



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-T-2012-013-A

Date de l'événement	13 août 2012
Lieu	Commune de Troisfontaines (57)
Type d'appareil	SA 342 L1
Immatriculation	F-MGES n° 4224
Organisme	Armée de terre
Unité	1^{er} régiment d'hélicoptères de combat

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 : SIRPA Terre

Photos :

- Page 13 : Vue aérienne armée de terre
- Pages 14, 15, 16, 27 : BEAD-air

Illustrations :

- Pages 8, 22, 23, 25 : BEAD-air
- Page 38 : Armée de terre

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT _____	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS _____	2
TABLE DES MATIERES _____	3
GLOSSAIRE _____	4
1. Renseignements de base _____	6
1.1. Déroulement du vol.....	6
1.2. Blessures	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages.....	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	12
1.8. Aides à la navigation.....	12
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	13
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	13
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques.....	17
1.14. Incendie.....	17
1.15. Questions relatives à la survie des occupants.....	18
1.16. Essais et recherches.....	18
1.17. Renseignements sur les organismes	18
1.18. Renseignements supplémentaires.....	19
1.19. Techniques spécifiques d'enquête.....	20
2. Analyse _____	21
2.1. Analyse de la trajectoire.....	21
2.2. Causes des écarts de trajectoire lors de l'exécution de l'esquive.....	25
3. Conclusion _____	31
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	31
3.2. Causes de l'événement.....	31
4. Recommandations de sécurité _____	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement.....	35
ANNEXES _____	37
ANNEXE 1 FICHE D'INSTRUCTION DE L'ESQUIVE _____	38
ANNEXE 2 FICHE DE SEANCE CB3 _____	40

GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
AON	attaque oblique nulle
BGA	brigade de gendarmerie de l'air
BTA	boîte de transmission arrière
BTI	boîte de transmission intermédiaire
BTP	boîte de transmission principale
CAM V	circulation aérienne militaire à vue
CB3	vol de combat fiche N°3 (pilotage tactique < 50m/sol)
CDB	chef de bord
CFT DIV AERO	commandement des forces terrestres division aéromobilité
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
CPO	consignes permanentes opérationnelles
CRM	<i>cockpit resource management</i>
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EHAP	escadrille d'appui et de protection
Kt	<i>knot</i> - nœud (1Kt ~ 1,852Km/h)
GTM	groupe turbo moteur
MO	moniteur
PA	pilote automatique
PC3	pilotage classique fiche N°3
PI	pilote instructeur
RHC	régiment d'hélicoptère de combat
SEA	service des essences des armées
VOLTAC	vol tactique
VRPN	visite révisionnelle du personnel navigant (effectuée à l'unité)

SYNOPSIS

Date de l'événement : 13 août 2012 à 13h35
Lieu de l'événement : commune de Troisfontaines (57)
Organisme : armée de terre
Commandement organique : aviation légère de l'armée de terre (ALAT)
Unité : 1^{er} régiment d'hélicoptères de combat (RHC) – Phalsbourg
Aéronef : SA342 L1 Gazelle « Mistral »
Nature du vol : entraînement au vol tactique et pilotage
Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'une mission d'entraînement comprenant des manœuvres en vol tactique et du travail au sol sur un champ reconnu, l'appareil heurte le sol à plat à l'issue d'une évolution, puis rebondit.

L'équipage, indemne, effectue un atterrissage de précaution sur place, coupe la turbine puis évacue l'hélicoptère. L'appareil est endommagé.

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.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Gazelle.
- Un médecin du personnel navigant (centre médical des armées (CMA) Phalsbourg).

Autre expert consulté

- Un mécanicien contrôleur ayant une expertise sur Gazelle.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu téléphoniquement par le Bureau de sécurité des vols du commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (BSV/COMALAT) le 13 août 2013 vers 16h30.

Un EPI du 1^{er} RHC a été désigné et s'est rendu aussitôt sur le site pour les premières constatations.

Le directeur d'enquête technique et les experts désignés ont rejoint les lieux de l'événement le 14 août 2013 dans la matinée.

Enquête judiciaire

Le parquet de Metz a ouvert une enquête préliminaire.

Un directeur d'enquête judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air (BGA) de Metz a été commis. Le dossier a été transféré en septembre 2012 à la BGA de Nancy-Ochey suite à la fermeture de la BGA de Metz.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : F-MGES

Type de vol : circulation aérienne militaire à vue (CAM V) et circulation aérienne en tactique (CAM T)

Type de mission : entraînement au pilotage tactique et classique

Dernier point de départ : 1^{er} RHC Phalsbourg

Heure de départ : 13h00

Point d'atterrissage prévu : 1^{er} RHC Phalsbourg

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte

La mission s'inscrit dans le cadre de l'entraînement des pilotes au pilotage classique et aux procédures de pannes, ainsi qu'aux éducatifs du pilotage de combat et la mise en œuvre du système d'armes de l'escadrille d'hélicoptères appui protection (EHAP).

1.1.2.2. Préparation du vol

Le vol a été programmé dès le vendredi 10 août 2012 par les opérations de l'escadrille EHAP et validé par la chaîne hiérarchique du 1^{er} RHC.

La zone de travail prévue fait partie des zones d'entraînement répertoriées du régiment et connues des pilotes.

Le briefing est effectué le lundi 13 août vers 12h00, après le repas, dans la salle de repos de l'escadrille.

Le chef de bord (CDB) commente les différents exercices de pilotage qu'ils vont effectuer :

- prises de terrain en U à 150 km/h et 50m de hauteur ;
- arrêts rapides en ligne droite ;
- travail dans l'effet de sol et des posers en dévers ;
- vol tactique (recherche des meilleures trajectoires de sécurité).

Le déroulé des exercices envisagés a été évoqué, à l'exclusion toutefois des éléments de sécurité propres au pilotage tactique.

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

La description suivante est fondée sur les témoignages des membres d'équipage.

L'équipage décolle à 13h00 en piste 24 vers le point de sortie Sud du terrain de Phalsbourg, puis il rejoint la zone de travail située au Sud de l'aérodrome en une dizaine de minutes et en basse altitude.

Parvenu dans la zone prévue, le CDB en place gauche prend les commandes, effectue une approche de précaution sur un champ reconnu puis pose l'appareil face au vent (secteur 300° pour 2 à 3 nœuds) après un stationnaire.

Il fait ensuite travailler le pilote sur une PTU¹, puis redémontre l'exécution de la manœuvre à des fins pédagogiques.

Les deux membres d'équipage exécutent ensuite alternativement des exercices de pilotage dans l'effet de sol², pilote automatique (PA) en fonction puis déconnecté.

Ces exercices terminés, le calage altimétrique est recalé à 1014. L'appareil se trouvant sensiblement face au vent, le CDB ordonne un décollage dans l'axe puis un virage par la droite.

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

Alors que l'appareil évolue au cap Sud, le CDB reprend les commandes, affiche la première butée au pas général et accélère en troisième allure³ en profil VOLTAC, en demandant au pilote de placer l'index de la radiosonde sur 50 mètres.

Il longe un bois en main courante à droite, part en virage à gauche, puis stabilise vers un cap Nord-Nord-Est face à une aire dégagée d'obstacle, en prenant un repère au loin. Durant cette phase, le voyant de la radiosonde n'est aperçu allumé par aucun des deux membres de l'équipage.

Aligné sur son repère, le CDB exécute une manœuvre de type « esquive », enchaînant un cabré à 30° environ suivi d'un virage à gauche à 60° environ d'inclinaison vers un cap opposé et d'un piqué vers le sol.

En sommet de figure, le CDB baisse légèrement le pas général.

Au cours du virage et en début de phase descendante, le CDB réalise que l'assiette à piquer est trop importante. Il annule l'inclinaison puis tente de diminuer l'angle de piqué par une action à cabrer au manche cyclique. Ne percevant pas la correction de trajectoire attendue alors que le sol se rapproche rapidement, il tire le pas général jusqu'en deuxième butée. Un signal sonore est alors perçu par l'équipage.

L'appareil heurte le sol dans une attitude sensiblement parallèle à celui-ci avec une vitesse d'environ 150 km/h puis rebondit. Un tremblement latéral est ressenti par l'équipage.

Le CDB réduit l'allure en demeurant près du sol, exécute un large virage à droite vers un cap 330° puis effectue un stationnaire afin de contrôler visuellement l'état des atterrisseurs.

L'appareil est posé avec précaution, le pilote en place droite coupe le moteur et l'équipage, indemne, évacue l'appareil.

1.1.3. Localisation

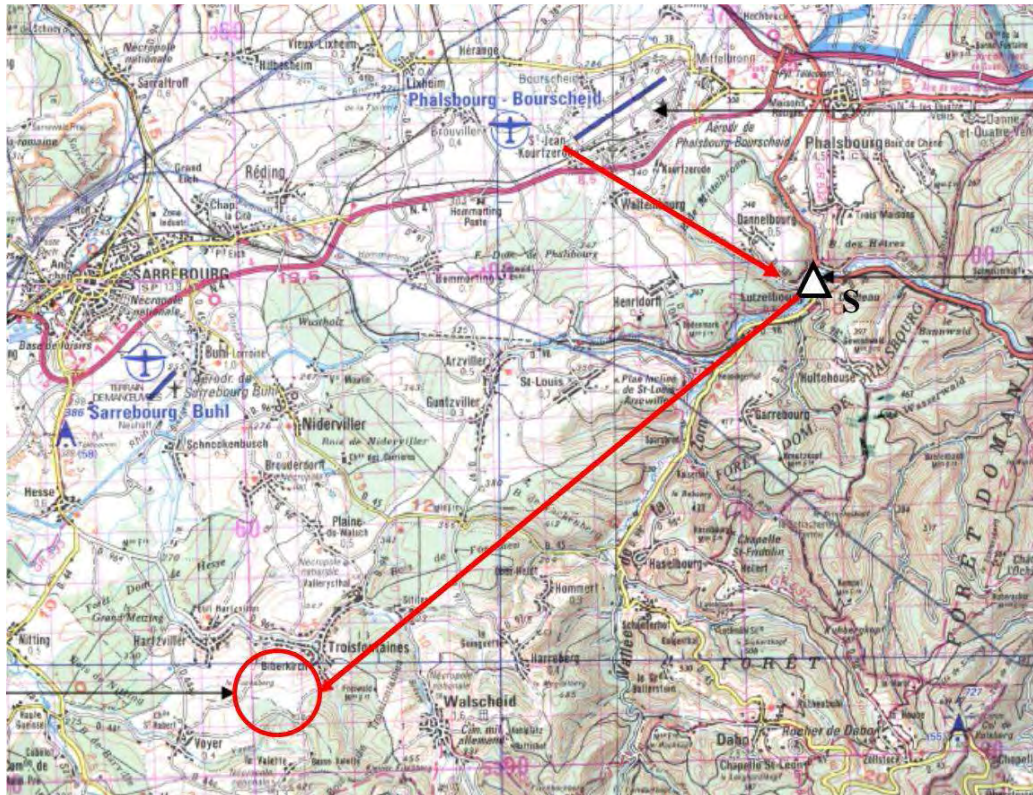
- Lieu :
 - pays : France métropolitaine
 - département : Moselle (57)
 - commune : Troisfontaines
 - coordonnées géographiques :
 - N 48° 39' 5''
 - E 007° 06' 42''
 - altitude du lieu de l'événement : 380 mètres
- Moment : jour

¹ PTU : prise de terrain en « U », qui consiste en une présentation travers une aire de poser identifiée puis suivie d'un virage de 180° vers l'axe de finale.

² Déplacements en cercle dans l'effet de sol face à un repère central, ayant pour but de travailler le pilotage près du sol.

³ Troisième allure : vitesse > 150 km/h, à une hauteur minimale de 10 mètres.

- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : Sarrebourg-Buhl, à 4 nautiques environ dans le 330° du lieu de l'événement



Trajet suivi par l'appareil depuis le décollage et lieu de l'événement

1.2. Blessures

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
			X	

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord

- Age : 31 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC Phalsbourg, EHAP1 depuis le 14 mai 2007
 - fonction dans l'unité : officier opérations de l'escadrille par suppléance
- Formation :
 - stage pilote à Dax en 2004. Pilote de combat en novembre 2005
 - qualification : chef de bord (CDB) depuis le 24 novembre 2011 (stage à école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT) au Cannet des Maures)
 - école de spécialisation : EALAT
 - année de sortie d'école : 2011
- 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)	1 576	1 576	104	104	34	34
En place CDB	161	161	76	76	34	34
CDB CB3 ⁴	-	35	35	35	20	20
CDB SA342 L1	-	39	-	26	-	16
Total SA342 L1	-	420	-	33	-	16

⁴ CB3 : vol de combat incluant du vol tactique et temps de vol estimé aux commandes du CDB (1/5^{ème} de chaque vol en place CDB).

- Date du dernier vol comme pilote (et CDB) sur l'aéronef :
 - de jour : 13 août 2012 au matin. Le vol de l'événement a débuté 2h30 après ce premier vol
 - de nuit : 9 août 2012

Le rythme d'activité aérienne est soutenu avec 25 heures de vol effectuées en deux semaines précédant l'événement, auxquelles il faut ajouter de nombreuses tâches annexes de nature administrative.

Selon le témoignage de l'intéressé, le week-end et la nuit précédents ont été jugés reposants.

1.5.1.2. Pilote

- Age : 23 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC Phalsbourg, EHAP1 depuis le 27 septembre 2010
 - fonction dans l'unité : pilote
- Formation :
 - qualification : pilote de combat depuis le 15 mars 2011 (stage à l'EALAT au Cannet des Maures)
 - école de spécialisation : EALAT, base école de Dax
 - année de sortie d'école : 2010
- 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)	406	98	83	83	23	23

Le vol est le deuxième de la journée.

1.5.2. Autres personnels

Sans objet.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement organique (ou opérationnel) d'appartenance : CFT Lille Div aéro
- Base de stationnement : Phalsbourg
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC
- Type d'aéronef : SA 342 L1
 - configuration : équipement Mistral - 2 paniers lance-missile
 - armement : aucun

- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 342 L1	4 224	5 426	VI 200/400 ⁵ : 183	VP ⁶ : 576
Moteur	Astazou XIV	8320/7265	2683	RG ⁷ : 127	

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur. La dernière visite d'inspection technique (visite des 25 heures) n'a rien révélé d'anormal.

1.6.2. Performances

L'appareil est autorisé à voler avec une réserve de vol (pile du NADIR hors service).

Performances calculées (selon le MAT 8711) :

- plafond en vol stationnaire dans l'effet de sol (DES) : 2 700 mètres ;
- plafond en vol stationnaire hors effet de sol (HES) : 2 100 mètres ;
- plafond en vol tactique : 1 300 mètres (courbe établie avec une marge de puissance de 17 % sans dépasser les 95 %).

Les performances sont toutes dans les normes pour l'exécution de ce vol.

1.6.3. Masse et centrage

Masse maximum au décollage : 1 900 kg.

Masse à vide équipée, en ordre de vol : 1 352 kg.

Masse au décollage : 1 804 kg.

Masse estimée au moment de l'événement : 1 748 kg.

Centrage au décollage⁸ : 2,89 mètres.

Centrage au moment de l'événement : 2,88 mètres.

Les masses et centrages calculés correspondent aux valeurs établies par l'équipage avant le vol et sont conformes aux normes de tolérance.

⁵ VI 200/400 = visite intermédiaire à 200 ou 400 heures

⁶ VP = visite périodique

⁷ RG = révision générale

⁸ L'origine du centrage longitudinal est un plan fictif situé à 3 m en avant du centre du rotor principal.

Les limites longitudinales du centrage sont : 2,80 m avant et 3,14 m arrière.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34
- Quantité de carburant au décollage : 340 litres
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 270 litres

1.6.5. Autres fluides

Huile BTP et BTA⁹ : 3525

Huile moteur : 3514

Tous les niveaux d'huile des différents ensembles sont constatés dans les normes.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les informations disponibles sont fournies aux équipages par la station météo de Phalsbourg. Les données METAR, TEMSI et TAF sont fournies par les stations de Strasbourg et Nancy. Les prévisions font état de bonnes conditions au décollage de Phalsbourg et sur la zone de travail :

Vent de 4 nœuds du 314°, QNH 1014, température de 23° C, ciel clair et visibilité supérieure à 10 km, base des nuages à 900m.

1.7.2. Observations

Les conditions observées sur le site peu après l'événement sont conformes aux prévisions : Ciel clair et visibilité supérieure à 10 km, base des nuages élevée, soleil haut et secteur Sud, température 25° C, vent au sol du secteur 300° pour 2 à 3 nœuds.

Selon le témoignage de l'équipage, la position du soleil n'a pas induit de gêne visuelle lors des manœuvres.

1.8. Aides à la navigation

L'appareil est équipé :

- d'un radiocompas et d'un système de navigation autonome (calculateur NADIR) ;
- d'un radio-altimètre NRAS-11 mesurant la hauteur de survol. Un index permet d'afficher une hauteur de sécurité qui, en cas de franchissement, déclenche une alarme lumineuse ;
- d'un transpondeur NRAI 7B05 associé à un alti-codeur. Le code 0300 correspondant aux règles de la navigation à vue en CAM V¹⁰ était affiché au cours du vol.

⁹ BTP : boîte de transmission principale. BTA : boîte de transmission arrière.

¹⁰ CAM V : Circulation aérienne militaire, règles de vol à vue.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'événement, l'équipage n'est en contact avec aucun organisme de contrôle. Il veille la fréquence VHF d'auto information du régiment, ainsi que la fréquence d'auto information UHF en basse altitude.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Phalsbourg rend les services d'information, de contrôle et d'alerte. Les moyens de détection dont il est équipé ne pouvaient détecter l'appareil dans la zone de l'événement et à sa hauteur de vol.

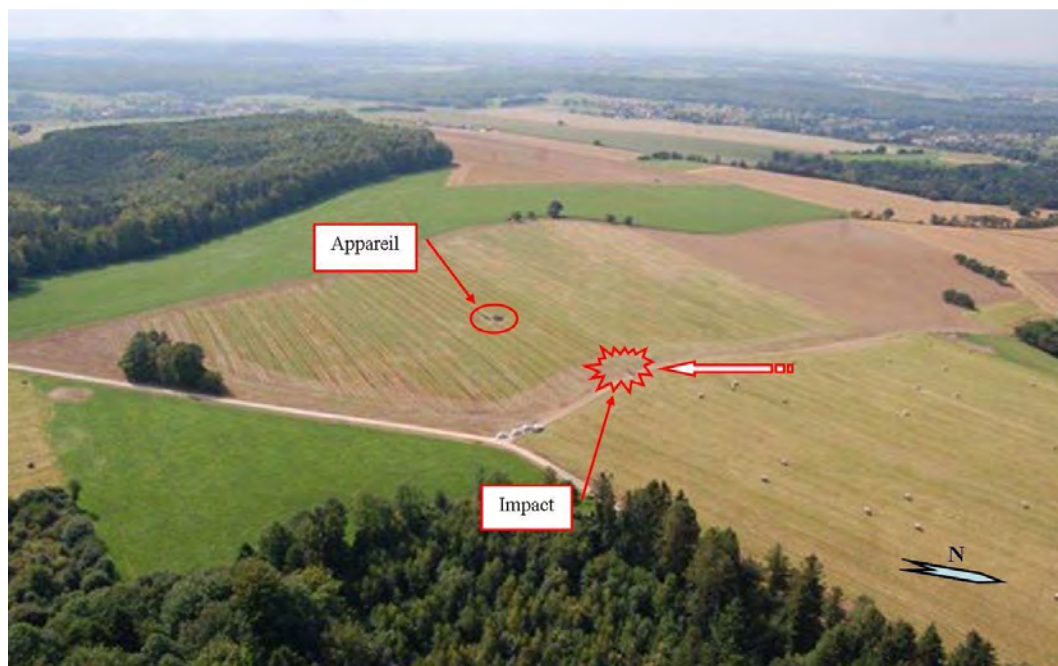
1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil n'est équipé d'aucun dispositif d'enregistrement.

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

1.12.1. Examen du lieu de l'événement

Le champ d'évolutions de l'appareil est dégagé d'obstacle, vallonné et bordé d'arbres d'une vingtaine de mètres de hauteur environ. La partie Nord de cette zone présente un dévers plus prononcé.



Vue générale du lieu de l'événement et sens de trajectoire de l'aéronef au point d'impact



Débris et orientation des traces relevées au point d'impact

L'appareil a heurté le sol au bord d'un chemin. Le sol (champ labouré) à cet endroit est sec et dur. Les traces relevées laissées par les patins et le sabot sont peu profondes et orientées selon un axe 145°. Les traces des patins sont distantes d'environ 11 mètres de celles laissées par le sabot.

Des débris du sabot sont retrouvés de part et d'autre des traces principales, avec l'antenne UHF et des fragments de peinture.

Aucune autre trace d'impact n'a été relevée dans la zone de l'événement.

1.12.2. Examen de l'appareil

L'appareil est posé au cap 350°, à 75 mètres environ du point d'impact.

Aucun dégât apparent n'est constaté au niveau des atterrisseurs, de la partie inférieure avant et centrale de la cellule. Les endommagements sont limités à la partie arrière.



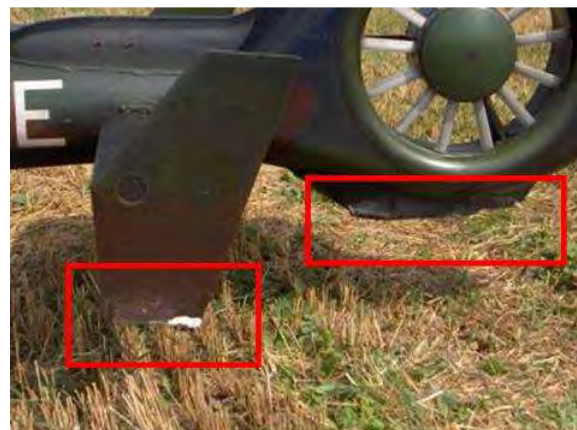
Aspect général de l'appareil

1.12.2.1. Endommagements constatés sur l'appareil

- La poutre de queue est fléchie et la peau flambée au niveau du cadre de jonction avec la cellule.
- L'antenne UHF et son embase sont arrachés.
- Le sabot est détruit.
- Les dérives latérales sont détériorées aux extrémités inférieures.
- La veine d'air du fenestron est marquée en partie inférieure par interférence des pales du RAC.
- L'arbre de transmission arrière est désaligné et les flectors sont déformés à la jonction entre la boîte de transmission intermédiaire (BTI) et l'arbre de transmission.



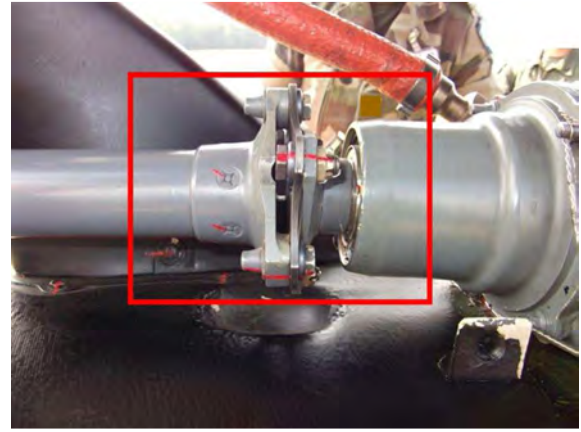
Flambage à la jonction de la poutre de queue



Plans fixes verticaux endommagés et sabot détruit



Veine d'air du fenestron marquée



Arbre de transmission arrière désaligné et flectors déformés

1.12.2.2. Constatations détaillées sur les différents ensembles

- Rotor principal et moyeu rotor principal (MRP)
 - Les pales sont intègres et ne présentent pas de trace d'impact, leurs articulations sont en bon état.
 - Aucun point dur n'est constaté dans les mouvements des plateaux de commande.
 - Aucune trace d'huile, de graisse ou de liquide hydraulique n'est relevée.
- Boîte de transmission principale (BTP)
 - La platine de liaison avec le plancher mécanique est intacte.
 - Les engrenages tournent librement sans point dur.
 - La quantité d'huile est dans les normes et le bouchon magnétique est propre. Un léger suintement d'huile est constaté à l'entrée de la BTP.
- Chaîne de transmission de puissance
 - Aucune rupture d'accouplement n'est constatée et la roue libre est intacte.
- Chaîne de transmission de puissance arrière
 Hormis le désalignement de l'arbre et la déformation des flectors :
 - les pales du RAC sont intactes ;
 - les quantités d'huile de la boîte de transmission auxiliaire (BTA) et de la boîte de transmission intermédiaire (BTI) sont dans les normes.
- Servomécanismes
 - Les circuits hydrauliques sont en bon état.
 - L'indicateur de colmatage de l'élément filtrant n'est pas apparent.
 - La quantité d'hydraulique dans la bache est dans les normes.
- Groupe turbo moteur (GTM)
 - Le berceau support du GTM ne présente pas de déformation.
 - L'endoscopie montre que la turbine liée est en bon état, les aubes sont intactes. Aucune trace de pompage ou d'ingestion de corps étranger n'est constatée.
 - L'étage du compresseur axial et centrifuge est en bon état.
 - Les ensembles tournent (sur ventilation électrique) sans bruit ni vibration.

- Le bouchon du circuit de lubrification est propre et la quantité d'huile est dans les normes.

– Circuit carburant

L'indicateur de colmatage de l'élément filtrant n'est pas apparent, aucune fuite n'est constatée et la pompe de gavage est en bon état.

– Poste de pilotage

- Le débattement et la continuité des commandes de vol sont constatés, ainsi que l'absence de point dur.
- L'interrupteur de commande du circuit hydraulique des servocommandes est sur marche.
- La position des commandes de vol, des interrupteurs et des manettes est celle d'une coupure du moteur standard au sol.
- L'alarme de l'indicateur radioaltimètre est réglée à 50 mètres. L'instrument est en bon état.
- Tous les voyants sont en état de fonctionnement, notamment ceux du système avertisseur de pannes.
- La balise de détresse ne s'est pas déclenchée¹¹.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

1.13.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN¹²
 - date : 27 juin 2012
 - résultat : aptitude confirmée
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : réalisés, non contributifs
- Blessures : aucune

1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN
 - date : 26 juin 2012
 - résultat : aptitude confirmée
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : réalisés, non contributifs
- Blessures : aucune

1.14. Incendie

Sans objet.

¹¹ La balise se déclenche pour une accélération > 3 g.

¹² VRPN : visite révisiennelle du personnel navigant.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

L'équipage, indemne, est sorti de l'appareil après un atterrissage de précaution et l'arrêt des ensembles tournants.

A 13h40, le chef de bord avertit son unité de l'événement par téléphone portable. L'unité prévient alors l'équipage de la Gazelle FMGEM qui travaille en zone de se dérouter sur les lieux de l'événement.

A 13h54, la tour de Phalsbourg est contactée par la Gazelle FMGEM.

A 14h00, la Gazelle FMGEM parvient sur les lieux de l'événement et est en vue de l'appareil accidenté.

A 14h03, la Gazelle F-MGEM confirme les coordonnées géographiques du lieu de l'événement à la tour de contrôle.

A 14h04, un compte rendu téléphonique est effectué aux opérations régimentaires et à l'officier de sécurité des vols, qui prévient la chaîne de sécurité des vols ainsi que la gendarmerie de Phalsbourg.

A 14h08, la Gazelle FMGEM rentre au terrain.

A 14h15, un compte rendu téléphonique est effectué au médecin chef de la garnison.

A 14h30, l'officier de sécurité des vols (OSV) part sur les lieux accompagné d'un officier mécanicien et un contrôleur et rejoint par l'équipe médicale.

Vers 15h00, les deux membres d'équipage sont pris en charge par l'équipe médicale parvenue sur les lieux et sont ensuite acheminés vers l'hôpital de Sarrebourg pour des examens radiologiques et un bilan lésionnel.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Contexte du 1^{er} RHC

Le 1^{er} RHC comprend une escadrille d'hélicoptères de reconnaissance (EHR), une escadrille d'hélicoptères d'attaque (HA) et deux escadrilles d'hélicoptères d'appui et de protection (HAP).

Le régiment est en période de transformation : une escadrille HAP a été dissoute et il prépare la réception du NH90 et du Tigre.

Dans ce contexte, les cadres sont soit en OPEX, soit en formation.

De plus, les jeunes pilotes à l'instruction sont nombreux et leur formation doit être assurée avec un effectif de CDB d'autant plus réduit en période estivale, ce qui oblige ces derniers à enchaîner plusieurs rotations journalières (jusqu'à trois rotations en vol d'entraînement).

1.17.2. Emploi des pilotes au 1^{er} RHC

Le 1^{er} régiment d'hélicoptères de combat ayant une vocation opérationnelle, les équipages s'entraînent régulièrement au vol tactique (VOLTAC).

L'activité aérienne des pilotes du régiment est régie par des ordres de vols journaliers élaborés au sein des opérations des escadrilles. Celles-ci planifient les équipages et les types de vols à effectuer par un suivi individuel basé sur l'entretien des qualifications et la mise en condition opérationnelle avant projection.

En vue de la projection sur les théâtres d'opérations, les pilotes doivent effectuer 160 heures de vol¹³. Cet objectif est tenu par l'équipage de l'appareil.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. L'esquive

Cette manœuvre (décrite en annexe 1) est enseignée à l'EALAT du Cannet des Maures (école de formation et de spécialisation des pilotes et des chefs de bord), notamment dans le vol de combat tactique pour les pilotes ab-initio sortant de Dax.

Elle fait partie des éducatifs de type « évatives » permettant aux équipages gazelle de se soustraire à une menace « air », sans pour autant être formés au combat air/air.

Les évatives se déclinent selon plusieurs manœuvres telles des cabrés/piqués, des virages à grande vitesse et grande inclinaison enchaînés ou non, des esquives ou des trajectoires aléatoires.

1.18.2. Documents du 1^{er} RHC relatifs aux exercices de la mission

Les exercices relatifs aux thèmes de l'entraînement prévus pour cette mission sont décrits sur différents fiches (PC3 et CB3) incluses dans les CPO du 1^{er} RHC.

Le programme de la fiche PC3 reprend en révision celui des fiches PC1 et PC2 : perfectionnement en pilotage classique, travail air, travail sol, dévers, étude des pannes.

La fiche CB3 reprend en révision le programme des fiches CB1 et CB2 : pilotage tactique, adaptation des éducatifs du pilotage de combat aux conditions du moment et mise en œuvre du système d'armes de l'escadrille.

¹³ Défini par la directive ministérielle sur l'allocation en heures de vol de l'aviation légère de l'armée de terre pour l'année 2012.

Les fiches CB1 et CB2 précisent en particulier que pour l'exécution des évasives type 1¹⁴ ou type 2¹⁵, il faut un moniteur (MO) à bord ou un pilote instructeur (PI) air/air. Cette disposition, reprise des fiches pédagogiques de l'école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EA-ALAT) en 2003, n'est pas mentionnée explicitement dans la fiche CB3 de la progression.

Cette disposition restrictive concernant l'équipage n'apparaît pas dans les autres unités pour effectuer une séance CB3.

La fiche de séance CB4 est dédiée aux évasives de types 1 et 2, sans précision sur la composition de l'équipage (présence d'un moniteur ou PI air/air).

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Une reconstitution de la trajectoire significative du vol a été effectuée quelques jours plus tard selon les mêmes conditions (appareil de même type, aérologie et ensoleillement similaires) par un équipage composé du chef de bord considéré en place gauche et de l'expert pilote en place droite. En l'absence de dispositif d'enregistrement, ce vol avait pour but de déterminer les conditions d'exécution de l'esquive (repères extérieurs, actions aux commandes) et de préciser le témoignage de l'équipage.

¹⁴ Évasives de type 1 : cabré-palier ; cabré-piqué ; virage 360° à grande vitesse et grande inclinaison.

¹⁵ Évasives de type 2 : enchaînement de virages en palier à grande vitesse et grand inclinaison ; esquive ; trajectoire aléatoire.

2. ANALYSE

Les témoignages recueillis auprès de l'équipage indiquent que l'hélicoptère a heurté le sol en phase descendante d'une évolution de type « esquivé » effectuée dans le plan oblique par le CDB aux commandes dans le cadre de l'entraînement, puis a rebondi tout en demeurant pilotable ultérieurement jusqu'au poser.

L'équipage atteste de l'absence de problème technique et d'un comportement normal de l'appareil durant le vol.

L'analyse qui va suivre détaillera les conditions d'exécution de cette évolution et déterminera les causes de la collision avec le sol.

2.1. Analyse de la trajectoire

2.1.1. Paramètres théoriques de l'esquivé

Les paramètres principaux à respecter lors de l'exécution de la figure sont les suivants :

- présentation à 50 mètres / sol minimum, vitesse correspondante à la première butée affichée au pas général ;
- cabré 30° maximum ;
- attaque oblique nulle (AON)¹⁶ ;
- inclinaison de 60° maximum et facteur de charge 2,2 g maximum ;
- piqué de 25° maximum pour reprendre la vitesse à la hauteur initiale.

Le gain de hauteur généralement observé avec une vitesse de départ de l'ordre de 150-180 Km/h est d'environ 50 mètres et la vitesse en sommet de figure est d'environ 120-130 Km/h. Le taux de chute lors de la phase de piqué ne dépasse pas 200 mètres par minute. La reprise du palier est effectuée à une hauteur supérieure à 50 mètres (Annexe 1).

2.1.2. Trajectoire réalisée et actions de l'équipage

L'esquivé est exécuté à l'issue d'une accélération en première butée. La vitesse atteinte est de l'ordre de 180 Km/h et l'appareil se trouve dans le domaine de performances du vol tactique. Le début de la trajectoire de présentation, curviligne lors de l'accélération, est effectuée à une hauteur supérieure à 50 mètres (voyant radiosonde éteint).

Lorsque l'appareil est aligné au cap Nord-Nord-Est, le **CDB s'appuie ensuite uniquement sur les références extérieures** : il prend un repère d'alignement au loin tout en gardant les repères latéraux (la ligne d'arbres) en vision périphérique pour maintenir sa hauteur. Les instruments ne sont plus observés.

A ce moment, le pilote en place droite porte également le regard à l'extérieur et n'observe pas non plus les instruments.

Avant le départ en cabré, la trajectoire de présentation au cap Nord-Nord-Est épouse les mouvements du terrain, qui ondulent en descente. Le cabré est initié dans le sens de la pente descendante du terrain, au-dessus d'une petite bosse et les repères périphériques suivent la pente du terrain : la trajectoire de présentation a une tendance descendante et **la hauteur de survol au point de cabré est vraisemblablement inférieure à 50 mètres**. Le point situé à la verticale du début de cabré étant plus bas que le point théorique à la verticale duquel sera effectuée la ressource au cap inverse, le profil de la figure envisagée n'est pas symétrique.

Le cabré à 30° est suivi d'une mise en virage à 60° d'inclinaison à gauche, la puissance est réduite et une action est engagée au palonnier dans le sens du virage.

¹⁶ Attaque oblique nulle = vol symétrique.

De par son expérience opérationnelle, les actions de pilotage du CDB sont naturellement orientées de manière à réduire au maximum l'amplitude de l'évolution et donc de virer court. La réduction de puissance a donc pour but de limiter le facteur de charge en virage.

En sommet de figure, l'assiette de 25° de piqué est affichée et l'appareil s'engage dans un piqué prononcé, face à la pente montante. Le sol est jugé plus proche qu'attendu.

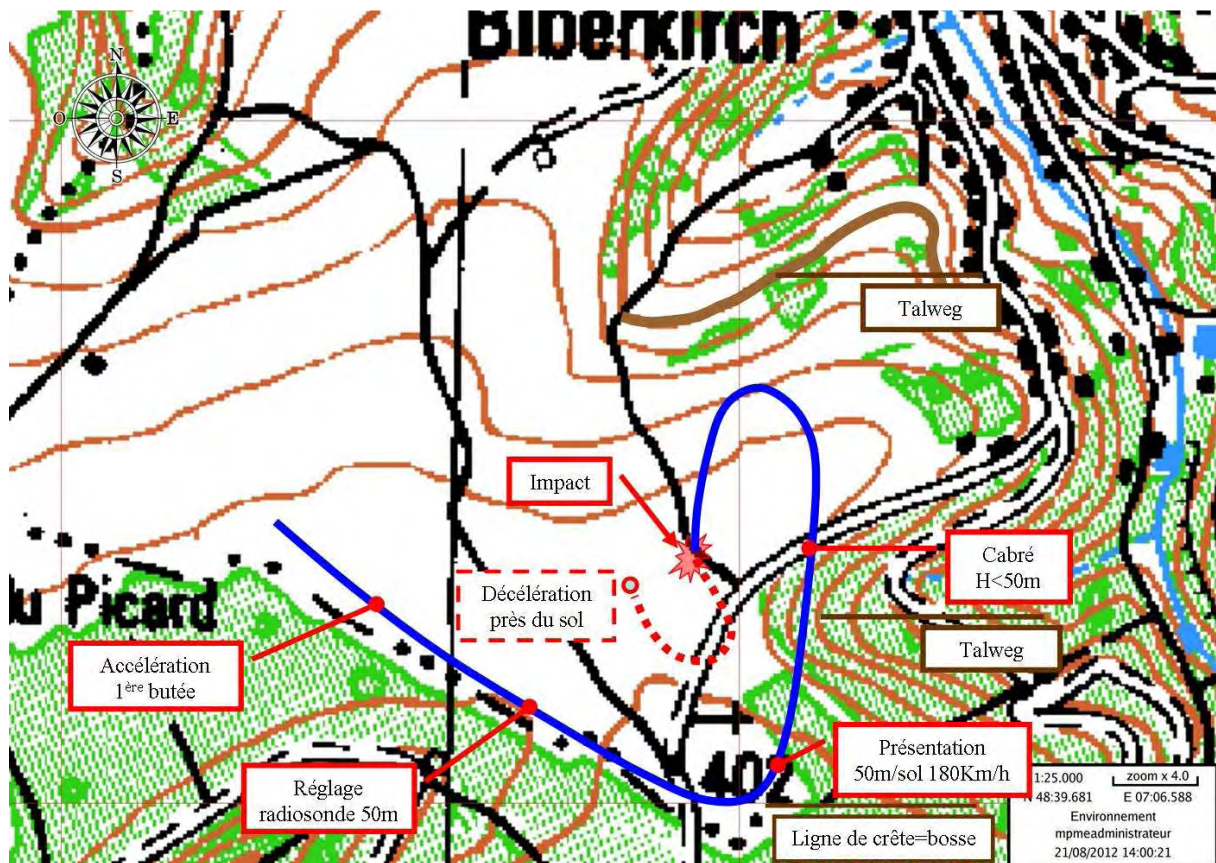
L'effet de pente a également pu tromper le CDB sur sa hauteur réelle en cours d'évolution et le conduire à surestimer la marge restante en ressource, alors que celle-ci allait être exécutée face à une pente montante au cap opposé.

En descente, l'inclinaison de l'appareil est annulée et l'assiette relevée avec précaution au manche cyclique¹⁷ tout en augmentant le pas à la première, puis la seconde butée.

Les traces relevées au sol montrent que le sabot de l'appareil a touché le sol en premier puis les patins 11 mètres plus loin, attestant d'une assiette en léger cabré à l'impact.

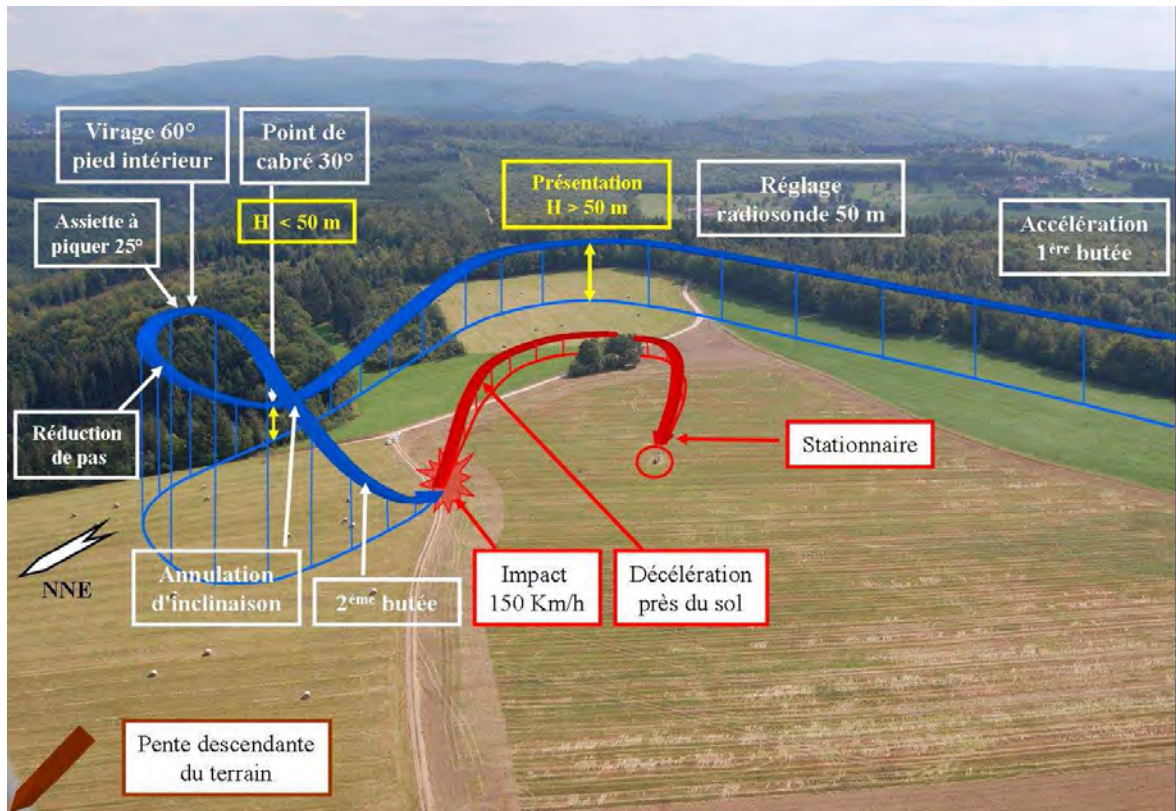
Les endommagements limités constatés sur la cellule témoignent d'une faible vitesse verticale à l'impact. L'altitude topographique du point d'impact est supérieure de quelques mètres à celle du point situé à la verticale du début de cabré.

L'appareil rebondit puis décélère près du sol, avant d'être posé face au vent après un stationnaire.



Représentation synthétique 2D de la trajectoire et courbes de terrain

¹⁷ Un relevé d'assiette brusque implique le risque d'interférence des pales du rotor principal avec la poutre de queue.



Représentation synthétique 3D de la trajectoire et principales étapes clés

2.1.3. Vol de reconstitution

La reconstitution de la trajectoire significative, exécutée dans les mêmes conditions avec un plancher fixé à 100 mètres, a permis de corroborer les témoignages de l'équipage sur les conditions générales d'exécution et de préciser les actions du CDB aux commandes lors de la réalisation de la figure.

Les points suivants des témoignages précédents sont confirmés :

- l'ensemble de la figure est réalisé en utilisant les références extérieures ;
- la hauteur de survol du point de cabré est inférieure au plancher initial établi lors du réglage de la radiosonde ;
- l'angle de cabré ($\sim 30^\circ$) est dans la norme et les actions sont nettes et enchaînées ;
- l'angle de piqué au cap inverse est supérieur à la norme (25°).

Sont constatés en particulier :

- une réduction volontaire de puissance de l'ordre de 20 % ;
- une action au palonnier dans le sens du virage (à gauche) et dans la deuxième partie de celui-ci ;
- la sortie en palier au cap inverse est observée à **30 mètres environ** en dessous du plancher suite à une ressource normale.

2.1.4. Synthèse des faits remarquables et mécanisme de la collision avec le sol

Sont constatés les écarts significatifs par rapport à la norme d'exécution de l'esquive et sa trajectoire attendue, telle qu'elle est décrite dans la fiche d'instruction en annexe 1.

2.1.4.1. Écarts significatifs et conséquences

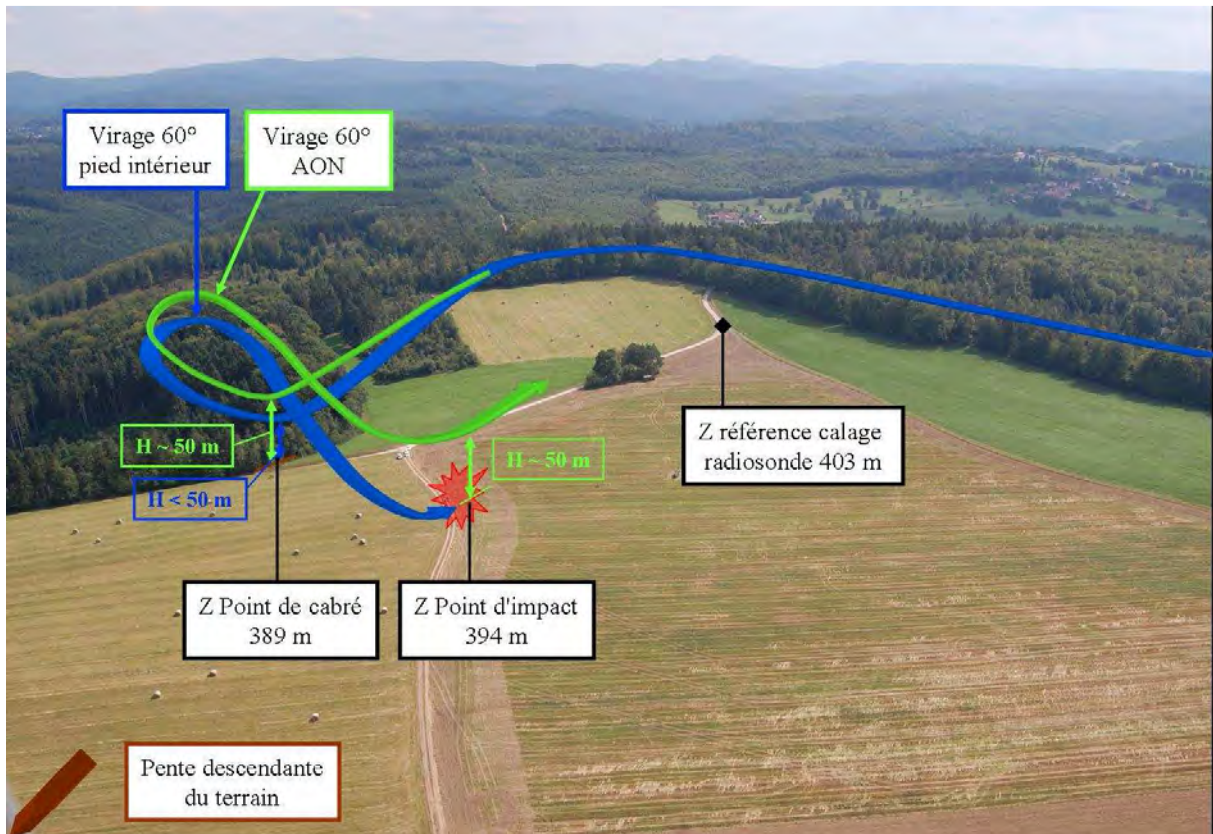
- Le cabré de l'esquive est initié à une hauteur inférieure au plancher préconisé, en dépit du réglage du seuil de la radiosonde à 50 mètres.
- La réduction de puissance de 20 % à priori pour limiter le facteur de charge lors du virage à 60° d'inclinaison a pour effet de diminuer la portance du rotor.
- L'action au palonnier à l'intérieur du virage provoque un dérapage qui engage franchement le nez de l'appareil à l'intérieur du virage et augmente l'assiette à piquer. L'appareil sort ainsi du virage avec un piqué prononcé supérieur à la norme et termine la ressource sous le niveau du plancher de départ.

2.1.4.2. Mécanisme de la collision

L'esquive a été initiée à une hauteur inférieure au plancher préconisé, réduisant la marge de manœuvre par rapport au sol lors de la reprise de palier au cap opposé.

L'effet de l'action au palonnier à l'intérieur du virage, combiné à celui de la réduction précédente de 20 % de la puissance, a induit un vol dissymétrique et diminué la portance globale du rotor principal. Après le sommet de la figure et en sortie de virage, ces effets ont engagé l'appareil dans un piqué supérieur à la norme (25°) et augmenté le taux de chute, déplaçant le point bas estimé de ressource en dessous du plancher de départ.

La ressource étant de plus effectuée face à une pente montante vers un point de rétablissement situé légèrement plus haut que le point survolé lors du cabré, **la résultante des écarts précédents a annulé la marge de hauteur disponible et rendu *in fine* le heurt du sol inévitable en dépit d'une ressource effectuée à pleine puissance de motorisation.**



Comparaison des trajectoires réalisée (bleue) et trajectoire théorique (verte)

Ces éléments conduisent à rechercher les causes des écarts significatifs de trajectoire identifiés lors de l'exécution de la figure.

2.2. Causes des écarts de trajectoire lors de l'exécution de l'esquive

2.2.1. Préambule

L'esquive a été exécutée dans un environnement dégagé d'obstacles et par de bonnes conditions météorologiques. L'équipage confirme que le soleil ne gênait pas la visibilité et l'aérologie (vent du 300° pour 2 à 3 nœuds) n'était pas pénalisante pour les différentes manœuvres exécutées et en particulier lors de la ressource précédant l'impact.

L'équipage témoigne de performances optimales de l'hélicoptère et de l'absence de tout dysfonctionnement. Les constatations détaillées effectuées sur l'appareil et son GTM ne relèvent aucune anomalie antérieure à l'événement et attestent que les endommagements observés sur la partie arrière de la cellule sont consécutifs à l'impact au sol.

Le signal sonore entendu par l'équipage lors de la ressource correspond probablement à l'alarme de limite de puissance atteinte lors de l'effacement de la deuxième butée de la commande du pas général. Compte tenu de l'absence d'anomalie relevée sur le GTM et de la faible vitesse verticale résultante lors de l'impact, celui-ci a vraisemblablement délivré toute la puissance disponible lors de la sollicitation au pas général.

L'appareil, utilisé dans le domaine de performances du VOLTAC, a donc répondu aux sollicitations dans toutes les phases du vol.

Ces considérations permettent d'écartier toute hypothèse liée aux conditions environnementales ou à un dysfonctionnement des systèmes de l'aéronef obérant ses performances et ayant pu contribuer au mécanisme de l'événement.

Les écarts de trajectoire identifiés supra traduisent donc un raté d'exécution dont les causes sont relatives aux facteurs humains et organisationnels.

2.2.2. Facteurs humains et organisationnels

Lors de la réalisation de cette évolution, plusieurs erreurs peuvent expliquer les écarts de trajectoire constatés et le mécanisme de l'événement :

- une perception erronée de la hauteur réelle dans l'axe de présentation par omission de contrôle de la radiosonde conduisant à engager l'évolution avec une marge au sol réduite ainsi qu'une estimation erronée des conditions de la ressource ;
- une erreur fondée sur les habiletés (prise de repères et technique inappropriée de pilotage par réduction de puissance et action systématique au palonnier à l'intérieur du virage) ;
- une erreur de décision d'exécuter ce type d'évolution en l'absence de prise de recul préalable (décision d'opportunité).

Ces erreurs peuvent avoir diverses origines.

2.2.2.1. Ergonomie de la cabine, topographie du terrain et expérience du pilotage en place gauche

- Ergonomie de la cabine

Sur Gazelle, la planche de bord est décentrée vers le poste pilote par rapport à l'axe de symétrie de la cabine. L'indicateur de la radiosonde est positionné en partie droite du tableau de bord et est difficilement exploitable depuis le poste gauche du CDB, en particulier lorsque ce dernier est aux commandes.

De plus, les repères cabine couramment utilisés pour le pilotage à vue sont absents en place gauche.

A chaque poste, l'axe des palonniers est légèrement décalé vers le centre de la cabine par rapport au manche cyclique et à l'assise du siège. Ainsi, au poste pilote, l'axe des palonniers est décalé vers la gauche et au poste CDB, l'axe des palonniers est décalé vers la droite.

Au poste CDB, la commande de pas collectif est située plus bas qu'au poste pilote et a une plage angulaire moins importante.



Planche de bord et position de l'indicateur radiosonde vus du poste CDB (à gauche) et du poste pilote (à droite)

- Topographie du terrain

La figure est débutée par la gauche dans le sens d'une pente descendante du terrain au dessus d'un terrain dégagé d'obstacles et présentant une texture uniforme.

La trajectoire est gérée par prise continue de repères extérieurs au dessus de cette surface. En sommet de trajectoire, l'absence de contraste et de repère de surface à la verticale a pu fausser la perception de la pente du terrain et de la hauteur disponible pour anticiper la ressource face à la pente montante.

- Expérience du pilotage en place gauche

Ayant suivi le stage CDB en novembre 2011, le CDB a une expérience récente au poste CDB sur Gazelle (117 heures).

En place gauche, le CDB ne prend les commandes qu'environ 1/5^{ème} du temps de vol. Il n'a donc pas le même niveau d'expertise qu'au poste pilote dans la visualisation générale des repères et ses actions aux commandes, en particulier sur ce type d'évolution.

Il est probable que les différences d'ergonomie des deux postes de pilotage, la topographie particulière du terrain et surtout l'expérience réduite du pilotage en place gauche du CDB aient contribué aux erreurs de perception et l'aient inconsciemment pénalisé dans sa gestion de trajectoire.

2.2.2.2. Répartition des tâches en cabine

Peu avant l'événement, le CDB prend les commandes et demande au pilote de caler le seuil de la radiosonde à 50 mètres au cours de l'accélération. Il annonce qu'il va effectuer une esquivé par la gauche. Les témoignages rapportent qu'aucun des deux membres d'équipage n'a plus observé les paramètres de vol ensuite. Le CDB gère sa trajectoire vers la gauche en s'appuyant sur les repères extérieurs : le tableau de bord n'est donc plus dans son champ de vision périphérique.

Hormis le calage du seuil de la radiosonde, aucune tâche particulière de surveillance n'a été assignée au pilote : celui-ci demeure spectateur de la trajectoire effectuée par le CDB.

Or, le pilote, non en fonction car n'ayant plus les commandes, dispose à son poste de la planche de bord et a toute faculté d'assurer un contrôle croisé des paramètres aux points clé de l'évolution. Il est donc à même de pouvoir aider le CDB en annonçant tout paramètre dissonant (par exemple l'allumage éventuel de l'alarme radiosonde).

De plus, le différentiel important d'expérience entre les deux membres d'équipage incite le pilote, qui ne maîtrise pas cette évolution, à faire une confiance totale dans le savoir faire du CDB et oriente son comportement vers l'observation passive en l'absence de définition préalable de tâche précise.

Il est possible que l'absence de définition des tâches de l'équipage (contrôle croisé) avant la prise des commandes par le CDB n'ait pas permis à ce dernier de disposer de toutes les ressources du cockpit nécessaires à une bonne gestion de sa trajectoire (signalement par le pilote non en fonction d'un plancher de départ plus bas impliquant d'anticiper la ressource).

2.2.2.3. Absence de standardisation spécifique à ce type d'éducatif et excès de confiance

Contrairement aux autres évasives, l'esquivé combine des évolutions rapides en tangage et en roulis **selon un plan oblique** tout en effectuant un demi-tour qui débouche sur une reprise de suivi de terrain au cap opposé. La combinaison de ces évolutions près du sol en fait un exercice délicat qui réclame outre un pilotage précis et coordonné, une bonne gestion de trajectoire par la visualisation des repères d'attitude et le respect impératif de points clé (plancher et angle de cabré, vitesse, facteur de charge en virage, inclinaison au sommet et angle de descente) mentionnés dans la fiche d'instruction.

L'esquivé réclame donc une technicité particulière qui nécessite d'être entretenue, en particulier depuis que les équipages Gazelle ne sont plus formés spécifiquement aux manœuvres de combat air/air (2003).

Le CDB a bénéficié d'une instruction à ce type d'éducatif lors de son stage de pilotage tactique, remontant à plusieurs années (2005). Il a depuis effectué ce type d'évolution régulièrement en unité opérationnelle en place droite, ce qui lui confère une certaine confiance lors de son exécution.

En tant que nouveau CDB en place gauche (sorti de stage en novembre 2011), il fait naturellement appel à son expertise de pilotage en place droite. Cependant, comme développé supra, l'ergonomie et les repères sont sensiblement différents en place gauche, ce qui limite la transposition de l'expertise acquise.

De plus, il n'a pas bénéficié en unité d'une formation complémentaire en place gauche sur le savoir-faire spécifique à ce type de figure, qui aurait été à même de rappeler l'importance du

respect des points clé et de corriger la propension routinière à engager le palonnier à l'intérieur du virage.

Par ailleurs, le fort taux d'emploi des moniteurs en escadrille (un seul moniteur présent au moment de l'événement en période estivale) ne favorise pas le réentraînement à ces éducatifs particuliers en unité.

Il est probable que le CDB ait fait preuve d'un excès de confiance lors de l'exécution de l'esquive en place gauche et que l'absence de standardisation par un moniteur à ce type d'éducatif ait contribué aux erreurs fondées sur les habiletés.

2.2.2.4. Contraintes de l'unité, préparation du vol et consignes d'entraînement concernant les évasives

- Contraintes de l'unité et préparation du vol

Le faible taux d'encadrement que connaît l'unité, en particulier en période estivale, implique un rythme de vols plus élevé pour former les jeunes pilotes non qualifiés.

Le CDB est en charge des opérations par suppléance et les préoccupations attachées à cette charge lui laissent peu de disponibilité entre les vols, qu'il doit néanmoins assumer afin de poursuivre l'entraînement des jeunes pilotes. Le CDB avait ainsi effectué un vol le matin et traité l'activité de l'unité avant de repartir en vol.

Lors du briefing avant vol ont été commentés les différents exercices de pilotage à l'exclusion des éléments de sécurité propres au pilotage tactique. Les membres d'équipage ayant déjà volé ensemble, les attentes du CDB en termes de sécurité sont connues du pilote.

La mission étant de plus une révision des programmes précédents, le briefing n'est pas approfondi davantage.

Le plan de charge de l'unité laisse peu de temps au CDB à consacrer à la préparation du vol, en particulier pour en revoir le cadre exact et pour étoffer le briefing associé. Ce contexte est favorable aux décisions d'opportunité prises en vol.

- Consignes d'entraînement

Pour la partie « travail air » et l'exécution des évasives, les fiches programmes des séances types CB1 et CB2 définissent la composition d'équipage avec en particulier la présence d'un moniteur ou d'un pilote instructeur qualifié air/air. Concernant les évasives, elles renvoient à une fiche « PAP¹⁸ » spécifique.

Le programme CB3 ne reprend pas les évasives en travail air mais mentionne une révision des séances CB1 et CB2, sans toutefois rappeler la composition de l'équipage.

La révision sous-tend que les évasives 2, dont l'esquive, peuvent être revues en CB3.

Le programme CB4, dédié aux évasives type 1 et 2, ne reprend pas non plus cette disposition, mais fait référence à une note de 2003¹⁹, insérée dans les CPO, qui comprend les fiches d'entraînement des évasives.

Ces fiches d'entraînement indiquent clairement la présence d'un moniteur (ou d'un instructeur qualifié air/air) à bord, pour l'entraînement à tous les types d'évasives.

¹⁸ Fiche PAP : Instruction et entraînement des équipages HL aux procédures de sauvegarde de type « évasives ».

¹⁹ Note 1518/EA.ALAT/EM/DGF du 10 février 2003.

Il est possible que le CDB ait pu interpréter le programme CB3 comme une possibilité d'exécuter ces éducatifs sans moniteur à bord dans le cadre d'une révision.

2.2.3. Synthèse des causes relatives aux facteurs humains et organisationnels

Les différentes erreurs intervenues lors de l'exécution de l'esquive (décision, perception, fondée sur les habiletés) trouvent leur origine dans :

- les différences d'ergonomie des deux postes de pilotage, la topographie particulière du terrain et surtout l'expérience réduite du pilotage en place gauche ;
- l'absence de définition des tâches de l'équipage avant l'exécution de cette évolution particulière ;
- un excès de confiance lors de l'exécution de l'esquive en place gauche et l'absence de standardisation par un moniteur à ce type d'éducatif ;
- le plan de charge de l'unité et la fonction du CDB qui lui laisse peu de disponibilité pour la préparation du vol ;
- le manque de clarté du programme d'entraînement de la séance CB3.

2.2.4. Condition n'ayant pas permis d'éviter l'événement

Une fois l'évolution décidée par le CDB, ses actions sont orientées vers la prise de vitesse et l'enchaînement d'actions rapides mémorisé par l'expertise acquise en place droite.

Bien que le départ de l'évolution soit inférieur à 50 mètres, la figure demeure réalisable avec l'énergie atteinte à condition de diminuer l'angle de piqué à l'issue du virage et d'anticiper la ressource.

Or, l'engagement du palonnier à l'intérieur du virage a provoqué une variation rapide de l'assiette de l'appareil vers un piqué prononcé, dépassant le seuil de récupération. Une fois l'appareil engagé sur cette pente, la ressource n'était plus assurée compte tenu de la marge au sol.

3. CONCLUSION

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

- Le vol est programmé dans le cadre de l'entraînement au pilotage classique et comprend des éducatifs du pilotage de combat.
- La séance de type CB3 est prévue dans une zone répertoriée et connue des pilotes.
- Les conditions de plafond, de visibilité et d'aérologie sont favorables à ce type de vol.
- L'équipage témoigne de performances optimales de l'hélicoptère et de l'absence de tout dysfonctionnement.
- L'appareil évolue dans le domaine de performances du VOLTAC.
- La radiosonde est réglée à 50 mètres par le pilote en place droite. Le voyant de la radiosonde n'est observé par aucun des membres d'équipage bien que le plancher de départ de l'esquive soit vraisemblablement inférieur au seuil réglé.
- Le palonnier est engagé à priori dans le sens du virage en sommet de figure et le pas est réduit d'environ 20 %.
- Le piqué au cap inverse, face à une pente montante, est jugé plus prononcé que la norme. La pleine puissance de motorisation est affichée au pas général lors de la ressource et l'alarme sonore de limite de puissance est perçue.
- L'appareil impacte le sol à plat puis rebondit. Sa trajectoire est contrôlée près du sol puis l'atterrissage est effectué face au vent après un stationnaire et un contrôle visuel du train.
- Les endommagements constatés sont circonscrits à la poutre de queue, fléchie.
- L'expérience de pilotage du CDB en place gauche est réduite. Bien qu'ayant déjà effectué des esquives à plusieurs reprises au poste pilote, il n'a pas bénéficié de standardisation spécifique en vol en place gauche par un moniteur en unité.
- L'ergonomie de l'appareil présente des différences entre les postes pilote et CDB (planche de bord décalée, repères cabine différents, positionnement des palonniers).
- Les consignes d'entraînement en unité relatives aux évasives imposent la présence d'un moniteur ou d'un pilote instructeur air/air à bord.
- La fiche programme de la séance CB3 ne mentionne pas la composition de l'équipage lors du « travail air » relativement aux évasives.
- Le plan de charge du CDB est important durant la période estivale considérée.

3.2. Causes de l'événement

3.2.1. Mécanisme

Le heurt accidentel du sol est la conséquence d'un raté d'exécution lors d'une esquive en profil VOLTAC par le CDB en place gauche.

L'esquive, effectuée avec prise de repères extérieurs, a été initiée une hauteur vraisemblablement inférieure au plancher préconisé, réduisant la marge de manœuvre par rapport au sol lors de la reprise de palier au cap opposé.

L'engagement du palonnier à l'intérieur du virage, combiné à la réduction de 20 % de la puissance, dans le but de réduire le volume de l'évolution, a induit un vol dissymétrique et diminué la portance globale du rotor principal.

La combinaison de ces actions, effectuées dans le but de réduire le volume de l'évolution, a engagé l'appareil dans un piqué supérieur à la norme (25°) et augmenté le taux de chute, déplaçant le point bas estimé de ressource en dessous du plancher de départ.

La résultante de ces actions, compte tenu de la topographie montante du terrain, a rendu insuffisante la marge de hauteur disponible en dépit d'une ressource effectuée à pleine puissance de motorisation.

Les réactions du CDB au manche cyclique lors de la ressource ont néanmoins permis de limiter les conséquences de l'impact en heurtant le sol à plat.

3.2.2. Causes identifiées

Les causes de cet événement sont relatives aux facteurs humains et organisationnels.

Ce raté d'exécution résulte de plusieurs erreurs qui peuvent trouver leur origine dans :

- les différences d'ergonomie entre les deux postes de pilotage, la topographie particulière du terrain et en particulier l'expérience réduite du pilotage en place gauche, conduisant à une perception erronée de la hauteur réelle ;
- l'absence de définition des tâches de l'équipage avant l'exécution de cette évolution particulière, privant le CDB des ressources du cockpit ;
- un excès de confiance lors de l'exécution de l'esquive en place gauche et l'absence de standardisation par un moniteur à ce type d'éducatif, à l'origine des erreurs de décision ou fondées sur les habiletés (prise de repères et technique de pilotage inappropriée).
- le plan de charge de l'unité et la fonction du CDB qui lui laisse peu de disponibilité pour la préparation du vol.
- le manque de clarté du programme d'entraînement en CB3 concernant les prérequis du travail air et des évasives conduisant aux erreurs de décision (composition d'équipage).

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Difficultés de l'esquive et entraînement des équipages

L'esquive combine des évolutions rapides sur les trois axes, selon un plan oblique et près du sol. Ces caractéristiques en font un exercice plus délicat qu'il n'y paraît au premier abord.

L'esquive réclame donc une technicité particulière qui nécessite d'être entretenue, en particulier depuis que les équipages Gazelle ne sont plus formés aux manœuvres de combat air-air (2003).

Enseigné au stage initial de vol tactique à l'EALAT du Canet des Maures, cet exercice ne fait l'objet d'aucune restriction ou recommandation particulière au sein de l'ALAT, à contrario des évolutions de combat air-air qui comprennent également des évolutions de ce type mais sont plus encadrées.

Cette évasive est enseignée aux moniteurs en unité. L'entraînement en unité doit permettre à tous les équipages non formés aux manœuvres de combat air-air d'appréhender ces éducatifs leur permettant de s'esquiver face à une menace air. Cependant, l'emploi des moniteurs en unité ne permet pas toujours d'organiser des séances ciblées sur ces exercices particuliers avant de lâcher les équipages en entraînement.

De plus, le parcours du vol de combat des pilotes comprend un contrôle annuel en vol à vue. Ce contrôle permet d'évaluer le niveau au travers :

- des connaissances théoriques et pratiques des procédures d'utilisation de l'appareil ;
- d'une séquence de vol classique avec l'étude d'aire de poser et d'approches et un parcours de vol tactique avec restitution des savoirs faire école ;
- d'évolutions en sécurité ;
- de gestion de pannes.

L'esquive pourrait être intégrée au programme de ce contrôle annuel.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

de s'assurer de la délivrance d'une instruction théorique et pratique régulière aux exercices de ce type comprenant des phases de vol délicates, par des moniteurs ou pilotes instructeurs des unités et d'en contrôler le niveau de savoir-faire en incluant ce type d'éducatif dans les contrôles annuels en vol à vue.

L'expérience du CDB en place gauche est récente et son expérience de pilotage acquise en place droite n'est pas immédiatement transposable en place gauche à cause de la différence d'ergonomie des deux postes. En unité, le CDB prend les commandes environ 1/5^{ème} du temps de vol. Sorti du stage CDB en 2011, il n'a pas bénéficié en unité d'une standardisation par un moniteur, en particulier concernant la technicité liée à cet exercice, ce qui aurait probablement permis de corriger une technique inappropriée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

de faire bénéficier les CDB sortant de stage de séances pratiques de standardisation par des moniteurs ou pilotes instructeurs des unités.

4.1.2. Plan de charge de l'unité et préparation des vols - définition des tâches à bord

Bien que le déroulement des exercices prévus ait été passé en revue, le briefing avant vol a été exécuté rapidement par le CDB, dont les contraintes liées au plan de charge de l'unité lui laissent peu de temps disponible (faible taux d'encadrement en regard des pilotes à instruire).

Lors de l'exécution de tels exercices, un partage des tâches est nécessaire dans la mesure où le pilotage depuis la place gauche nécessite une attention plus grande pour un contrôle des paramètres de vol.

Aucune tâche de surveillance n'a été attribuée au pilote qui aurait pu annoncer la hauteur de départ ainsi que la vitesse aux points clé et ainsi aider le CDB aux commandes dans sa gestion de trajectoire.

Cette optimisation des ressources du cockpit par un partage des tâches lors d'exécution d'exercices délicats depuis la place gauche, en particulier lors de ces missions d'entraînement au profit de chaque pilote pourrait être formalisée lors du briefing avant vol.

Le BEAD-air attire l'attention de l'armée de terre sur le faible taux d'encadrement constaté en regard du plan de charge de l'unité et en particulier de la formation des jeunes pilotes non qualifiés à assurer. Cette fragilité a pour conséquence d'augmenter le rythme des vols des cadres et a tendance à diminuer leur disponibilité lors de la préparation de missions d'entraînement jugées simples (briefings).

Enfin, cet événement illustre toute l'importance d'un briefing avant vol détaillé et de la nécessité d'un contrôle croisé en particulier lors de l'exécution d'exercices délicats.

4.1.3. Rédaction des fiches de séances

Les fiches programmes des missions types CB/HL du 1^{er} RHC comportent des imprécisions qui peuvent générer des interprétations sur la composition de l'équipage en « travail air » et en particulier lorsque des évasives de type 1 ou 2 sont prévues au programme ou en révision. C'est notamment le cas de la séance CB3 et CB4.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

de formaliser sur l'ensemble du programme d'entraînement des unités les restrictions (composition des équipages) liées à l'exécution des évasives.

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

4.2.1. Chaîne d'alerte

Parvenue directement à l'unité par voie téléphonique, la diffusion de l'alerte a ensuite été émaillée d'appels croisés et redondants. Pour autant, la plupart des acteurs indispensables a été prévenue.

Dans la fiche réflexe du chef de quart n'apparaît cependant pas le SEA, qui doit effectuer des procédures conservatoires (prélèvements dans les citernes et cuves..) en cas d'événement aérien.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

de s'assurer que le SEA soit mentionné parmi les acteurs des chaînes d'alerte des unités.

4.2.2. Coordination des secours

L'alerte a été transmise téléphoniquement par le CDB vers son unité à 13h40 puis les coordonnées du lieu de l'événement ont été confirmées à 14h03 vers la tour de contrôle par un autre appareil en vol. L'équipage est pris en charge vers 15h00 par l'équipe médicale.

Bien que sans conséquence dans le cadre de cet événement, le manque de coordination dans le déplacement des équipes santé et secours a augmenté le délai de rejointe du site.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

d'améliorer la coordination des moyens de secours en précisant dans les plans de secours de chaque aérodrome un point de rendez-vous réflexe des moyens en cas d'événement aérien.

4.2.3. Moyens d'enregistrement

Les hélicoptères Gazelle n'étant pas équipés de moyens d'enregistrement, la compréhension du mécanisme de cet événement repose uniquement sur les témoignages recueillis auprès de l'équipage et sur l'analyse comparative d'une esquivée exécutée lors d'un vol de mise en situation inévitablement accompagnée d'approximations.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à l'armée de terre :

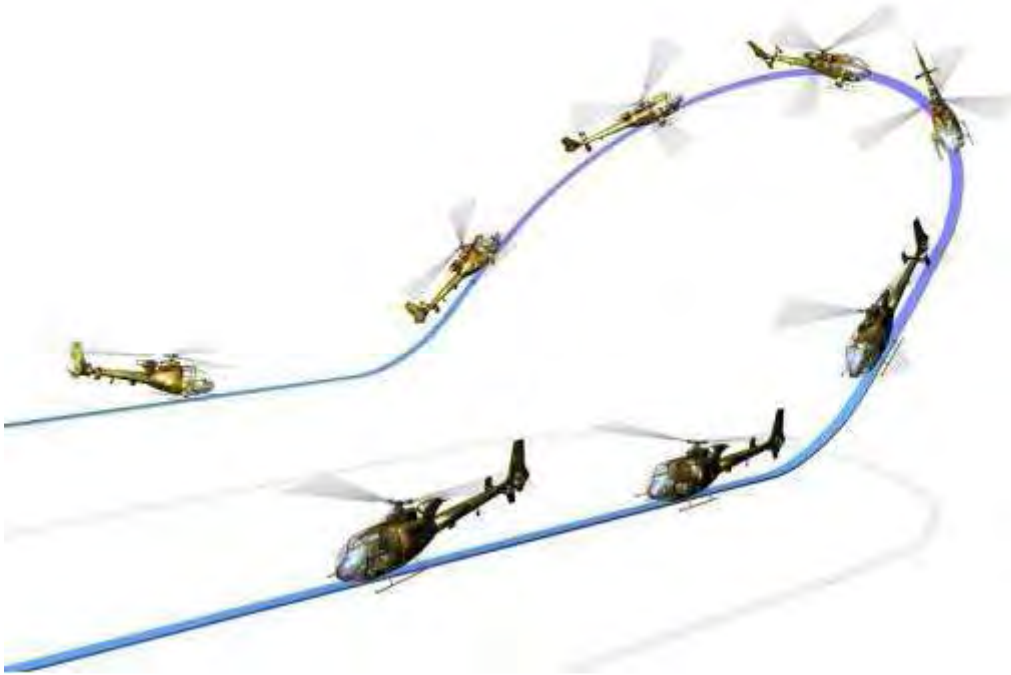
d'équiper son parc hélicoptères de moyens d'enregistrement.

ANNEXES

ANNEXE 1 Fiche d'instruction de l'esquive38
ANNEXE 2 Fiche de séance CB340

ANNEXE 1

Fiche d'instruction de l'esquive



BUT

A partir d'une vitesse élevée en palier, effectuer une brève incursion dans le plan vertical, en virage à grande inclinaison.

DEROULEMENT

- Exposé en vol : rappel des limitations +
 - Tenir compte des courbes VOLTAC
 - Visibilité > 5 Km
 - Plafond > 500 m
 - Vent < 18 Kt laminaire
 - Facteur de charge positif < 2,2 g
 - Pw max = 1^{ère} butée
 - Vitesse correspondant à la 1^{ère} butée
 - Inclinaison maximale = 60°
 - Réservoir supplémentaire vide

- Déroulé de l'exercice
 - 1. Présentation
 - Se présenter en palier en 1^{ère} butée, hauteur supérieure ou égale à 50 m
 - Sécurité assurée dans le domaine d'évolution
 - 2. Cabré
 - Débuter par une faible assiette à cabrer puis l'accentuer en fonction du facteur de charge en ligne droite (repère)
 - 0° max, 1^{ère} butée, 2,2 g max
 - 3. Mise en virage
 - Lorsque l'assiette du cabré est atteinte, afficher progressivement l'inclinaison
 - 1^{ère} butée, AON, 2,2 g max, $i = 60^\circ$ max
 - 4. Piqué
 - Lorsque $V_i \sim 120$ Km/h, afficher progressivement l'assiette à piquer
 - 1^{ère} butée, AON, 25° max/ repère sol
 - 5. Reprise du palier
 - Annuler le taux de descente en affichant progressivement l'assiette du palier
 - Stabiliser le palier, 1^{ère} butée en ligne droite (repère)
 - 2,2 g max (diminuer la PW de 20% si nécessaire), hauteur > 50 m

CONDITIONS D'ENSEIGNEMENT

Conformes aux limitations.

FACULTES FONDAMENTALES

- Coordination (cyclique – palonniers)
- Dosage (rapidité – progressivité – précision)
- Visualisation
- Attitude

CONSEILS

- Le pilote regarde à l'extérieur (visualisation des assiettes, inclinaison repères)
- Le PCB contrôle les instruments et guide le pilote
- Faire débiter les exercices à droite et à gauche
- Utiliser toute la puissance disponible en cas de décrochage de la pale reculante (talonnement), diminuer légèrement la puissance (20 %); réafficher la puissance disponible dès la disparition du phénomène

ANNEXE 2

Fiche de séance CB3



CB3 / HL

7

FICHE DE SEANCEBut de la séance:

Cette fiche a pour but d'entraîner les pilotes:

- A adapter les éducatifs du pilotage de combat aux conditions du moment
- De mettre en œuvre le système d'arme en dotation à l'escadrille.

Programme de la séance:

1. Briefing avant vol:
 - Cf. fiches CPO.
2. Travail air:
 - Révisions CB 1 et 2
 - Les 3 allures
 - La trajectoire de sécurité
 - Les franchissements d'obstacles
 - Les adaptations terrain
 - L'observation
 - La mise en œuvre du système d'arme

Points de sécurité: VOLTAC AUTORISE

1. Les 3 allures :
 - En 1^{ère} allure, attention à l'encombrement rotor plus important travers BTP et donc en arrière du pilote.
 - Respect des hauteurs mini et des mécanismes de suivi de terrain en fonction de l'allure.
2. La trajectoire de sécurité :
 - C'est une ligne droite reliant deux points hauts susceptibles de recevoir une ligne électrique cachée.
3. Les franchissements d'obstacles :
 - Par dessus : perpendiculairement à la ligne, verticale poteau, à plat.
 - Ne pas utiliser le cyclique pour redescendre, uniquement au PG.
 - Avant de franchir par dessus ou par dessous :
 - s'assurer qu'une 2^e ligne n'existe pas derrière.
 - se fixer un repère sol de fin de franchissement.
 - Le pilote ne fait que piloter, le CB assure le franchissement de la ligne et le moment de la reprise d'une autre allure.
4. Les adaptations terrain :
 - Interdiction de quitter la trajectoire de sécurité et de se poser si la sécurité sol n'a pas été traitée et assurée.
 - Respect des mécanismes Vw arrière..
 - Par vent fort, la finale vent de face est préconisée.
 - Finale de précaution.
5. L'observation : le PO / PI / PT
 - Travailler les mécanismes simplement puis faire participer le pilote à l'observation en fonction de l'aisance.(en PO par exemple, lui donner la sécurité immédiate de la machine puis une partie de l'observation.)
 - Attention aux obstacles en sortie de PO.
 - Prendre tous les obstacles en références pour la hauteur du stationnaire et notamment ceux secteur arrière.

Edition : Novembre 2011

Annexe : 2.3