la part du chef de patrouille (croyance sur le regard d'autrui). En outre, pour le pilote aux commandes, cette manœuvre est acceptée par son supérieur hiérarchique direct (croyance sur le regard d'autrui).

Il est également très probable que la démonstration d'une passe canon n'ait pas été perçue comme une prise de risque excessive par les membres d'équipage. La réalisation de celle-ci a été acceptée par le pilote aux commandes et le PCB. Cette figure est une succession de trois manœuvres simples (cabrer, piquer puis virage dans le plan horizontal). Ces dernières sont enseignées aux pilotes de combat de l'ALAT (croyance sur ses chances de succès). La passe canon est encore réalisée par certains pilotes de l'ALAT, en particulier ceux de l'ancienne escadrille d'hélicoptères Gazelle canon à laquelle appartient le PCB (croyance sur sa capacité à contrôler la situation). Au moment de l'évènement, la pression sociale des pairs présents semblait forte et en faveur de la réalisation d'une démonstration de passe canon (croyance sur le regard d'autrui). Ce second passage était souhaité par certains des personnels au sol et la démonstration d'une passe canon a été suggérée par le responsable hiérarchique direct de l'équipage, en réponse à la proposition du PCB de réaliser un second passage. Il est aussi très probable que l'esquive n'ait pas été perçue comme une prise de risque excessive, le pilote présent dans l'aéronef connaissant les manœuvres de la famille des évatives. Sa capacité à les mettre en œuvre avait été testée juste avant son déploiement sur le théâtre dans le cadre de son contrôle en vol annuel (croyance dans ses chances de succès et croyance sur sa capacité à contrôler la situation).

Les différents types de croyance partagés par l'équipage ont favorisé la prise de risque et ont contribué à l'accident.

Influence du groupe

Le groupe est connu pour avoir un impact sur les prises de décision des individus. Par rapport aux prises de décision individuelles, les décisions prises en groupe ont tendance à se focaliser davantage sur les conséquences positives que sur les risques associés. Cette influence plutôt négative du groupe sur les prises de décision décroît avec l'âge.

En outre, l'accident survient au sein d'un groupe (ici l'équipage et le personnel français au sol) qui est essentiellement composé d'adultes jeunes de sexe masculin dont l'expérience est encore faible à l'exception du PCB. Par ailleurs, à l'exception d'un personnel non navigant, tous ces personnels étaient originaires du même régiment, le 3^e RHC.

La catégorie démographique des adultes jeunes, et en particulier celle des hommes jeunes est connue pour être une population présentant un excès de risque d'accidents par rapport aux autres catégories démographiques. Les comportements de violation y sont plus fréquents.

Le groupe et ses caractéristiques démographiques et sociologiques ont favorisé l'adoption de comportements à risques.

2.2.3.4. Facteurs organisationnels favorisant la prise de risque

Récente montée en puissance

Au moment de l'évènement, le détachement Gazelle comportait à nouveau trois hélicoptères, après une longue période où une seule Gazelle était disponible.

L'accroissement du nombre d'aéronefs s'est accompagné d'une augmentation du rythme de l'activité aérienne au sein du DETALAT liée à la volonté de rattraper le retard accumulé. Aussi, pendant le mois qui a précédé l'accident, le rythme des missions a été soutenu pour les pilotes du détachement : pas ou peu de pauses méridiennes, forte extension des horaires de travail, travail le week-end, formations au profit des forces armées de Côte d'Ivoire.

La fatigue accumulée, liée à la montée en puissance du DETALAT des dernières semaines, peut avoir contribué à des prises de décision inadaptées.

Expérience limitée du chef de détachement Gazelle

Sous-effectif du DETALAT et cumul de poste

Il existe un écart important entre l'effectif théorique et l'effectif réel du DETALAT. Cet écart est principalement dû à l'absence de la composante d'hélicoptères PUMA initialement prévue à la mise en place du DETALAT en 2017. Dès leur arrivée, les hélicoptères PUMA ont été projetés hors de Côte d'Ivoire. Ainsi, théoriquement le poste de chef du sous-groupe aéromobile devait être confié à un pilote du détachement d'hélicoptères PUMA expérimenté. C'est finalement le chef de détachement d'hélicoptères Gazelle qui occupe ce poste.

Un jeune lieutenant a été désigné dès sa sortie d'école pour occuper le poste de chef du détachement Gazelle pour une projection quatre mois plus tard sur cette MCD.

Au sein du DETALAT, cet officier cumulait ainsi ses fonctions de chef du détachement d'hélicoptères Gazelle et de chef du sous-groupement aéromobile par intérim. En plus de la gestion de l'ensemble des personnels qui constituent le détachement d'hélicoptères Gazelle, la fonction de chef du sous-groupement aéromobile implique des responsabilités dans le domaine de la navigabilité du parc d'aéronefs avec notamment la préparation de l'obtention de l'agrément FRA 145 au moment de l'évènement.

Il semblerait que la chaîne hiérarchique qui a désigné le chef de détachement d'hélicoptères Gazelle n'ait pas anticipé toute la charge de travail associée au cumul des postes de chef du sous-groupement aéromobile et chef du détachement Gazelle, dans un contexte de certification FRA 145. Cette charge de travail était d'autant plus élevée qu'il était un personnel navigant novice.

Il est à noter qu'il possède les qualifications réglementaires requises pour les deux postes. S'il détient les qualifications de chef de bord et de chef de patrouille, son expérience aéronautique demeure somme toute modeste au regard des responsabilités aéronautiques et managériales associées aux fonctions nouvelles qui lui ont été confiées sur un territoire étranger.

L'expérience aéronautique limitée du chef du détachement d'hélicoptères Gazelle, soumis à un cumul de fonctions, a pu altérer son appréciation du risque inhérent à une manœuvre aérodynamique non programmée.

Encadrement de l'exercice par un personnel peu expérimenté

Lors de l'accident, le chef de patrouille est l'adjoint au directeur du stage et assure l'encadrement pédagogique au sol, tout en étant chef de détachement hélicoptères Gazelle.

L'expérience limitée du responsable pédagogique au sol au moment de l'évènement a très certainement contribué à ce qu'il sous-estime les risques associés à un premier passage en dessous de la hauteur réglementaire et surtout qu'il sous-estime les risques de la réalisation d'une démonstration de passe canon non planifiée et non préparée. Cette sous-estimation des risques a pu être majorée par la fatigue induite par la charge de travail importante que représente, pour un personnel navigant novice et récemment sorti d'école, le cumul de ces deux fonctions (chef du sous groupement et chef du détachement d'hélicoptères Gazelle).

Une précédente enquête de sécurité du BEA-É a déjà pointé le rôle possible de l'expérience limitée du chef du sous-groupement aéromobile dans la genèse d'un accident survenu au sein de ce même DETALAT de Côte d'Ivoire (T-2018-01-A). Cependant, en juillet 2018, au moment de cet accident, le rapport final d'enquête de sécurité n'avait pas encore été adressé à l'ALAT.

L'expérience limitée du responsable pédagogique au sol au moment de l'évènement a très certainement contribué à ce qu'il sous-estime les prises de risques.

Cursus de commandement et expérience aéronautique

Le plan de carrière des officiers directs et semi-directs est établi avec l'objectif de leur permettre d'atteindre les plus hautes fonctions de l'armée de terre. Cet objectif impose la réalisation de certaines étapes en matière de commandement et de formation de l'officier, indépendantes du savoir-faire aéronautique. Ces contraintes ont amené l'ALAT à former ses officiers de carrière en les amenant directement à la qualification de chef de patrouille sans phase de vieillissement dans les qualifications de pilote et de chef de bord. L'objectif est d'amener au plus vite le jeune officier de carrière à des tâches de commandement au sein de l'ALAT. Ce choix de favoriser le commandement, qui demeure une singularité par rapport aux cursus air et marine, ne permet pas une acquisition progressive d'expérience aéronautique.

À la fin de la première décennie de ce siècle, le choix a été fait de faire passer l'ensemble des pilotes de l'ALAT dans le corps des officiers. Avant cette évolution, les jeunes officiers chefs de patrouille commandaient des sous-officiers. Aujourd'hui ils commandent des officiers qui ont parfois un grade plus élevé que le leur (dans cet évènement le chef de détachement des hélicoptères Gazelle est lieutenant alors que le chef de bord de l'aéronef accidenté est capitaine). Un tel gradient hiérarchique peut brider le jeune officier de carrière dans son appréciation de la situation et dans sa prise de décision.

La situation conjoncturelle (expérience, gradient hiérarchique, etc.) dans laquelle est placée le chef de détachement d'hélicoptères Gazelle a pu contribuer à une sous-estimation des risques de la manœuvre de fin de séance.

Formation *crew resource management* (CRM) du chef du détachement d'hélicoptères Gazelle

La recommandation générale formulée par la cellule CRM de l'IRBA aux autorités d'emploi est que les opérateurs inscrits en formation CRM aient au minimum une année d'ancienneté au sein d'une unité navigante avant de suivre leur formation. Ce prérequis permet au personnel de disposer d'une expérience minimale suffisante pour une pratique réflexive sur ses attitudes et ses comportements. Le chef de détachement Gazelle étant en régiment depuis quatre mois, il n'avait pas encore suivi la formation initiale CRM d'une durée de 4 à 5 demi-journées.

Celle-ci aborde explicitement la question des écarts et leur gestion. La formation CRM permet de sensibiliser les personnels navigants sur l'importance de savoir mettre en place, quand ils sont en position de leader d'équipe, une atmosphère qui favorise à la fois la liberté d'expression et les prises d'initiatives au sein de l'équipage et l'exercice de l'autorité lorsque cela est nécessaire (ex : en cas d'écarts rappel de la procédure et aux pratiques acceptables). L'absence de formation CRM au profit du chef de détachement est une conséquence non anticipée de la désignation d'un pilote novice à des fonctions nécessitant des compétences de leadership.

Le suivi d'une formation CRM aurait permis au chef de détachement d'hélicoptères Gazelle de développer ses compétences de leadership, notamment dans le domaine de la gestion des écarts (erreurs et violations).

Désignation des personnels

Désignation des équipages

Dans la préparation à la projection, l'équipage a été désigné tardivement en remplacement d'autres pilotes. Ainsi, le PCB a été désigné le 19 avril 2018 en remplacement d'un chef de bord qui n'avait pas obtenu toutes les qualifications requises. Le pilote a remplacé à son tour le pilote initialement désigné.

Ces délais entre la désignation et le début du détachement ne sont pas en conformité avec le standard recherché par la 4^e brigade d'aérocombat (BAC) pour la désignation du personnel projeté, à savoir six mois.

Le PCB et le pilote n'avaient pu s'entraîner que trois heures ensemble avant leur déploiement. Cette absence d'entraînement en commun a contribué à ce que le PCB n'évalue pas de façon adéquate les capacités du pilote à réaliser une manœuvre non planifiée.

Le faible préavis entre la désignation et le départ en détachement a privé l'équipage d'un entraînement commun. Cette situation a empêché le PCB de mesurer finement les capacités du pilote et a contribué à l'évènement.

Désignation du chef de détachement

L'exposition d'un pilote nouvellement qualifié chef de patrouille à des responsabilités de chef d'un sous-groupement aéromobile s'écarte de l'esprit des documents d'organisation de l'ALAT. Ainsi, l'IM 30-5000 MAT/COMALAT (annexe 1) prévoit, à l'appréciation du commandant d'unité, l'emploi des jeunes officiers sur un poste de pilote pour le premier séjour opérationnel dans l'année qui suit leur affectation en unité. Si cette directive concerne tout le personnel navigant de l'ALAT, en pratique elle est principalement appliquée aux équipages des hélicoptères de manœuvre.

La désignation d'un personnel nouvellement qualifié chef de patrouille à un poste à responsabilité lors de son premier détachement outre-mer s'écarte des préconisations des règlements de l'ALAT. L'exposition d'un jeune lieutenant aux situations parfois non conformes des détachements, alors qu'il doit à ce stade se concentrer sur l'acquisition de ses compétences aéronautiques, a contribué à l'évènement.

Organisation du DETALAT au sein du 43^e BIMA

Le 43^e BIMA est un bataillon dont le chef de corps est tournant (MCD). Le DETALAT est une unité du 43^e BIMA ; son chef est quant à lui affecté en mission longue durée (MLD) et assume en plus les responsabilités de commandant en second du 43^e BIMA. Le chef du DETALAT assure donc un rôle crucial dans le fonctionnement du 43^e BIMA qui réduit sa disponibilité pour superviser l'activité des équipages.

Compte tenu de leur localisation géographique au sein du 43^e BIMA et de leurs statuts, les personnels du sous-groupement aéromobile et les personnels en charge de l'encadrement du DETALAT de Côte d'Ivoire tendent à constituer deux groupes distincts. Les personnels d'encadrement sont situés dans des locaux proches de l'État-major interarmées du 43^e BIMA. Ces locaux sont situés à plus de 700 mètres de ceux des personnels du sous-groupement aéromobile qui travaillent dans des bâtiments excentrés en périphérie du camp. Cette séparation concerne aussi bien les locaux de travail que ceux de vie commune.

À cette séparation géographique s'ajoute une séparation liée aux statuts et aux grades des personnels. Le sous-groupement aéromobile est composé quasi-exclusivement de personnels affectés pour deux à quatre mois en MCD. Ce sont majoritairement des sous-officiers et officiers subalternes. À l'opposé, les personnels d'encadrement sont majoritairement des personnels affectés à l'année en mission de longue durée. Ce sont majoritairement des sous-officiers et officiers supérieurs.

Cette double séparation géographique et de statuts constitue un frein à la communication et à la cohésion entre les deux groupes, et représente donc un danger pour la sécurité aérienne. Cette distance ne facilite pas la remontée des informations de sécurité et la prise en compte de ces informations par l'encadrement. L'OSV du DETALAT fait d'ailleurs partie des personnels en MLD.

La double responsabilité du chef du DETALAT au sein du 43^e BIMA ainsi que la distance physique et symbolique séparant l'encadrement du DETALAT et le détachement des hélicoptères Gazelle constituent des obstacles à la mise en place d'une supervision efficace de l'activité.

Contrôle des compétences sur les « évatives »

Le manuel d'exploitation de l'hélicoptère Gazelle ainsi que l'instruction ministérielle 30-5000 (annexe 2) ne prévoient pas l'évaluation des pilotes sur les manœuvres de la famille des évatives lors du contrôle annuel en vol. Pourtant, le contrôle des compétences sur ce type de manœuvres est important puisqu'elles contribuent à la maîtrise des « coins du domaine¹⁶ » qui est attendue des pilotes par l'ALAT. Par ailleurs, ce contrôle est inclus dans le manuel d'exploitation de l'autre hélicoptère de reconnaissance et d'attaque de l'ALAT, l'hélicoptère Tigre.

¹⁶ Cette expression fait référence à l'utilisation de l'aéronef proche de ses limites ; elle nécessite un certain niveau de technicité du pilotage.

Malgré l'absence formelle d'obligation de contrôle, certains instructeurs incluent le contrôle de cette compétence dans le programme des tests annuels en vol. Cela a été le cas pour le pilote. Ces compétences n'ont cependant pas été vérifiées lors du dernier test annuel en vol du PCB. Le régiment de ce dernier n'a pas été en mesure d'indiquer l'année du dernier contrôle de compétence sur les « évasives ».

Pour les équipages Gazelle, aucun suivi des compétences sur les évasives n'est obligatoire alors qu'elles contribuent à la maîtrise des « coins du domaine ».

Culture de sécurité

Pratiques partagées

La culture de sécurité d'une organisation est déterminée par l'engagement des opérateurs dans des comportements de sécurité. Elle se définit comme un ensemble de pratiques et de croyances partagées par les acteurs d'une organisation dans le but de promouvoir la sécurité. Au sein de l'ALAT sont présentes des règles formelles et des valeurs énoncées. Le DETALAT est doté de règles et de procédures de maîtrise des risques définies par le COMALAT.

Cependant, bien que l'ALAT soit dotée d'une chaîne de sécurité aérienne destinée à éviter les accidents, les informations recueillies suggèrent l'existence soit d'une forme de tolérance à certaines pratiques à risque soit d'une interprétation jusqu'au-boutiste de certains messages de la hiérarchie. Les entretiens menés lors de l'enquête ont révélé que les passages bas en VOLTAC non programmés et sans finalité opérationnelle immédiate semblent réalisés de façon non exceptionnelle par certains pilotes d'hélicoptères Gazelle¹⁷.

La tendance de certains équipages à s'engager dans des manœuvres non opérationnelles révèle la dimension sociale de ces comportements rendus possibles par l'existence d'une tolérance, voire de l'encouragement des camarades de travail et/ou de la bienveillance de la hiérarchie de proximité.

Ainsi, bien que la passe canon ne figure plus au programme de formation des pilotes d'hélicoptères Gazelle et ne soit plus une manœuvre opérationnelle depuis 2012, des démonstrations de passe canon sont encore réalisées par les équipages des régiments d'hélicoptères de combat, et en particulier ceux affectés au sein de l'escadrille du 3^e RHC qui mettaient en œuvre des Gazelle canon. Cette pratique correspond à un savoir-faire et à une habitude encore entretenus par certains équipages dont elle fait la fierté. D'une façon générale, l'entretien des savoir-faire hérités de ses anciens est une valeur défendue et clairement affichée au sein de cette organisation.

Ces affichages sont les témoins des contradictions et ambiguïtés ressenties par les équipages vis-à-vis de l'organisation.

¹⁷ La réalisation de phases de vol tactique non programmées et sans finalité opérationnelle directe est observée dans plusieurs accidents survenus au sein de l'ALAT, notamment en janvier 2018 concernant un équipage de Gazelle du 3^e RHC.

Imprégné par la culture du métier des armes et promouvant sa condition éminente de force de mêlée, le milieu des équipages Gazelle décline sans doute plus que d'autres le concept de l'aérocombat au moyen de références anciennes comme la passe canon, qui renvoient à des pages révolues de l'histoire de l'ALAT.

Bien que formellement non autorisés, les passages bas en VOLTAC et les démonstrations de passe-canon non programmés semblent être des pratiques relativement partagées au sein de certaines unités de l'ALAT. La culture d'organisation spécifique présente au sein des escadrilles d'hélicoptères Gazelle a contribué à l'évènement.

Pratiques encouragées

Dans le contexte décrit, les écarts peuvent être favorisés par la promotion de la maîtrise des « coins du domaine ». Dans la pratique, la frontière entre le « coin du domaine » et l'écart est parfois ténue, tant les limites du domaine de fonctionnement sûr peuvent être floues et peu visibles pour les opérateurs.

Dès lors la sécurité aérienne ne repose plus que sur la seule expertise et capacité des opérateurs à faire face à la situation à laquelle ils se sont exposés.

Les équipages sont à la fois encouragés à promouvoir la sécurité et à travailler aux limites des pratiques acceptables de sécurité.

Normalisation des écarts

La normalisation des écarts est le processus par lequel, au sein d'une organisation, un signal qui avait été perçu initialement comme un danger potentiel pour la sécurité est réinterprété et considéré au fil du temps comme acceptable et non déviant par un groupe d'opérateurs. Les limites du risque acceptable sont progressivement étendues. Chaque décision prise individuellement semble correcte et routinière. Cependant, en se cumulant, ces décisions entraînent un glissement progressif dont les opérateurs ne sont pas toujours conscients.

Ainsi, il est fort probable que pour le chef de détachement Gazelle, le PCB et le pilote aux commandes, la réalisation d'une passe canon n'ait pas été considérée comme un écart, tant cette pratique a pu leur sembler répandue au sein des escadrilles dotées de Gazelle.

L'altération de la culture de sécurité au sein de certaines unités de l'ALAT a conduit à la normalisation progressive des écarts à l'origine de l'évènement.

3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle en vol lors de l'exécution d'une manœuvre non prévue à proximité du sol.

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

Un équipage composé d'un pilote et d'un PCB termine un deuxième vol de sensibilisation aux procédures de guidage au profit des forces armées de Côte d'Ivoire.

Ce type de mission est décrit comme étant peu motivant pour les équipages.

À l'issue des guidages effectués au profit des stagiaires, l'équipage effectue un premier passage bas, non planifié, à proximité des stagiaires et du personnel d'encadrement présents au sol.

Après que l'équipage a proposé d'effectuer un deuxième passage, le chef de patrouille responsable de la séance d'instruction demande à l'équipage de réaliser, à cette occasion, une démonstration de passe de tir canon.

Au cours du deuxième passage, alors que l'aéronef vole à une hauteur estimée de 20/30 mètres à proximité du groupe au sol, l'équipage effectue une manœuvre serrée qui l'amène à perdre le contrôle de l'aéronef, à heurter un poteau électrique avant de finir sa course au sol.

3.2. Causes de l'évènement

Les facteurs organisationnels et humains sont à l'origine de l'évènement.

L'accident, qui est la combinaison de multiples facteurs, résulte :

- de l'exécution d'une manœuvre non prévue, non maîtrisée, réalisée au-delà des capacités de l'aéronef et hors du cadre réglementaire ;
- de la recherche de sensations, de la volonté de démontrer son savoir-faire et d'affirmer son appartenance au groupe, et du besoin de démonstration de force ;
- du sentiment de routine associé à une mission jugée peu motivante favorisant la recherche d'une manœuvre valorisante ;
- de la culture de certaines escadrilles Gazelle qui entretiennent des savoir-faire obsolètes ;
- du faible préavis entre la désignation et le départ en détachement de l'équipage, empêchant le PCB de mesurer les capacités techniques du pilote ;
- de la contagion à l'équipage d'une certaine euphorie des personnels au sol entraînant une sous-estimation des risques ;
- de la présence d'un public auprès duquel l'équipage a voulu rehausser son image sociale ;
- de la composition démographique du groupe participant à la mission au sol et en vol ;
- d'une certaine fatigue qui entraîne des prises de décision inadaptées ;
- du cumul d'un manque d'expérience aéronautique du chef de détachement des hélicoptères Gazelle et d'un gradient hiérarchique particulier ;
- de l'absence de formation initiale CRM pour ce même officier responsable de la séance d'instruction notamment pour le domaine de la gestion des écarts (erreur, violation) ;
- de la distance physique et symbolique entre le commandement du DETALAT et les équipages du détachement des hélicoptères Gazelle ;
- de l'absence de suivi obligatoire des compétences dans la mise en œuvre des évasives pour les équipages Gazelle ;

- d'une mauvaise interprétation de certains messages en matière de pratiques acceptables de sécurité ;
- de l'altération de la culture de sécurité au sein de certaines unités de l'ALAT qui a conduit à une normalisation progressive des écarts.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Entraînement au vol et aux manœuvres tactiques

Les équipages utilisent régulièrement, en fin de mission, leur potentiel résiduel afin de réaliser des manœuvres non planifiées. Le vol tactique demeure le cœur de métier des escadrilles Gazelle. La frustration des équipages liée à la routine de certaines missions génère la tentation de réaliser des phases de vol tactique de manière inopinée et donc non préparée.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre d'intégrer plus régulièrement dans la planification des entraînements au vol et aux manœuvres tactiques afin d'éviter toute improvisation en fin de mission.

R1 - [T-2018-09-A]

4.1.2. Périmètre et contrôle des compétences

Les Gazelle canon ont été retirées du service et la passe de tir canon sur hélicoptère Gazelle ne présente plus d'intérêt opérationnel depuis près de 10 ans. Pourtant cette pratique perdure chez certains équipages Gazelle. Les manœuvres dites « d'évasive » sont enseignées en école puis ne sont plus contrôlées de manière systématique alors qu'elles le sont pour les hélicoptères Tigre.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de clarifier le champ des compétences nécessaires aux équipages Gazelle et de s'assurer du contrôle régulier de ces compétences.

R2 - [T-2018-09-A]

4.1.3. Cours des officiers de l'ALAT

L'évolution des cursus des officiers sous contrat et des officiers de carrière peut placer certains jeunes chefs de patrouille dans des situations qui fragilisent leur autorité. L'influence du capitaine PCB sur le lieutenant chef de patrouille a contribué à l'évènement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de lancer une réflexion sur les cursus des officiers sous contrat et des officiers de carrière afin de rétablir un gradient d'autorité favorable aux jeunes chefs de patrouille.

R3 - [T-2018-09-A]

4.1.4. Formation CRM

Le jeune chef du détachement des hélicoptères Gazelle n'a pas encore bénéficié de la formation CRM, celle-ci étant dispensée après une année d'activité dans le régiment d'affectation.

L'accident souligne les risques des activités aériennes en présence d'un public notamment composé d'une population plutôt jeune.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de rendre obligatoire le suivi de la formation CRM avant toute projection d'un chef de patrouille et d'aborder, lors des formations CRM, les risques liés à « l'effet public ».

R4 - [T-2018-09-A]

4.1.5. Organisation du DETALAT

Les responsabilités du chef du DETALAT au sein du 43^e BIMA ainsi que la distance physique et symbolique entre le commandement du DETALAT et le détachement des hélicoptères Gazelle ont probablement entraîné une mauvaise appréciation du niveau d'activité et de l'état d'esprit de ce détachement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de réorganiser le 43^e BIMA et le DETALAT de Côte d'Ivoire afin de permettre au commandement du DETALAT une supervision efficace du détachement Gazelle.

R5 - [T-2018-09-A]

4.1.6. Phénomène d'atteinte de seuil de réversibilité des servocommandes

L'analyse a révélé que le phénomène d'atteinte du seuil de réversibilité des servocommandes a pu contribuer à l'évènement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de sensibiliser ses pilotes de Gazelle sur le phénomène d'atteinte de seuil de réversibilité des servocommandes.

R6 - [T-2018-09-A]

4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

4.2.1. Suivi de l'usure du compresseur axial

L'usure constatée sur le compresseur axial (présence d'un chanfrein en bout d'aube) alors que le moteur n'a réalisé que 41 heures de vol depuis le dernier contrôle est notable. L'examen des vols réalisés n'a pourtant pas permis d'identifier une utilisation dans des conditions sablonneuses ou poussiéreuses. Une usure trop importante du compresseur axial diminue la marge au pompage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de sensibiliser ses personnels mécaniciens sur la nécessité d'une inspection rigoureuse des étages de compresseur et ses pilotes sur la nécessité de signaler toute utilisation en atmosphère sablonneuse ou poussiéreuse.

R7 - [T-2018-09-A]

4.2.2. Points déjà pris en compte

Lors de l'évènement, la balise de détresse n'a pas fonctionné. Plusieurs cas de dysfonctionnement de cette balise ont été recensés lors d'évènements aériens. Lors de cet évènement la présence de personnels à proximité a permis de déclencher l'alerte rapidement. Si l'évènement s'était produit dans une zone isolée, le repérage de l'aéronef aurait nécessité beaucoup de temps préjudiciable à la survie de l'équipage.

Afin d'éventuellement remédier à ces dysfonctionnements, l'ALAT étudie l'utilisation d'un système permettant de localiser par satellite ses aéronefs.

Lors du vol, l'équipage a placé le transpondeur sur la position *stand by*. La panne du radar de l'aéroport d'Abidjan a probablement justifié cette décision. En effet, en l'absence des informations du radar, le service du contrôle aérien n'est pas dans la capacité de détecter la position des aéronefs. Toutefois, les aéronefs équipés du système TCAS¹⁸ ou ACAS¹⁹ utilisent l'émission des transpondeurs pour initier des manœuvres d'évitement permettant de prévenir les collisions. La mise sur marche du transpondeur demeure donc toujours pertinente.

Ce point a déjà fait l'objet d'une recommandation lors d'un évènement précédent et a été pris en compte par l'ALAT.

L'analyse de cet accident a été limitée du fait de l'absence de données objectives issues d'enregistreurs de paramètres et de sons. Ce point a été pris en compte par l'ALAT dans le cadre d'enquêtes liées à des évènements précédents.

Ces trois questions de sécurité (moyen de localisation de l'aéronef, utilisation du transpondeur et enregistreurs de vol) ne font pas ici l'objet de recommandations, car l'autorité d'emploi a commencé à les prendre en compte.

¹⁸ *Traffic alert and Collision Avoidance System.*

¹⁹ *Airborne alert and Collision Avoidance System.*

ANNEXES

ANNEXE 1 EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LA PROJECTION DES JEUNES PILOTES.....	51
ANNEXE 2 EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LE CONTRÔLE ANNUEL	52

ANNEXE 1
EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LA PROJECTION DES JEUNES PILOTES

7.2. Les jeunes pilotes.

7.2.1. Les officiers pilotes de recrutement direct ou semi-direct.

Sous la responsabilité du commandant d'unité élémentaire, les officiers, après leur formation tactique, sont affectés en escadrille de vol pendant deux ans au minimum afin d'y acquérir de l'aisance comme chef de bord (CB) et comme chef de patrouille (CP) ; ils y suivent une formation opérationnelle d'une durée indicative de 6 mois au travers d'un programme adapté à chaque unité défini par le commandant d'unité élémentaire, visant à parfaire les savoir-faire acquis en école.

Par ailleurs, le suivi personnalisé de leur formation opérationnelle doit être assuré en tenant compte du minimum requis de mille heures de vol d'expérience aéronautique⁶ à la date de prise de commandement d'une escadrille de vol. Des demandes de dérogations peuvent être soumises au COMALAT entre huit cents et mille heures.

Selon l'appréciation du commandant d'unité, l'emploi d'un jeune officier dans une fonction de CB ou CP pour une mission opérationnelle ne sera effectif que lorsqu'il aura effectué ce type de mission en tant que pilote, supervisé par un CB ou un CP possédant une bonne expérience.

Dans un même esprit, les commandants d'unité élémentaire s'efforceront dans la mesure du possible de projeter les jeunes officiers sur un poste de pilote pour leur premier séjour opérationnel, dans l'année de leur affectation en unité, afin d'acquérir l'aisance nécessaire au pilotage en conditions marginales, sans pression extérieure liée à leur qualification de CB.

ANNEXE 2
EXTRAIT DE L'IM 30-5000 CONCERNANT LE CONTRÔLE ANNUEL

6. LE CONTROLE PRATIQUE D'APTITUDE ET LA RECONDUCTION DES QUALIFICATIONS.

6.1. Filière hélicoptère.

6.1.1. Aptitude au pilotage des hélicoptères en vol à vue.

6.1.1.1 But.

S'assurer que les pilotes d'hélicoptères ont une maîtrise suffisante des techniques élémentaires du vol classique et du vol de combat sur le type d'aéronef d'emploi.

6.1.1.2 Nature.

Elle se déroule sous la forme d'un vol d'entraînement à vue comprenant :

- une phase préparatoire au vol (briefing et visite avant vol) ;
- un vol d'environ 60 minutes (+/- 10 %) au cours duquel seront effectués :
 - une séquence MRAD + travail sol ;
 - un parcours en vol de combat, si possible un transport de charge externe pour les hélicoptères de manoeuvre et d'assaut ;
 - des procédures de secours et, si l'environnement le permet, des procédures panne moteur ;
- une phase consécutive au vol (visite après vol, clôture du vol, critique des exercices).

Pour les équipages TIGRE et CAÏMAN, elle se déroule sous la forme d'un vol simulé (afin de contrôler plus particulièrement le travail en équipage, la gestion des pannes, la mise en oeuvre de l'armement, etc.) et d'un vol réel d'entraînement à vue comprenant :

- une phase préparatoire au vol (utilisation des moyens de préparation mission, briefing et visite avant vol) ;
- un vol d'environ 60 minutes (+/- 10 %) au cours duquel seront effectuées :
 - une séquence d'aptitude au pilotage sur un parcours en vol de combat (et une séquence de pilotage Air/Air avec évasives pour les pilotes TIGRE) ;
 - des procédures de secours et, si l'environnement le permet, des procédures panne moteur ;
- une phase consécutive au vol (visite après vol, clôture du vol, critique des exercices).