



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT

D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air T-2015-013-I

Date de l'évènement 10 novembre 2015

Lieu Riche (57)

Type d'appareil Cougar rénové AS 332 M1e

Immatriculation FMCGO / n° 2316

Organisme armée de terre

Unité 5^{ème} régiment d'hélicoptères de combat (5^{ème} RHC)

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'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 heures locales.

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 règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA terre

Photos :

- Pages 10, 15, 16, 17, 18 : BEAD-air
- Page 24 : ALAT

Illustrations :

- Pages 8, 9, 21 : BEAD-air
- Page 14 : ALAT

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. RENSEIGNEMENTS DE BASE	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Tués et blessés	10
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef	12
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	14
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	14
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur le lieu de l'évènement	15
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.14. Incendie	19
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	19
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	20
1.18. Renseignements complémentaires	20
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	20
2. Analyse	21
2.1. Scénario de l'évènement	21
2.2. Recherche des causes de l'incident	22
3. Conclusion	29
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	29
3.2. Causes de l'évènement	29
4. Recommandations de sécurité	31
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	31
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	34
ANNEXES	35
ANNEXE 1 MANEX ALAT – LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	36
ANNEXE 2 EXTRAIT DE L'ETUDE DE LA CHARGE DE TRAVAIL ET DE LA SOMNOLENCE RESSENTIES PAR LES EQUIPAGES D'HELICOPTERES ENGAGES EN AFGHANISTAN (IRBA)	44

GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
CDB	commandant de bord
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EDITH	entraîneur didactique interactif tactique hélicoptère
IGN	institut géographique national
MVAVT	mécanicien volant sur appareil à voilure tournante
PCB	pilote commandant de bord
PF	pilote en fonction
RAC	rotor anti-couple
RHC	régiment d'hélicoptères de combat

SYNOPSIS

Date de l'évènement : 10 novembre 2015 à 9h20

Lieu de l'évènement : Riche (57)

Organisme : armée de terre

Commandement organique : commandement de l'aviation légère de l'armée de Terre (COMALAT)

Unité : 5^{ème} RHC

Aéronef : Cougar rénové AS 332 M1e

Nature du vol : mission d'entraînement tactique

Nombre de personnes à bord : 5

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le mardi 10 novembre 2015, une patrouille de trois hélicoptères composée d'une Gazelle en position de leader, d'un Cougar rénové en position d'ailier gauche et d'un Puma en position d'ailier droit décolle de la base d'Etain à 8h50 dans le cadre de l'exercice MURZUQ 2015.

L'équipage du Cougar est composé d'un pilote commandant de bord (PCB) en place gauche, d'un pilote en place droite, pilote en fonction (PF) pendant tout le vol, et d'un mécanicien volant sur appareil à voilure tournante (MVAVT) sur le siège central. Un membre d'équipage de soute (MES) et un journaliste sont également présents à bord.

L'objectif du vol est de récupérer des commandos situés sur le site de Grostenquin. Au cours d'une phase de vol tactique (vol inférieur à 50 mètres/sol), l'équipage décèle tardivement un câble de ligne électrique à hauteur de vol. Le PF effectue une manœuvre d'évitement. Au cours de celle-ci, l'appareil heurte le câble. Après avoir stabilisé la trajectoire et vérifié les paramètres moteurs, l'équipage décide d'effectuer un atterrissage de précaution dans un champ.

Une fois posé, l'équipage constate les dégâts ainsi que le déclenchement de la balise de détresse et décide d'annuler la mission.

L'équipage est indemne. L'appareil est légèrement endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur adjoint au directeur d'enquête (BEAD-air).
- Un expert technique (BEAD-air).
- Un enquêteur de premières informations (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur AS 332 M1e.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur AS 332 M1e.
- Un médecin qualifié en médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- DGA Essais propulseurs/DAI/RESEDA.
- Airbus helicopters.
- Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu le 10 novembre à 10h15 par le bureau de prévention et de maîtrise des risques aéronautiques (BPMRA) du COMALAT. Un EPI se rend sur les lieux de l'évènement en début d'après-midi.

L'équipe d'enquête, à l'exception de l'expert pilote et de l'expert mécanicien, rallie la base d'Étain le 10 novembre à 18h00. L'expert pilote et l'expert mécanicien rejoignent l'équipe d'enquête le lendemain.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : TOUCAN 50

Type de vol : à vue en CAM T¹

Type de mission : vol tactique en formation

Dernier point de départ : base d'Etain

Heure de départ : 8h50

Point d'atterrissage prévu : base d'Etain

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte du vol

Ce vol s'inscrit dans le cadre de l'exercice tactique MURZUQ 2015, exercice de préparation à l'engagement opérationnel conduit par le 3^{ème} RHC d'Etain du 26 octobre au 10 novembre 2015. Les équipages participants à cet exercice sont appelés à être déployés en opération extérieure en 2016. L'équipage du COUGAR appartient au 5^{ème} RHC de Pau et a été intégré à l'exercice le jeudi 5 novembre.

1.1.2.2. Préparation du vol

La préparation du vol est dirigée par le chef de patrouille (commandant de bord (CDB) du Puma ailier droit). Les équipages ont préparé deux missions simultanément (mission de nuit du lundi 9 novembre et mission de jour du mardi 10 novembre).

Le chef de patrouille effectue un briefing général le lundi 9 novembre à 7 heures. Ce briefing est suivi d'une répétition du vol sur le simulateur tactique EDITH².

Le matin du vol (7h30), un dernier briefing de recalage (prise en compte de l'évolution de la disponibilité des moyens notamment) est présenté par le chef de patrouille.

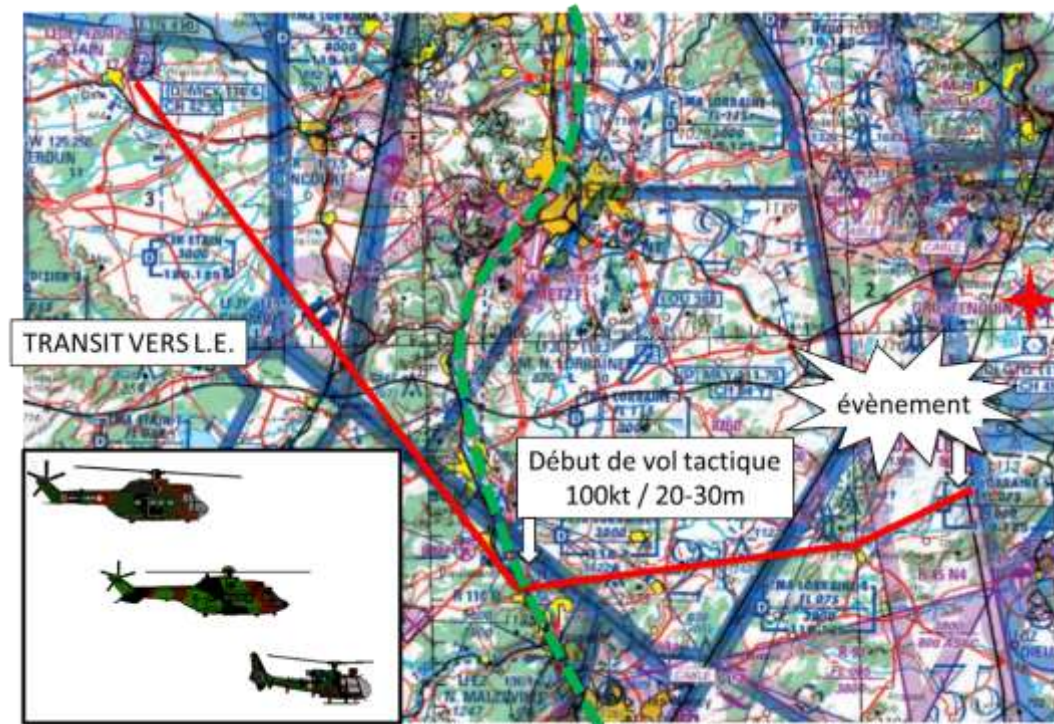
A l'issue de ce recalage (8h00), l'ensemble de l'équipage se retrouve au pied de l'appareil où le briefing de l'équipage est effectué.

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

La patrouille de trois hélicoptères décolle à 8h50 de la base d'Etain. La Gazelle est en position de leader et assure la navigation pour l'ensemble du module, le Cougar est en position d'ailier gauche (n° 2) et le Puma est en position d'ailier droit (n° 3).

¹ Circulation aérienne militaire tactique.

² Le simulateur tactique EDITH est composé de 6 cabines génériques capables de simuler, à l'aide d'écrans tactiles et de joysticks, tous les types d'hélicoptères de l'ALAT.



Vue d'ensemble de la mission

Passant la Moselle (conformément au cadre tactique, la rivière constitue la ligne d'engagement), la patrouille passe en vol tactique et adopte la formation en serpent³.

Dans cette phase du vol, le travail du CDB consiste à suivre la navigation, surveiller la trajectoire (recherche des obstacles notamment) et gérer la radio. Le pilote assure la conduite de l'aéronef et surveille sa trajectoire (par rapport au leader et aux obstacles). Le mécanicien volant surveille les paramètres moteurs ainsi que la trajectoire.

A partir de la ligne d'engagement, la patrouille évolue sur un cap moyen 080°, le soleil est bas sur l'horizon et dans un secteur 1h / 2h (élévation de 14° et relèvement 135).

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

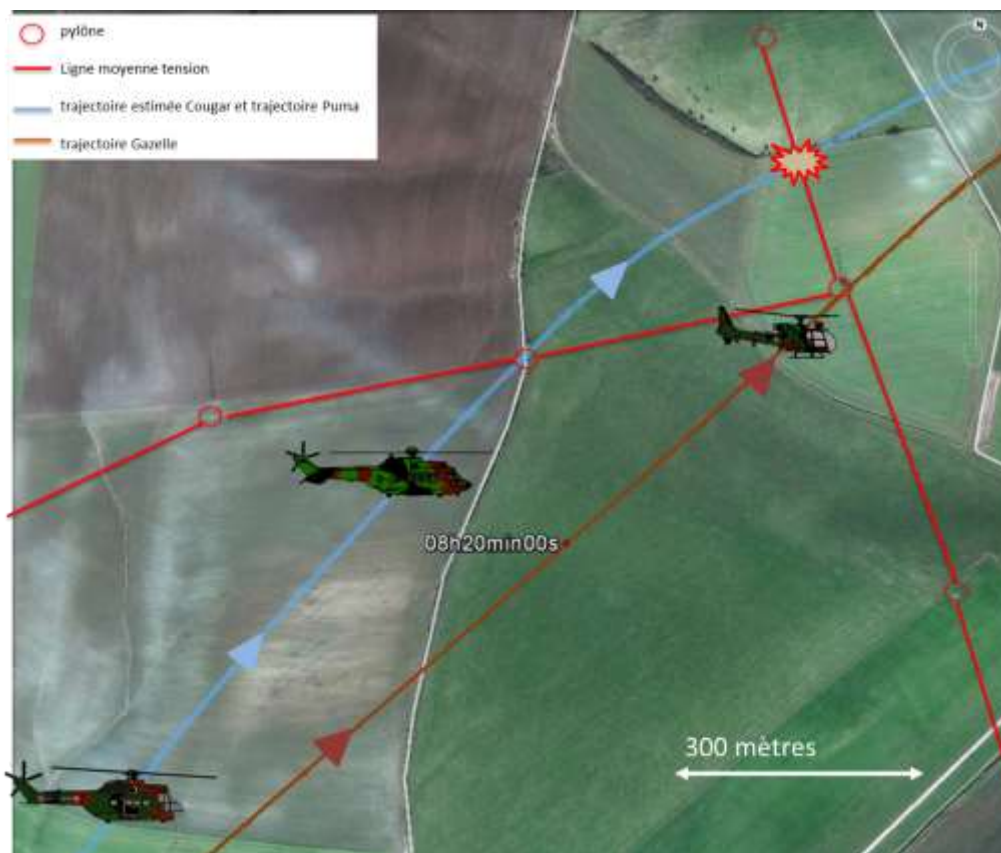
La mission de l'équipage du Cougar consiste à récupérer, par aérocordage, des commandos placés sur le terrain de Grostenquin après contact radio.

Tentant d'entrer en contact avec le personnel au sol, le CDB cesse son activité de suivi de la navigation, son regard est principalement porté dans la cabine où il règle ses postes radio (il en informe l'équipage). Le pilote en fonction (place droite) assure la trajectoire du Cougar et tient sa place par rapport à la Gazelle. Il est particulièrement préoccupé par le nombre important de lignes électriques et la forte concentration d'oiseaux.

Après avoir longé une ligne électrique moyenne tension main gauche, il franchit celle-ci au-dessus d'un pylône et poursuit en maintenant cette ligne électrique main droite. La Gazelle la garde main gauche et franchit cette ligne au pylône suivant où la ligne électrique est renvoyée dans deux directions opposées, perpendiculairement à l'axe d'arrivée.

³ Formation où les équipiers se mettent les uns derrière les autres et suivent sensiblement la même trajectoire que le leader.

Le PF du Cougar voit la Gazelle dans un secteur 1h / 2h et ne perçoit que le renvoi qui part au sud. Le soleil, situé dans un secteur 2h, est bas sur l'horizon et constitue une gêne visuelle. Le pilote vole avec la visière fumée baissée.



Position relative des aéronefs avant l'évènement⁴

L'équipage du Cougar perçoit tardivement la ligne électrique, le pilote en fonction effectue une manœuvre d'évitement par le haut suivie d'une remise à plat de l'appareil afin d'éviter que le rotor anti-couple (RAC) ne heurte le câble. Durant cette manœuvre, le balconnet droit accroche le câble supérieur de la ligne moyenne tension.

Après avoir contrôlé les paramètres moteurs, l'équipage décide d'effectuer un atterrissage de précaution⁵ et rend compte au chef de la patrouille.

L'équipage sort le train d'atterrissage, contrôle les trois voyants verts et constate le déclenchement de l'alarme de train non sorti. Afin de s'assurer de l'état du train d'atterrissage, l'équipage utilise la caméra thermique et s'assure de la bonne position de ce dernier. Il identifie un champ au bord d'un chemin et effectue un poser de précaution.

L'équipage constate l'endommagement du balconnet ainsi que le déclenchement de la balise de détresse, décide d'annuler la mission et rend compte à son commandement. La balise de détresse est désactivée depuis la boîte de commande du poste de pilotage.

⁴ Les trajectoires de la Gazelle et du Puma sont restituées depuis les informations des tablettes numériques embarquées par les équipages. La position du Cougar est estimée à partir des témoignages.

⁵ L'atterrissage de précaution consiste à se poser en réduisant progressivement la puissance afin de détecter un éventuel affaissement du train.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Moselle
 - commune : Riche
 - coordonnées géographiques :
 - N 48° 52' 34'' / E 006° 37' 57''
 - hauteur de l'évènement : 31 mètres
- Moment : jour

1.2. Tués et blessés

Néant

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
AS 332 M1e			X	

1.4. Autres dommages

Le câble de garde (câble supérieur qui assure l'équipotentialité) d'une ligne trois phases de 63 kV (comporte quatre câbles au total) a été sectionné au milieu de la portée entre deux pylônes. La tête d'un des deux pylônes est déformée (pylône nord) par la traction du câble sectionné.



Pylône nord endommagé

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Pilote commandant de bord

- Age : 30 ans
- Unité d'affectation : 5^{ème} RHC
 - fonction dans l'unité : adjoint chef cellule opérations
- Formation :
 - qualification : commandant de bord
 - école de spécialisation : EALAT Dax
 - année de sortie d'école : 2006
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332
Total (h)	1 580	736	98	98	33	33
Dont vol tactique		208	48	48	10	10

- Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef de jour et de nuit : 9 novembre 2015.

1.5.1.2. Pilote

- Age : 26 ans
- Unité d'affectation : 5^{ème} RHC
- Formation :
 - qualification : pilote opérationnel
 - école de spécialisation : EALAT Dax
 - année de sortie d'école : 2011
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332
Total (h)	761	38	69	38	22	22
Dont vol tactique	Environ 300	17	24	17	15	15

- Date du dernier vol comme pilote sur l'aéronef de jour et de nuit : 9 novembre 2015.

1.5.1.3. Mécanicien volant sur appareil à voilure tournante

- Age : 44 ans
- Unité d'affectation : 5^{ème} RHC
- Formation :
 - qualification : MVAVT
 - école de spécialisation : EALAT Le Luc
 - année de sortie d'école : 2006
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332	sur tout type	dont AS 332
Total (h)	2 842	880	83	14	21	3

- Date du dernier vol sur l'aéronef de jour et de nuit : 9 novembre 2015.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement d'appartenance : COMALAT
- Base aérienne de stationnement : Pau
- Unité d'affectation : 5^{ème} RHC
- Type d'aéronef : Cougar rénové AS 332 M1e
 - configuration : la soute est configurée pour un exercice d'aérocordage de type grappe
 - armement : néant
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	AS 332 M1e	2316	4 301	EMJ ⁶ : 1488	VP ⁷ : 67
Moteur	MAKILA 1A1	2339	2 403	RG ⁸ : 2403	VP : 72
Moteur	MAKILA 1A1	2880	3 494	RG : 550	VP : 67

1.6.1. Maintenance

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

⁶ EMJ = entretien majeur.

⁷ VP = visite périodique.

⁸ RG = révision générale.

L'aéronef est sorti des ateliers d'Airbus helicopters après avoir subi sa VP et son chantier de rénovation le 30 septembre 2015.

1.6.2. Performances

Aucune réserve de vol n'est mentionnée sur la documentation.

1.6.3. Masse et centrage

La masse et le centrage sont dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 1 567 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 1 120 kg

1.6.5. Autres fluides

Sans objet

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Le message de prévisions du terrain (TAF) de Metz-Nancy-Lorraine, émis le 10 novembre à 05h00 Z, donne les paramètres suivants pour la période couvrant le vol : ciel très nuageux à couvert à 400 m avec une visibilité supérieure à 10 km et un vent du 210° pour 7 kt, sans phénomène particulier.

1.7.2. Observations

Les observations de météo France font état des conditions suivantes :

- nébulosité : très nuageux à couvert par stratocumulus (5 à 8 octas à une hauteur de 400 m environ) ;
- phénomènes : néant ;
- visibilité : supérieure à 8 km ;
- vent moyen : ouest-sud-ouest 10 à 12 kt ;
- température : 11°C ;
- point de rosée : 8°C ;
- turbulence : faible ;
- QNH : 1 029 hPa.

1.8. Aides à la navigation

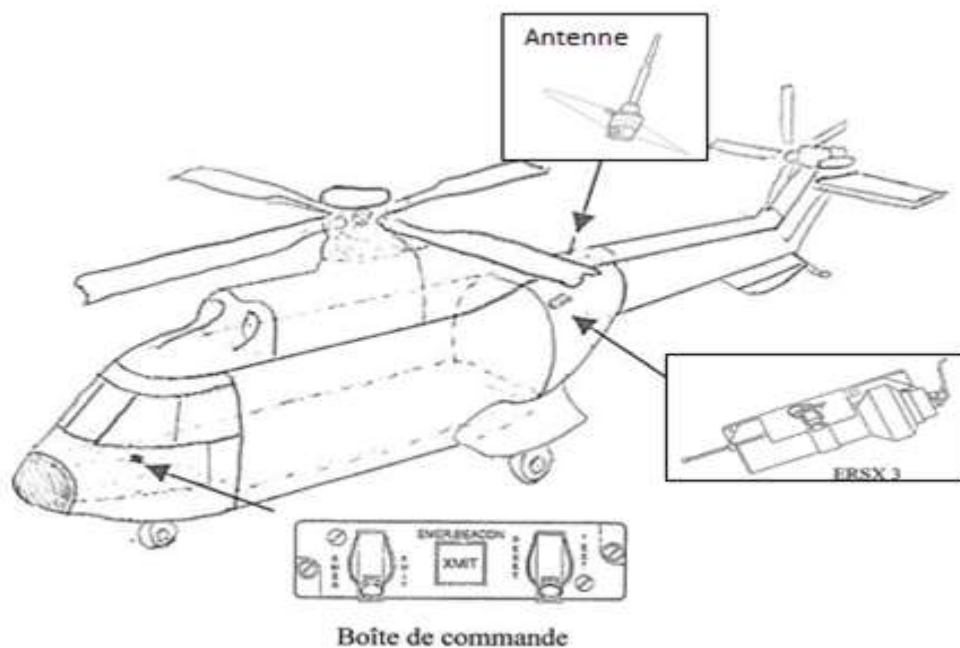
La route prévue a été insérée dans le *flight management system (FMS)*. Le FMS ne dispose pas de fond cartographique.

1.9. Télécommunications

L'équipage utilise un poste VHF et un poste V/UHF (un poste utilisé pour les communications internes à la patrouille et l'autre pour les échanges avec le commandement). Un poste PR4G fonctionnant en HF est dédié aux communications avec le personnel au sol.

L'aéronef est équipé d'une balise de détresse ALT06-ERSX 3B. L'activation de la balise peut être réalisée manuellement ou automatiquement grâce à un détecteur d'accélération.

Lors de l'évènement, la balise s'est déclenchée automatiquement. Elle a été coupée manuellement par l'équipage.



Positionnement des éléments de la balise de détresse

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet

1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil n'est pas équipé d'enregistreurs de paramètres de type *flight data recorder* (FDR) ou *cockpit voice recorder* (CVR).

L'aéronef dispose de mémoires statiques intégrées au SIT-ALAT, celles-ci n'ont pas pu être exploitées car non opérationnelles. Les appareils volent avec le système hors circuit (non alimenté, disjoncteurs tirés).

1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur le lieu de l'évènement

1.12.1. Examen de la zone

La zone se situe dans le département de la Moselle, au nord-est de la ville de Nancy. La ligne sectionnée est représentée sur les cartes utilisées par les équipages (cartes au 1/100 000^{ème}). La zone présente une forte densité de lignes électriques.

Après avoir heurté le câble supérieur de la ligne électrique (entre les 2 pylônes, sensiblement au milieu) l'appareil se pose dans un champ situé à environ 4 km de la zone d'impact.



Photo satellite de la zone

1.12.2. Examen de l'aéronef

L'appareil est posé dans un champ situé près d'un chemin.



Vue générale de l'aéronef

Des dommages sont constatés dans la zone du caisson de l'atterrisseur droit.

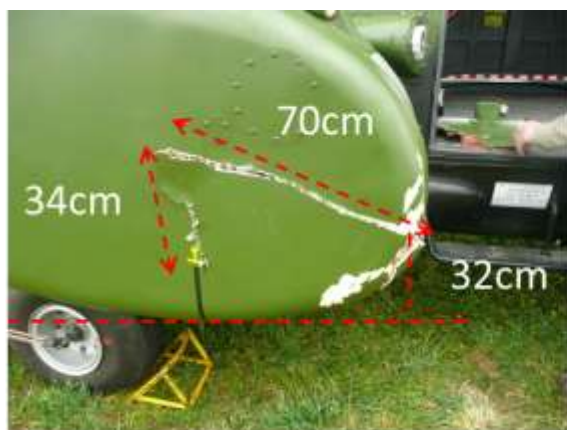


L'appareil présente des dommages concentrés sur l'avant du balconnet droit

Le marchepied présente un marquage prononcé sur son envers

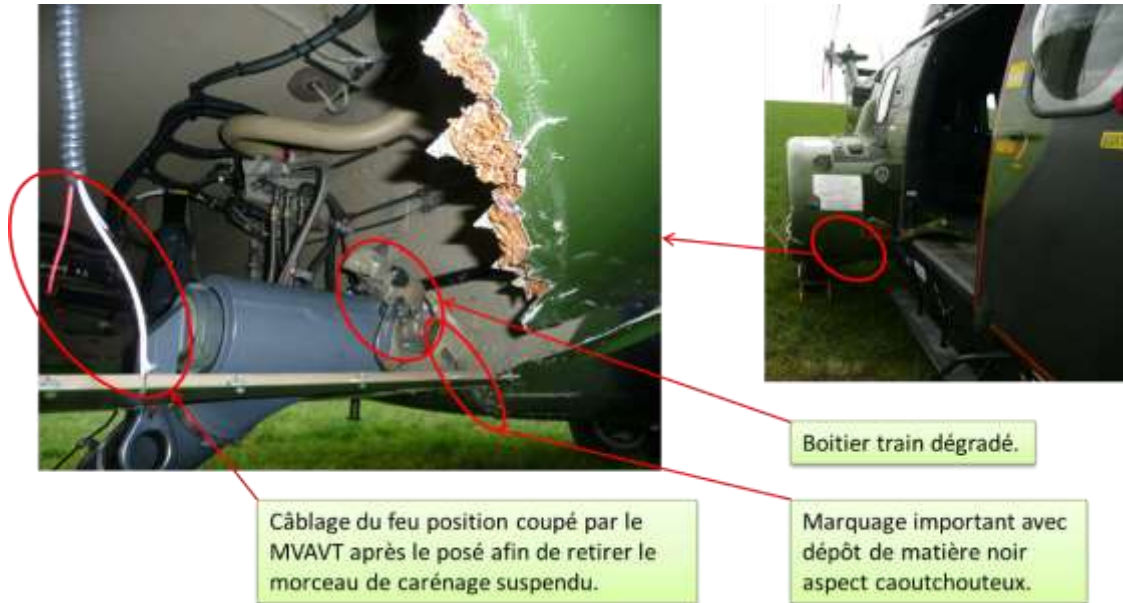


Flanc droit de l'appareil



Caisson d'atterrisseur déchiré

Un morceau de carénage du caisson d'atterrisseur a été retrouvé suspendu au câblage du feu de position. Le boîtier de contacteur train est déformé, la fusée du train est marquée par un important dépôt de matière noire.



Intérieur du caisson



Boîtier contacteur de train et marquage de la fusée de train

Des traces de frottements avec légers enfoncements sont constatées sur la barque. On retrouve également des traces de matière noire.



Frottements sous la barque

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 : CEMPN
 - date : 2 juin 2015
 - résultat : apte pilote ALAT
 - validité : 30 juin 2017
- Examens biologiques : prélèvements effectués
- Blessures : aucune

1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN⁹ (référence : CEMPN du 16 janvier 2015)
 - date : 23 juillet 2015
 - résultat : apte
 - validité : janvier 2016
- Examens biologiques : prélèvements effectués
- Blessures : aucune

⁹ VRPN : visite de révision du personnel navigant.

1.13.1.3. Mécanicien volant

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN (référence : CEMPN du 25 novembre 2013)
 - date : 13 octobre 2015
 - résultat : apte
 - validité : novembre 2015
- Examens biologiques : néant
- Blessures : aucune

1.13.2. Autres personnels

1.13.2.1. Membre d'équipage de soute

- Dernier examen médical :
 - type : visite médicale périodique
 - date : 22 juillet 2014
 - résultat : apte
 - validité : juillet 2016
- Examens biologiques : néant
- Blessures : aucune

1.13.2.2. Photographe civil

- Examens biologiques : néant
- Blessures : aucune

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Abandon de bord

Sans objet.

1.15.2. Organisation des secours

Suite à l'incident, le commandant de bord annonce son intention de se poser pour vérification des éventuels dommages.

A l'issue du poser et de la constatation des dégâts, l'équipage rend compte de sa décision d'annuler la mission.

Le déclenchement de la balise de détresse a été perçu par le centre *COSPAS*¹⁰/*SARSAT*¹¹ de Toulouse¹² qui a rendu compte immédiatement au commandement du 5^{ème} RHC.

¹⁰ *Cosmicheskaya sistyema poiska avaryynich sudov.*

¹¹ *Search and rescue satellite aided tracking.*

¹² Centre situé au centre national d'études spatiales qui réceptionne les signaux de détresse détectés par satellite.

L'équipage est rapatrié sur la base d'Etain dans l'après-midi. Il est reçu par le médecin du régiment.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. 3^{ème} RHC

Le 3^{ème} régiment d'hélicoptères de combat est basé à Etain et est articulé en trois bataillons.

Deux bataillons d'hélicoptères de combat mettent en œuvre un ensemble homogène d'appareil :

- un bataillon d'hélicoptères de reconnaissance et d'attaque (BHRA) doté de Gazelle ;
- un bataillon d'hélicoptères de manœuvre et d'assaut (BHMA) doté de Puma.

Un bataillon d'appui aéromobile met en œuvre les moyens de logistique et d'environnement aéronautique.

Le chef de corps dispose à son niveau, entre autres, d'un bureau de prévention des risques aéronautiques.

1.17.2. 5^{ème} RHC

Le 5^{ème} régiment d'hélicoptères de combat est basé à Pau. Il fonctionne suivant une structure bataillonnaire.

Il met en œuvre des Gazelle, des Tigre, des Puma et des Cougar. Le BHMA du 5^{ème} RHC est constitué de deux escadrilles de Puma, d'une escadrille de Cougar et d'une escadrille de maintenance.

1.18. Renseignements complémentaires

L'exercice MURZUQ 2015 est préparé et conduit par le 3^{ème} RHC d'Etain. Il s'inscrit dans le cadre de la préparation à l'engagement opérationnel en prévision de la projection en opération extérieure pour l'opération BARKHANE.

Il se déroule en deux phases. La première (du 26 au 29 octobre) est constituée d'un entraînement sur simulateur tactique EDITH. La seconde (du 30 octobre au 10 novembre) est la partie restitution sur le terrain. Les 30 et 31 octobre sont réservés à l'intégration des équipages extérieurs au 3^{ème} RHC.

La disponibilité de la flotte COUGAR rénové du 5^{ème} RHC n'a pas permis de débiter l'exercice dès le 26 octobre. Ainsi, l'équipage et l'aéronef rejoignent le dispositif le jeudi 5 novembre.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

2. ANALYSE

L'évènement est un heurt de ligne en vol tactique.

L'analyse qui suit se décompose en deux parties. La première reconstitue le scénario de l'évènement à partir des témoignages et des restitutions GPS, la deuxième identifie les causes possibles de l'incident.

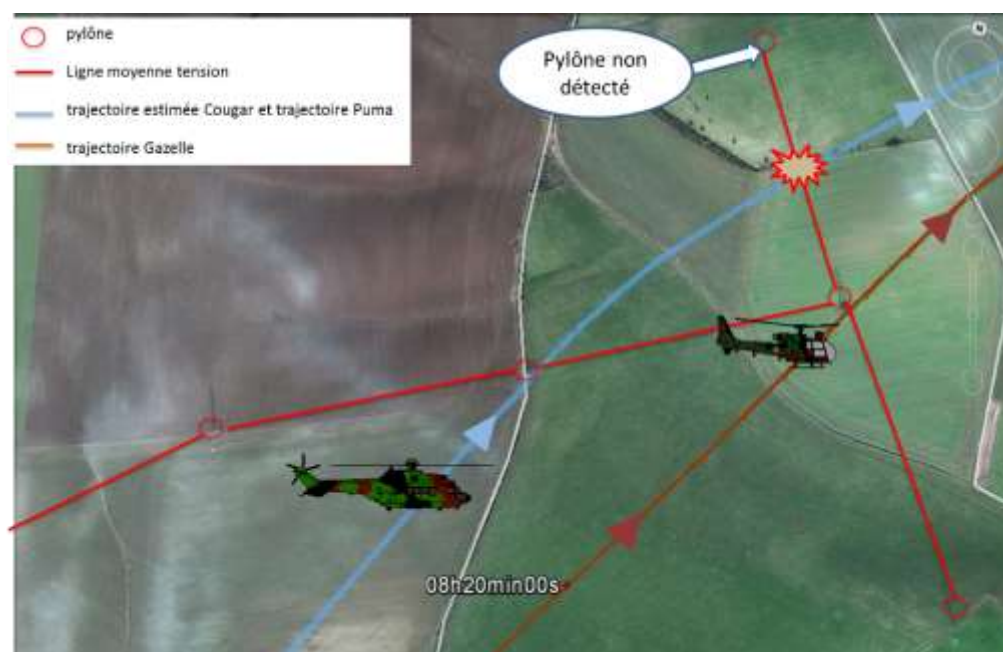
2.1. Scénario de l'évènement

Après le passage de la ligne d'engagement, la patrouille change de formation et passe en formation en serpent. Ce changement a été planifié et évoqué par le chef de la patrouille à l'occasion du briefing.

Conformément à ce qui est pratiqué au 5^{ème} RHC, le PF du Cougar se place dans le secteur 7h-8h de la Gazelle à une distance de 300-400 mètres. Le Puma évolue dans les 6h du Cougar à 300-400 mètres.

Alors que la patrouille évolue en vol tactique, le PCB est principalement occupé à assurer le contact radio avec les commandos. La surveillance visuelle des obstacles est principalement assurée par le PF et le MVAVT.

Huit secondes avant l'évènement, le Cougar franchit la ligne moyenne tension au-dessus d'un pylône et poursuit en maintenant la ligne main droite. Le secteur de surveillance du PF est alors principalement limité au secteur 12h-2h où se situent la Gazelle et la ligne électrique. Dans ce même secteur apparaît le renvoi de la ligne moyenne tension qui part vers le sud. Le soleil, présent dans le même secteur, limite les capacités de détection visuelle du PF. La surveillance limitée du secteur 10h-12h par le PCB ne permet pas à l'équipage de détecter un pylône situé dans le secteur 11h. La détection de ce pylône aurait pu alerter l'équipage sur la présence du renvoi nord.



Zone de l'évènement

A quelques mètres du renvoi nord de la ligne moyenne tension, l'équipage perçoit visuellement le câble supérieur. Le PF initie une manœuvre d'évitement.

Malgré cette manœuvre, l'appareil heurte la ligne moyenne tension. L'équipage sort le train d'atterrissage et utilise opportunément la caméra thermique afin de s'assurer de l'état de celui-ci avant d'effectuer un atterrissage de précaution.

2.2. Recherche des causes de l'incident

2.2.1. Causes techniques

L'appareil a été entretenu conformément au plan de maintenance. Aucun dysfonctionnement ni défaillance technique n'ont été constatés par l'équipage.

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

2.2.2. Causes environnementales

2.2.2.1. Présentation des lignes électriques sur les cartes

Les équipages témoignent avoir constaté de nombreuses incohérences entre les lignes électriques indiquées sur la carte au 1/100 000^{ème} et celles vues lors des vols de reconnaissance effectués avant les vols de nuit.

Les nombreuses lignes électriques relevées lors des vols précédents et les incohérences constatées sur les cartes ont pu inciter les équipages à effectuer une étude succincte de la navigation avant le vol (pas de relevé précis des obstacles rencontrés).

2.2.2.2. Balisage de la ligne

Le câble heurté n'est pas balisé. Il ne dispose pas de signalisation diurne (boules).

La réglementation n'impose pas, dans le cas présent, de dispositif de ce type. Toutefois, Réseau de Transport d'Electricité (RTE) a pris l'initiative de placer des boules de signalisation en amont du renvoi en « T » de la ligne électrique. En effet, dans certaines conditions de luminosité, la détection des câbles dans cette zone peut s'avérer difficile lors des inspections aériennes des lignes.

L'absence de signalisation et de balisage de la ligne électrique, alors que sa signature dans le paysage est faible, a contribué de manière certaine à l'évènement.

2.2.3. Causes relevant des facteurs humains et organisationnels

2.2.3.1. Conditions liées aux facteurs humains

Conscience de la situation

Au moment de l'évènement, le PF déclare surveiller les obstacles par des balayages visuels et suivre le leader. Chaque obstacle détecté est annoncé à voix haute. Avant l'incident le PF suit un câble électrique aboutissant à un pylône. De ce pylône, le câble est renvoyé dans deux directions opposées.

Le câble partant à droite est détecté. Aucune annonce n'est faite concernant le câble partant sur la gauche. Il n'est pas détecté par le PF qui ne s'attend pas à un double renvoi. De plus, aucun membre de l'équipage ne perçoit le pylône qui supporte le câble se dirigeant vers la gauche.

Suite à la détection d'un câble partant vers la droite et l'absence d'annonce du leader concernant un double renvoi, le PF a une conscience de la situation erronée. Il ne s'attendait pas à la présence d'un câble électrique sur sa trajectoire.

La conscience erronée de la situation du PF a certainement conduit à la détection tardive du câble électrique sur la trajectoire.

Barrières d'anticipation

Les barrières préventives permettant l'anticipation des obstacles en vol, telles que la préparation du vol et la répartition de la tâche de navigation, ont pu être défaillantes lors de ce vol, ce qui a contribué à retarder la détection du câble électrique présent sur la trajectoire.

Selon la pratique du 3^{ème} RHC, seul l'équipage n°1 effectue une reconnaissance du terrain et étudie la carte. Afin de compenser l'absence de connaissance des équipages n° 2 et 3, ces derniers doivent suivre la même trajectoire que l'équipage n° 1 qui annonce les obstacles détectés les plus dangereux.

Lors de la mission, l'équipage n° 2 ne suit pas la trajectoire de l'équipage n° 1 pour des raisons tactiques en lien avec les pratiques de son régiment d'origine. Il n'est alors plus protégé par le n° 1 et se retrouve face à des obstacles différents. L'équipage n° 2 n'ayant pas anticipé les obstacles avant le vol (étude rapide de la navigation), il se trouve dans une situation de gestion réactive à vue.

L'équipage n° 1 ne semble pas avoir conscience de cet écart au briefing. En effet, il décide de ne pas annoncer tous les obstacles perçus en raison de leur grand nombre dans le but de ne pas surcharger les échanges radio.

Du fait d'une différence de pratiques entre les deux régiments, l'équipage n° 2 a adopté une stratégie de vol différente de celle du n° 1. Cela a conduit à rendre inopérante la barrière de protection liée à l'anticipation des obstacles et prévue lors du briefing.

De plus, la détection des obstacles doit être assurée par les membres d'équipage mais également par le suivi de la carte par le PCB. Dans l'équipage n° 2, le PCB, occupé par la résolution d'un problème de liaison radio avec les commandos, ne suit pas la carte où sont matérialisés les câbles électriques et porte très ponctuellement son attention vers l'extérieur. Seul le MVAVT soutient le PF dans cette tâche mais l'ergonomie du cockpit ne lui permet pas une surveillance optimale de l'extérieur : pas de visibilité dans les 500 premiers mètres et obligation de se pencher pour voir sur les côtés.



Vue de la place du MVAVT

Ainsi le secteur avant gauche, où se situait le pylône qui aurait pu alerter sur la présence de la ligne, se retrouve être insuffisamment surveillé, le PCB (en place gauche) est occupé principalement à gérer les problèmes de radio et le PF (en place droite) tient sa place en surveillant son leader (secteur avant droit).

Au sein du cockpit, la barrière créée par la tâche de navigation habituellement effectuée par le PCB a également été défaillante puisque le PCB portait principalement son attention sur une tâche de résolution de problème de liaison radio.

L'inefficacité des mesures d'anticipation des obstacles a certainement conduit à la détection tardive du câble électrique sur la trajectoire.

Ressources attentionnelles

Au moment de l'évènement, le PF devait assurer au moins trois tâches visuelles et une tâche auditive simultanément :

- le maintien de sa place au sein de la patrouille dont la formation choisie (formation lâche) requiert peu d'attention ;
- la surveillance des obstacles dans l'espace aérien, qui nécessite de fortes ressources attentionnelles en raison du nombre important de volatiles dans cette partie du vol et de la faible expérience de vol du PF dans cette configuration ;
- la surveillance des obstacles au sol, qui requiert de larges ressources attentionnelles à cause de la densité de câbles électriques et de la faible expérience du pilote pour ce type de vol ;
- le suivi des problèmes de liaison radio rencontrés par le PCB, qui puise peu d'attention pour le PF.

Les tâches captant le plus de ressources attentionnelles sont celles liées à la détection visuelle des obstacles non anticipés avant le vol, dans un contexte de vitesse élevée qui laisse peu de temps de réaction.

De plus, le PF n'a pas le soutien habituel pour mener ces tâches de manière optimale, le PCB (préoccupé par les liaisons radio) ne suivant pas la carte où sont présentés les câbles électriques.

Dans le contexte de cette partie du vol, les ressources attentionnelles du PF n'ont pas permis de répondre de manière optimale aux exigences élevées de la situation, ce qui a conduit à la détection tardive du câble électrique sur la trajectoire.

Etat de vigilance de l'équipage

L'analyse des temps de sommeil et de repos des membres d'équipage lors des 5 derniers jours précédant l'évènement révèle que le vol s'est réalisé dans des conditions de dette majeure de sommeil pour le PCB (5h45 de déficit de sommeil) et le pilote (11h45 de déficit de sommeil) :

- nuit courte la veille (4h30) ;
- dette chronique de sommeil au cours de la semaine.

Lors du vol, les capacités du pilote et du PCB sont estimés à 88% et 90% (logiciel *Flyawake*).

L'état de vigilance de l'équipage était diminué par une dette de sommeil ayant dégradé ses capacités attentionnelles.

Capacité visuelle

Lors de l'évènement, les équipages témoignent d'une gêne visuelle due à l'éblouissement du soleil se situant face à eux dans le secteur de 2h. L'éblouissement peut conduire à une diminution temporaire de l'acuité visuelle et des contrastes.

De plus, les câbles électriques sont difficilement perceptibles de par leur très faible épaisseur, qui les rend très peu saillants. Aussi, la détection du câble a certainement été rendue encore plus difficile du fait de la diminution de l'acuité visuelle et des contrastes causée par l'éblouissement du soleil.

L'éblouissement par le soleil a contribué à la perception tardive du câble se situant sur la trajectoire de l'aéronef.

2.2.3.2. Conditions organisationnelles

Choix du terrain d'exercice

Le choix de la zone d'exercice pour cet entraînement particulier est lié à la fois aux capacités technologiques présentes (matériels de simulation de tirs sol-air) et à la faible urbanisation.

Le terrain semble adapté au vol tactique, caractérisé par une hauteur de vol située entre le sol et 50 mètres.

Cependant, les témoignages rapportent que ce terrain est vallonné et présente une forte densité de câbles électriques et de pylônes. L'étude du profil en long des supports électriques fourni par RTE montre que les deux pylônes qui soutiennent le câble impacté ont une hauteur de 35 mètres et 22 mètres.

La forte densité de câbles électriques (entre 20 et 35 mètres du sol), dans la zone choisie pour réaliser des vols tactiques, expose les équipages à un risque accru de collision avec un câble.

Expérience du pilote sur ce type de mission

La partie du vol tactique concernée est convenue lors du briefing pour une évolution à 15 mètres du sol et une vitesse adaptée au terrain (vitesse maximale de 130 kt). D'après les témoignages des membres de l'équipage, l'aéronef évoluait entre 15 et 25 mètres de hauteur à une vitesse de 100 kt.

La différence de hauteur entre celle convenue et celle rapportée reflète une stratégie du PF de garder une marge de manœuvre suffisante pour répondre à deux difficultés conjointes :

1/ la forte densité de câbles dans laquelle le PF n'est pas habitué à voler (ni à Pau, ni en opération extérieure) ;

2/ la faible expérience du PF sur Cougar.

Cette stratégie du PF lui permet de garder une marge de réaction pour manœuvrer l'hélicoptère s'il doit opérer une évolution brusque. En effet, bien que le Cougar et le Puma soient deux hélicoptères appartenant à la même famille, la manœuvrabilité et les réactions de l'hélicoptère sont différentes.

De plus, l'équipage rapporte avoir ressenti une pression de performance avec « obligation d'excellence », du fait de provenir d'un autre régiment et de voler sur un appareil de nouvelle génération. L'envergure de cet entraînement, auquel le PF participait pour la première fois, a créé chez lui une profonde motivation de réussite.

La faible expérience du PF sur ce type de configuration de terrain et sur ce type d'aéronef, dans un contexte d'obligation d'excellence, augmente le risque de heurt de câble.

Evolution en patrouille mixte

Le vol en patrouille mixte constitue un risque qui a déjà abouti à des accidents (rapport final d'enquête technique BEAD-air-T-2011-003-A). En effet, d'une unité à une autre, d'une nation à une autre, les pratiques peuvent différer : phraséologie, procédures, barrières de protection, culture de sécurité. Les basiques étant peu briefés, ce sont surtout sur ces différences de pratiques que les écarts existent.

Dans cet évènement, une différence de pratique concernait le choix de la trajectoire. Le respect de la trajectoire du leader permet de prévenir le risque de heurt d'obstacles. Cette procédure est pratiquée par le régiment d'appartenance du n° 1. Or, les retours d'expérience des opérations menées en Afghanistan ont révélé que les aéronefs suivant la trajectoire du n° 1 étaient plus facilement pris pour cible par les tirs ennemis. Le régiment d'origine du n° 2 a donc fait évoluer la pratique en privilégiant une trajectoire différente du n° 1, afin de prévenir le risque lié aux tirs ennemis.

Ces différences de pratiques n'ont pas été discutées au sein de la patrouille quant à la tâche de gestion des obstacles. Le n° 1 n'annonçait pas tous les obstacles afin de ne pas encombrer la radio tout en pensant que le n° 2 était protégé par le suivi de sa trajectoire. Le n° 2 suivait une trajectoire différente de celle du n° 1 en pensant être protégé par l'annonce des obstacles par le n° 1.

Une différence de pratiques entre régiments a été observée quant au choix de la trajectoire sans qu'aucun des membres de la patrouille n'en aient conscience. Cette différence a directement contribué à supprimer une barrière de protection pour l'équipage concerné par l'évènement.

Organisation des temps de repos et de vol

L'analyse des horaires de sommeil du PF durant l'exercice, lors des 5 jours précédant l'évènement, a montré qu'il avait accumulé une dette de sommeil importante. La dette de sommeil a un impact majeur sur les capacités attentionnelles et cognitives des individus. Elle a contribué au défaut de détection du pylône et du câble lors de cette activité très exigeante qui sollicite fortement les ressources attentionnelles du pilote.

Cette dette de sommeil a été aggravée par les deux nuits précédant l'évènement où le PF a dormi successivement 5h et 4h30. En effet, deux séances de simulation de vols en patrouille sur le simulateur EDITH ont été programmées le dimanche 08 novembre soir et le lundi matin afin de préparer les vols réels du lundi soir et du mardi matin.

L'enchaînement d'un vol de nuit suivi d'un vol programmé le matin ne permet pas aux membres d'équipage d'atteindre les 8 heures de sommeil préconisées pour une récupération optimale. L'état de vigilance est alors nettement dégradé.

L'accumulation et l'aggravation de la dette de sommeil du PF, dont les temps de sommeil sont ici très éloignés des minima recommandés par l'IRBA, a contribué à l'évènement.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

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

- La patrouille est constituée de trois types d'hélicoptères différents provenant de trois escadrilles différentes et deux régiments différents.
- Le dispositif effectue un vol tactique dans une zone inhabituelle à forte densité de lignes électriques et à concentration importante d'oiseaux.
- Les hélicoptères volent en formation en serpent, celle-ci est interprétée différemment par les trois équipages.
- Ils volent face au soleil.
- Le vol est le dernier de l'exercice MURZUQ 2015.
- L'activité de l'équipage Cougar a été particulièrement dense au cours des cinq derniers jours et a engendré une dette de sommeil significative.
- Le PF dispose d'une expérience limitée sur Cougar rénové.
- La ligne électrique est indiquée sur la carte au 1/100 000^{ème}, sa signature dans le paysage est particulièrement faible.
- La trajectoire de navigation n'a pas fait l'objet d'une étude précise mettant en valeur les différents obstacles susceptibles d'être rencontrés.
- La configuration particulière de la ligne électrique (double renvoi, absence de balisage sur la ligne heurtée) a engendré une conscience erronée de la situation.
- L'unique équipage du 5^{ème} RHC qui conduit l'unique Cougar rénové de l'exercice ressent une obligation de performance.
- Le PCB du Cougar a été particulièrement sollicité par des tentatives infructueuses de contact radio avec les commandos.
- L'équipage découvre le câble quelques mètres avant de le croiser.
- Le PF initie une manœuvre d'évitement par le haut avec une légère inclinaison à droite. Cette manœuvre n'empêche pas l'hélicoptère d'accrocher le câble supérieur de la ligne électrique au niveau du balconnet droit.

3.2. Causes de l'évènement

L'absence de détection de l'obstacle, à l'origine de l'évènement, résulte des éléments suivants :

- des conditions difficiles de détection de l'obstacle dans son environnement ;
- d'une différence de pratique entre les unités de l'ALAT quant au choix de la trajectoire ;
- d'une stratégie de prévention du risque perfectible :
 - dans l'organisation de l'exercice (choix des zones et gestion de l'activité des équipages, ratio équipage / machine insuffisant) ;
 - dans la préparation et la conduite du vol (étude de la navigation succincte, stratégie de compensation de l'absence de surveillance du PCB insuffisante) ;
- de la représentation culturelle de la fatigue au sein de l'armée de terre.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Alerter l'équipage

Cet évènement démontre une nouvelle fois que les conditions de vol (position du soleil, signature des obstacles dans leur environnement, météorologie) rendent parfois difficile la détection de certains obstacles.

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

l'ALAT, dans l'attente de la mise en place de systèmes de détection des obstacles fiables, d'utiliser les systèmes embarqués (cartographie embarquée via SITALAT) et la préparation de mission pour alerter l'équipage des obstacles rencontrés sur la navigation planifiée.

4.1.2. Définition des formations

La formation en serpent est interprétée différemment entre les régiments de l'ALAT. Elle a évolué notamment au sein du 5^{ème} RHC pour prendre en compte le retour d'expérience de l'engagement en Afghanistan. Ainsi, cette évolution amène les équipages à adopter une trajectoire différente de celle du leader. Dans ces conditions, ils ne bénéficient plus du travail d'évitement des obstacles effectué par le leader.

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

l'ALAT de définir précisément et de standardiser les différentes formations en précisant les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles (intérêt tactique, protection apportée par l'ouverture de la trajectoire par le leader).

4.1.3. Vol en patrouille mixte

Lorsqu'une patrouille est composée d'appareils différents ou d'appareils n'appartenant pas à la même unité, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à :

l'ALAT de rappeler l'importance d'un briefing détaillé incluant les savoir-faire basiques du vol lorsque qu'il s'agit de patrouilles mixtes afin d'anticiper les éventuelles différences de pratiques.

4.1.4. Fatigue et temps de sommeil

L'officier sécurité des vols intégré dans l'exercice a su intégrer un certain nombre d'éléments (gestion de la plateforme avec un nombre important d'aéronefs, météorologie, procédures...). La fatigue notamment a fait l'objet de sensibilisations auprès des équipages à l'occasion des briefings réguliers effectués lors de l'exercice. Cette démarche de sensibilisation doit être prolongée et appuyée par un cadre réglementaire et des outils d'aide à la décision disponibles pour le commandement et les équipages¹³.

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

l'ALAT de permettre aux autorités assumant la responsabilité de faire exécuter l'activité aérienne de disposer de références en matière de nombre d'heures de vol par période de 24h et de repos associé, différenciées selon le type de mission, et permettant donc de graduer le niveau de risques en fonction des enjeux.

4.1.5. Emploi du MVAVT

Le positionnement du MVAVT ne lui permet pas d'assurer une surveillance efficace de l'extérieur. Son placement en arrière et la présence du tableau de bord limitent largement son champ visuel et l'efficacité de sa recherche des obstacles. Il dispose d'une commande de la caméra thermique. Celle-ci est utilisée de nuit par les équipages. De jour la recherche visuelle est considérée comme plus efficace. Compte tenu des limites de la recherche visuelle du MVAVT et de l'aspect complémentaire de la recherche effectuée par caméra thermique (bande spectrale différente), le MVAVT pourrait mettre en œuvre celle-ci dans le but d'aider à la détection des obstacles.

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

l'ALAT d'étudier l'utilisation de la caméra thermique par le MVAVT pour la recherche d'obstacle de jour comme de nuit lors des vols tactiques. Afin de faciliter ce travail, l'utilisation d'un écran déporté par le MVAVT doit être recherchée.

4.1.6. Balisage de la ligne électrique

La ligne heurtée a été détectée tardivement. Elle n'était pas balisée. Le tronçon de ligne électrique encadré par les pylônes situés aux coordonnées *N 48°52'39" E 006°37'54"* et *N 48°52'29" E 006°38'01"*, directement impliqué dans l'évènement, constitue un danger avéré pour la circulation aérienne.

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

la DSAE, d'entreprendre les démarches nécessaires auprès de RTE pour que le tronçon de ligne impliqué soit doté d'un dispositif de signalisation.

¹³ Audit réalisé par l'IRBA en 2008 auprès du détachement Tigre en Afghanistan (extrait en annexe 2).

4.1.7. Gestion du risque

L'équipage évolue face au soleil, dans une zone comportant de nombreux obstacles, dans un environnement tactique dense, avec une contrainte de contact radio. Le PCB, dont les ressources attentionnelles sont en partie prises pour établir le contact radio, annonce au reste de l'équipage qu'il travaille en cabine (surveillance de l'extérieur fortement diminuée). Cette annonce n'a pas été suivie d'une véritable stratégie de compensation du manque de surveillance de la partie gauche de l'appareil (si ce n'est une attention accrue du PF et du MVAVT).

L'IM 3400 (instruction ministérielle relative à l'exécution des vols des aéronefs exploités par l'armée de terre) précise pour le vol tactique de nuit que si un appareil ne dispose pas de dispositif de vision nocturne, il peut effectuer une telle mission à condition d'être en patrouille et d'adopter la même trajectoire que son leader qui, lui, doit disposer d'un dispositif de vision nocturne. Ce cas particulier est un exemple d'adaptation et de gestion du risque. Pour l'événement présent, l'équipage, privé d'une partie importante de sa surveillance extérieure, aurait pu adapter une stratégie similaire et venir s'appuyer sur la trajectoire de son leader.

Le canevas PAB/TODAF¹⁴ mis en place en 2006 dans l'ALAT permet de préparer une action en prenant en compte un environnement modifié. Il est utilisé dans le cadre de la préparation et du déroulement de la mission aérienne et permet de mettre en place les mesures adaptées à l'évolution de l'environnement.

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

l'ALAT, de sensibiliser ses équipages à la prise en compte de tout changement de l'environnement dans sa méthode de travail (en s'appuyant sur le canevas PAB/TODAF).

4.1.8. Evitement réflexe d'un obstacle détecté tardivement

Le PF témoigne avoir pris en compte le retour d'expérience de l'accident du Cougar du Verdon (enquête de sécurité BEAD-air C-2012-012-A) dans sa manœuvre d'évitement de la ligne moyenne tension. En effet, après avoir initié une manœuvre à cabrer, il remet immédiatement son appareil à plat afin d'éviter d'exposer le RAC au câble. Une manœuvre à cabrer exécutée tardivement risque d'augmenter le risque de heurt du fait de l'augmentation de surface exposée. Le rapport d'enquête de sécurité BEAD-air C-2012-012-A rappelait qu'à faible vitesse, un évitement d'obstacle au pas général (PG) est plus efficace qu'une action à cabrer au pas cyclique (montée plus rapide, moindre surface exposée).

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

tous les exploitants d'Etat mettant en œuvre des hélicoptères de rappeler, en s'appuyant sur cet événement et sur celui du rapport d'enquête de sécurité BEAD-air C-2012-012-A, la procédure d'évitement d'obstacles effectuée en urgence (évitement au PG à faible vitesse). Cette procédure pourra faire l'objet d'un rappel systématique lors du briefing préparatoire des vols à très basse altitude.

¹⁴ Méthode de préparation des actions et d'adaptation issue du MANEX ALAT.

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

4.2.1. Moyens de restitution

L'absence d'enregistreur de paramètres et de voix est particulièrement préjudiciable à l'analyse de l'évènement. Les progrès technologiques permettent aujourd'hui d'envisager à des coûts particulièrement raisonnables l'implantation de systèmes permettant de filmer et d'enregistrer le vol depuis la cabine (vidéo et audio). L'utilisation de ce type de moyen s'avère particulièrement justifiée sur des flottes comme celle du Cougar appelées à équiper les régiments pour de longues années.

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

la DGA d'étudier l'équipement des flottes d'aéronefs appelées à servir encore de longues années, de moyens de restitution des données de vol et des enregistrements audio.

4.2.2. Simulation

Lors de la répétition du vol effectuée sur le simulateur tactique EDITH, le contact radio a été facilement établi avec les commandos. En effet, ce simulateur ne restitue pas les contingences de portée radio. Ainsi, le jour du vol, l'équipage a pu vouloir tenter d'établir le contact radio trop tôt alors qu'il était manifestement hors de portée.

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

l'ALAT de sensibiliser ses équipages sur les limites de la simulation EDITH dans le domaine des liaisons radio.

4.2.3. Informations présentées sur les cartes au 1/100 000^{ème}

Les équipages témoignent de différences entre le positionnement de certaines lignes électriques indiquées sur la carte au 1/100 000^{ème} et la réalité de leur positionnement dans la zone utilisée lors de l'exercice.

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

RTE de s'assurer de la transmission d'informations à jour vers l'Institut Géographique National (IGN).

4.2.4. Procédure de remontée des écarts sur les cartes

Une note de l'IGN située sur les cartes aux 1/100 000^{ème} demande aux usagers de signaler toutes corrections sur la carte.

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

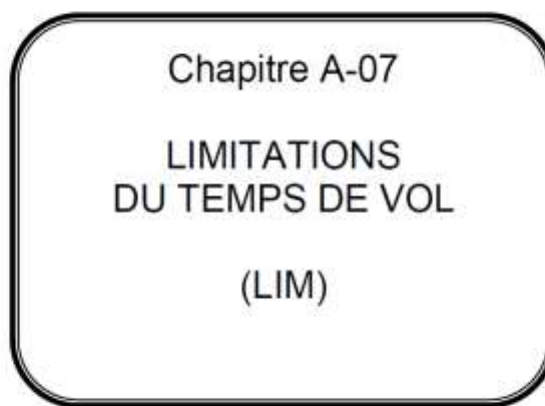
l'ALAT de rappeler aux équipages de rendre compte des incohérences à l'IGN (conformément aux indications écrites sur les cartes).

ANNEXES

ANNEXE 1 MANEX ALAT – Limitations du temps de vol	36
ANNEXE 2 Extrait de l'étude de la charge de travail et de la somnolence ressenties par les équipages d'hélicoptères engagés en Afghanistan (IRBA)	44

ANNEXE 1
MANEX ALAT – Limitations du temps de vol

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.00.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 1 / 2
		REV 0 29/05/2012



	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.00.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 2 / 2
		REV 0 29/05/2012

PAGE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.00.01
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 1 / 2
	Sommaire	REV 0 29/05/2012

A-07.00.01 Sommaire

Ce chapitre a pour but de sensibiliser le commandement et les équipages sur l'état de fatigue lié à la pratique du vol. _____ 1

1. Définitions _____ 1
2. Surveillance de l'état de fatigue. _____ 1
3. Cadence maximale recommandée des vols : STANAG 3527 : _____ 2
4. Cas des avions de l'escadrille d'avions de l'armée de Terre : _____ 3

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.00.01
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 2 / 2
	Sommaire	REV 0 29/05/2012

PAGE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.01.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 1 / 4
	Limitations du temps de vol	REV 0 29/05/2012

A-07.01.00 Limitations de temps de vol

Ce chapitre a pour but de sensibiliser le commandement et les équipages sur l'état de fatigue lié à la pratique du vol.

Il s'agit de **recommandations** qui en situation de paix, peuvent être appliquées.

En opérations réelles, il appartient au commandement opérationnel d'appliquer les règles qui y sont définies ou d'y déroger en fonction du contexte opérationnel et de l'enjeu de la mission.

1. Définitions

Temps de vol : Total du temps décompté depuis le moment où l'aéronef commence à se déplacer en vue du décollage jusqu'au moment où il s'immobilise en dernier lieu à la fin du vol.

Dans tous les cas, le décompte des heures de vol relève exclusivement des tâches dévolues au commandant de bord.

Unités de vol

- « J » : nombre d'heures de vol accomplies de jour ;
- « N » : nombre d'heures de vol accomplies pendant la nuit aéronautique.

Amplitude journalière : C'est le temps passé en attente de vol, en vol ou en escale technique depuis la prise de service jusqu'au dernier atterrissage majoré d'une heure.

Escale technique : Il s'agit de la période entre deux vols pendant laquelle un équipage demeure, sans repos, dans l'enceinte d'un aérodrome extérieur pour des raisons techniques, opérationnelles, administratives ou météorologiques ainsi que lors des missions de contrôle.

2. Surveillance de l'état de fatigue.

Toute activité liée à la mise en œuvre des aéronefs nécessite que le personnel concerné soit dans un état physique et psychique optimal par rapport au contexte d'exécution des vols (instruction, entraînement, manœuvres, opérations) et à sa pénibilité (chaleur, nuit, répétition, stress...).

La détermination de l'état physique et psychologique précédant l'exécution du vol constitue le facteur essentiel à prendre en compte.


Il est de la responsabilité de chaque personnel de veiller à demeurer dans une bonne condition physique et psychologique. Il lui appartient de rendre compte de toute difficulté dans ces domaines.

Par ailleurs, chaque échelon du commandement, et plus particulièrement le commandant d'unité, le commandant de bataillon, l'officier de sécurité des vols, le médecin de site et le chef de corps qui en est le garant en dernier ressort, doit surveiller et **apprécier l'état de fatigue du personnel placé sous son autorité.**

La constatation d'un état de fatigue trop important impose la présentation du personnel concerné devant le médecin.

STANAG 3527

Un accord de normalisation OTAN (STANAG) ratifié par la France, a fixé des nombres d'heures de vols maximales par catégories d'aéronefs (mono ou multi-pilotes, pressurisés ou non etc.) et le principe des périodes de repos obligatoires des personnels navigants. Ces valeurs maximales d'activité constituent des limites raisonnables à ne pas dépasser.

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.01.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 2 / 4
	Limitations du temps de vol	REV 0 29/05/2012

3. Cadence maximale recommandée des vols : STANAG 3527 :

Textes anglais /français agréés
STANAG 3527 (Edition 3) *

ACCORD DE NORMALISATION OTAN (STANAG)

GESTION DE LA FATIGUE DES EQUIPAGES

Document de référence :
STANAG 3474 AMD. RESTRICTION TEMPORAIRE DE VOL DANS LE CAS DE PERTURBATION PHYSIOLOGIQUES EXOGENES.

BUT

1. Le présent accord a pour but des donner des orientations sur le nombre maximum d'heures de vol admissible et d'indiquer les mesures qu'il convient de prévoir pour que les équipages des aéronefs bénéficient de période de repos obligatoire, compte tenu des aspects liés à l'accomplissement de missions et d'opérations spéciales.

ACCORD

2. Les pays participants sont convenus que les dispositions détaillées ci-après seront appliquées par les forces concernées pour satisfaire au besoin minimums de régulation des activités de vol.

GENERALITES

3. Les pays participants conviennent de fixer le nombre maximal d'heures de vol et les périodes de repos obligatoire des équipages par rapport à toute activité de vol, compte tenu des principes suivants :

- a. Une activité de vol doit être suivie d'une période de repos obligatoire avant la reprise d'une autre activité de vol.
- b. Il est souhaitable d'imposer une période de repos supplémentaire lorsque le médecin de l'air signale des symptômes manifestes d'une fatigue due aux opérations
- c. Il est souhaitable de limiter le nombre d'heures de vol cumulées sur une base mensuelle trimestrielle et annuelle.
- d. Les performances humaines doivent être préservées pendant les missions spéciales et les opérations prolongées et les effets de la fatigue doivent être réduits au minimum. La gestion du sommeil et de la vigilance est une question importante à laquelle il faut prêter attention dans le cadre de l'assistance médicale fournie 24h sur 24 pour assurer une perception de la situation ;

4. Pour la mise en application de ces dispositions, on tiendra compte des facteurs suivants :

- a. Heures de vol.
- b. Activités au sol se rapportant au vol (instruction, briefings, entraînements sur simulateur, etc.).
- c. Toute mission supplémentaire.
- d. Conditions du climat et du milieu dans la zone d'opérations ;
- e. Type et durée de l'activité de vol (par exemple, vol trans-méridien, instruction, entraînement complémentaire, acrobatie, etc.).
- f. Type d'aéronef (pour la charge de travail et les efforts demandés à chacun des membres d'équipage).
- g. Caractéristiques de l'aéronef (vitesse facteur de charge g, plafond, pressurisation, point particuliers, etc.).
- h. Situation personnelle e familiale de chaque membre d'équipage.

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.01.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 3 / 4
	Limitations du temps de vol	REV 0 29/05/2012

MODALITE DE L'ACCORD

5. Limitation des heures de vol. Les périodes d'activités devraient être suivies de périodes de repos obligatoire. A cause de la grande variété des aéronefs, missions et /ou compositions des équipages, la limitation des heures de vol quotidiennes ne sera pas traitée dans le présent STANAG, mais demeurera une responsabilité nationale. Cependant, sur une période allant de un à douze mois, le nombre maximum d'heures de vol ne devrait pas dépasser les chiffres indiqués dans le tableau ci-dessous.

Heures de vol	Type d'aéronef		
	Un seul pilote	Plusieurs pilotes (sans pressurisation)	Plusieurs pilotes (avec pressurisation)
Par mois	90	125	150
Par trimestre	240	330	400
Par an	850	1200	1400

6. Période de repos. Des périodes de repos devraient être prévues après les activités de vol ou se rapport au vol énumérées au paragraphe 4a à 4c. La durée des périodes de repos devrait être fixée en partie en fonction de l'activité de vol ou se rapportant au vol antérieure ainsi que l'activité qu'il est prévu de mener après la période de repos en question. Les périodes de repos peuvent être interrompues ou prolongées dans les cas particuliers. Des calendriers de service /de repos et des programmes de gestion de la fatigue devraient être établis par les commandants conformément aux réglementations nationales.

7. Orientation aéromédicales. En sus des dispositions ci-dessus, une période de repos devrait être recommandée par le médecin de l'air et/ou ordonnée par l'officier chargé du commandement opérationnel, pour un équipage montrant tout signe de fatigue due au vol. Ces équipages devraient bénéficier de soins particuliers, conformément au règlement et politiques des pays. Pendant la période de repos ; l'idéal serait que l'équipage :

- soit éloigné du terrain d'aviation pour un environnement approprié et confortable ;
- soit contrôlé par un personnel médical ;
- fasse de nouveau l'objet d'une évaluation par le médecin de l'air et/ou l'officier chargé du commandement opérationnel avant de reprendre les vols.

8. Des agents pharmacologiques peuvent être utilisés pendant les opérations prolongées pour préserver les performances et réduire au minimum les effets de la fatigue. L'utilisation de tels agents doit être surveillée avec soin par les médecins de l'air conformément à la législation, aux réglementations et aux procédures nationales.

MISE EN APPLICATION DE L'ACCORD

Le présent STANAG est mis en applications que les ordres et instructions nécessaires ont été transmis aux forces concernées pour mettre en vigueur les stipulations qui y sont énoncées.

4. Cas des avions de l'escadrille d'avions de l'armée de Terre :

L'escadrille avions de l'armée de terre (EAAT) est une unité soumise à un emploi opérationnel intense avec des elongations horaires conséquentes.

Cet emploi nécessite la mise en place de règles de vie courante et une organisation particulière visant à permettre l'exécution en sécurité des missions de transport d'autorités et l'optimisation du taux d'emploi des avions et des équipages tout en garantissant :

- le maintien d'un niveau de compétence optimal des équipages ;
- la préparation rigoureuse des missions ;
- un temps de récupération des équipages après vol.

A cet effet, l'escadrille adopte un régime d'alerte et d'astreinte basée sur :

- la notion de temps de vol important : plus de 7 heures de vol par jour ;
- la notion de grande amplitude : plus de 10 heures ;
- la notion d'amplitude d'engagement : période débutant à l'heure du premier décollage au départ de la mission, et se terminant à l'heure du dernier atterrissage de la journée.

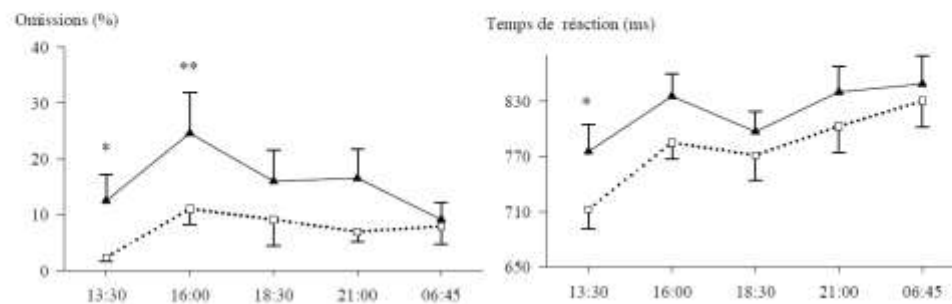
L'organisation et le régime d'alerte, d'astreinte et de repos font l'objet d'un document spécifique sous timbre du chef d'état-major du COMALAT, commandant organique fonctionnel de l'unité.

	MANEX ALAT – PARTIE A	LIM A.07.01.00
	CHAPITRE 07– LIMITATIONS DU TEMPS DE VOL	Page 4 / 4
	Limitations du temps de vol	REV 0 29/05/2012

ANNEXE 2**Extrait de l'étude de la charge de travail et de la somnolence ressenties par les équipages d'hélicoptères engagés en Afghanistan (IRBA)***IV.2. Facteurs d'augmentation de la somnolence*

Nous avons observé des situations favorisant l'apparition d'une hypersomnolence ressentie à la fin du vol : à partir du 3^{ème} vol de la journée, au-delà de 3 heures de vol pendant la journée et lorsque l'intervalle de temps entre deux vol est inférieur à 3 heures. L'enchaînement de missions successives, au cours d'une même journée, est l'une des caractéristiques des activités aéronautiques des hélicoptères engagés en opérations extérieures (à la différence des missions des personnels navigants armant les avions d'arme). Le seuil de trois heures entre deux vols observé dans cette étude pourrait être rapproché des résultats obtenus dans notre laboratoire (Figure 7). En effet, nous avons observé que le temps nécessaire à la récupération de la vigilance, dégradée par un vol complexe de plus de 3 heures sur avion monomoteur était supérieur à 2 heures 30.

Figure 6 : Evolution de performance à un test de vigilance (test de Mackworth) avant (■) et après (□) un vol de 3 h 30 (10 h à 13h30), en avion monomoteur * différence entre les valeurs observées à la même heure *p<0,05, **p<0,01 (d'après Sauvet et al. 2009).



Des études épidémiologiques menées aux Etats-Unis ont montré que les pilotes civils associent souvent la fatigue ressentie à la charge de travail et aux perturbations du rythme veille sommeil. En 1974 et 1993, dans des travaux réalisés par des équipes françaises, les principaux facteurs de fatigue chez des pilotes longs et moyens courriers associaient les décalages horaires et les vols successifs (Bourgeois-Bougrine et al. 2003, François et al. 2007). 25% des accidents dans l'US Air Force ont été attribués à la fatigue des pilotes (Caldwell et al. 2009). Les pilotes d'hélicoptères rapportent également que la dette de sommeil ou la mauvaise qualité du sommeil altère leur vigilance au travail, et comme leurs collègues civils, ils indiquent que la fatigue est en général un problème majeur en mission (Caldwell et Gilreath 2001; Caldwell et al. 2009).

Cependant, dans notre travail, le risque d'apparition d'une hypersomnolence en fin de vol est beaucoup plus grand lorsque le rythme veille /sommeil est altéré. Ces résultats confirment de récents travaux menés dans le transport automobile qui ont mis en évidence que le principal facteur de somnolence n'était pas lié à la durée de conduite mais aux perturbations du rythme veille/sommeil et à l'heure de la journée (Philip et al. 2005 ; Valent et al. 2010). De nombreux travaux ont mis en évidence que la privation de sommeil diminue le temps de réaction, les performances mentales et augmente le nombre d'erreurs (Pikker et Huffcutt 1996) et ce, dès deux heures de privation de sommeil (Belenky et Bissel 1994). Rappelons que le score KSS utilisé dans notre travail est corrélé avec la performance (absence d'erreur) lors de la conduite automobile (Philip 2005).

La somnolence définit une difficulté à rester éveillé (Dement et al. 1982). Les modèles de régulation du sommeil permettent de définir des périodes physiologiques de propension au sommeil, en début d'après-midi (« creux post-prandial ») et en fin de journée. La probabilité de s'endormir à un moment donné est la résultante de 2 pressions : la pression de sommeil qui dépend de facteurs

homéostatiques et du facteur circadien, et la pression de veille dépendant de stimuli internes (motivations, stimuli psychophysiologiques et d'éveil) et externes (environnement) (Dement et al. 1982). La somnolence diminue avec la prise de sommeil mais pas après le repos (Philip et al. 2005). En pratique, fatigue et somnolence coexistent lors d'activités de conduite prolongée ou après privation de sommeil (Philip et al. 2005).

Le seul traitement efficace de la somnolence est un sommeil proportionné (Caldwell et al. 2009). Cependant, cela n'est pas toujours possible et des contre-mesures ont été décrites pour contrer les effets des perturbations du rythme veille/sommeil en opération. La première mesure naturelle est de faire une sieste tout en sachant que la période d'inertie qui suit toute sieste doit être prise en compte (Rapport OTAN (RTO EN-016 / HFM-064). D'autre part, une alimentation riche en glucose et lipides facilite la somnolence et réciproquement. Des repas légers avec une forte teneur en protéines contribuent à maintenir la vigilance (Chennaoui et Gomez 2007). L'exercice physique, lorsqu'il est pratiqué de façon régulière et plus de deux heures avant le coucher, favorise l'endormissement (diminution de la latence d'endormissement), diminue les périodes d'éveil nocturnes et favorise le sommeil profond. Même si cela n'est pas toujours facile à mettre en œuvre en opération, la pratique d'activités physiques régulières doit être favorisée (Davenne 2006 ; Youngstedt et al. 2002).

Les approches pharmacologiques sont rendues complexes par le fait que les effets des médicaments varient d'un individu à l'autre et peuvent être modifiés par le stress, la chaleur ou le froid... Le recours aux aides pharmacologiques doit donc être limité au maximum, en prenant bien en compte l'incidence des effets secondaires sur les performances (Rapport OTAN RTO EN-016 / HFM-064, IM 744, Pierard et Beaumont 2003). Une instruction ministérielle gère le cadre d'emploi des substances éveillantes dans les armées (IM 744) et une unité du département Environnement Opérationnels de l'IRBA mène des travaux d'évaluation des nouvelles molécules éveillantes qui seront prochainement mises sur le marché.

La formation des personnels est nécessaire (Rapport OTAN RTO EN-016 / HFM-064) pour empêcher la survenue de périodes d'hypersomnolence. Ainsi, il est actuellement recommandé par l'OTAN que les personnels navigants reçoivent une connaissance approfondie de la physiologie des cycles éveil/sommeil mais aussi de leurs capacités physiologiques et du bénéfice des contre-mesures (siestes, alimentation...). Un CR-ROM de formation (CYCLOPS) a été récemment édité pour les personnels navigants de l'armée de l'air afin de les aider dans la gestion au quotidien des perturbations du rythme veille/sommeil. Ce CD-ROM pourrait être adapté à l'ALAT. Enfin, un guide pratique portant sur la « gestion du rythme veille/sommeil en OPEX » a été publié par l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) afin d'aider les médecins d'unité à conseiller le commandement (Coste et al. 2009).

Un groupe de travail de l'Association Aéronautique Américaine a publié récemment des recommandations concernant la gestion de la fatigue des personnels navigants et a présenté de façon très formelle les positions suivantes (Caldwell et al. 2009) :

- la somnolence est un phénomène physiologique qui ne peut pas être enrayé par la motivation, l'entraînement et le travail,
- l'évaluation individuelle de l'état de fatigue est actuellement impossible,
- il existe une très grande différence inter-individuelle dans les états de fatigue,
- il n'existe pas de pilule magique pour lutter contre la fatigue,
- il existe des stratégies de contre-mesures qui peuvent améliorer la sécurité et la performance si elles sont correctement appliquées.

Le monde de l'aéronautique a depuis longtemps compris l'intérêt de recueillir les dysfonctionnements, de les analyser et de les exploiter. Le NTSB (*National Transport Safety Board, USA, Aviation fatigue management system recommendations, 2009, in Caldwell et al. 2009*) recommande pour sa part:

- de développer une politique de management du risque fatigue,
- de formaliser un programme de formation et d'entraînement à la gestion de la fatigue,
- d'évaluer en permanence par des moyens scientifiques validés la gestion de la fatigue et la pertinence des programmes de prévention,
- de développer une procédure d'investigation et d'enregistrement des scénarii d'accidents dans lesquels la fatigue est impliquée.

En pratique, nous pouvons également émettre les recommandations suivantes concernant la pratique médicale :

- renforcer la détection lors des visites médicales systématiques des troubles du sommeil, à l'aide de questionnaires scientifiquement validés et de consultations de médecine du sommeil en milieu spécialisé.
- augmenter la formation des médecins diplômés en médecine aéronautique,
- former les personnels navigants à cette problématique et les motiver pour préserver leur sommeil. Enseigner à ces personnels les principales sources de perturbation du sommeil (télévision, internet, gestion des substances éveillantes...).
- évaluer la qualité du sommeil chez les personnels en opération extérieure (température ambiante, niveau de bruit, enregistrement nocturnes). Une mission innovation a récemment été financée par la Direction Générale de l'Armement afin de créer un « Kit d'évaluation sur le terrain de données électrophysiologiques » (projet innovation 10-

050S). Ce kit devrait permettre à des médecins d'unité de réaliser en opérations des enregistrements du sommeil et de les transmettre en métropole pour analyse.

IV. 3. Régulation des activités aéronautiques

Les durées moyennes des missions, le nombre moyen de vols par semaine et le rythme des vols (très irrégulier au cours de la mission) semblent identiques à ce qui a été vécu au cours des missions précédentes. Par contre, la proportion des vols de nuit pour les Gazelle semble avoir fortement diminué (*Retex missions 2009 : 60 - 70% de vols de nuit sur gazelle contre 40% pour la période étudiée*) avec une modification du rôle opérationnel des hélicoptères Gazelle qui effectuaient précédemment des missions d'observation nocturnes et qui depuis l'arrivée des hélicoptères Tigre ont été intégrées dans des patrouilles mixtes Tigre-Gazelle avec des missions d'appui-feu au profit des troupes au sol. En pratique, le fait que la proportion de vols de nuit pour les Gazelle ait diminué semble être un point important pour la sécurité et un facteur important de diminution de la fatigue ressentie par les équipages d'hélicoptères Gazelle.

Au cours de notre étude nous avons pu identifier 3 types de régulation des activités aéronautiques sur le terrain :

- **régulation « mécanique »** : liée au potentiel « mécanique » des appareils, qui limite l'utilisation des appareils à environ 30 heures de vol par semaine et impose l'immobilisation des appareils pour des périodes de maintenance techniques régulières. Le potentiel hebdomadaire d'heures de vol est probablement le plus puissant régulateur de l'activité aéronautique en mission. En prévision des opérations, nous avons pu observer une diminution de l'activité aéronautique afin de conserver des heures de vol.
- **principe « deux jours d'alerte et 1 jour de mission programmée »**. En dehors de tout cadre réglementaire, ce principe utilisé par le commandement a permis d'assurer une vraie nuit de sommeil tous les 3 jours. Ce principe pris en compte dans la désignation des équipages a pu être appliqué pour plus de 90% des jours de mission sans gêner l'activité opérationnelle.
- **prise en compte du facteur humain** et de la fatigue ressentie par les équipages par la chaîne de commandement pour la désignation des équipages et la programmation des missions.

Néanmoins, notre étude permet de proposer un principe simple pour évaluer l'impact des activités aéronautiques sur la fatigue des équipages, basé sur le recueil des activités aéronautiques et la classification des vols selon le risque d'apparition d'une hypersomnolence ressentie en fin de vol.

Cette classification est basée sur l'évaluation des perturbations du rythme veille - sommeil et sur des seuils pour lesquels la charge de travail est significativement augmentée avec un principe simple dit « principe des 3 ». Notons ici que mis à part l'évaluation subjective de la qualité du sommeil, l'ensemble des paramètres peut être recueilli uniquement en analysant le registre des activités aéronautiques.

Facteurs de risques d'hypersomnolence en fin de vol identifiés dans ce travail :

- « Principe des 3 » : augmentation de la charge de travail :

- plus 3 heures de vol par 24 heures,
- plus de 3 vols par 24 heures,
- intervalle entre deux vols < 3 heures.

- Altérations du rythme veille sommeil

- décollage avant 7 heures,
- temps au lit < 6 heures,
- mauvaise qualité du sommeil.

Nous pouvons ainsi proposer la mise en place d'un recueil automatique des activités aéronautiques et une classification des missions selon le risque d'apparition d'une hypersomnolence ;

- Niveau 1 (risque faible) : aucun facteur de risque d'hypersomnolence,
- Niveau 2 (risque modéré) : au moins 1 facteur de risque,
- Niveau 3 (risque fort) : au moins 2 facteurs de risque

Cette classification pourrait être une aide pour le commandement pour réguler l'activité aéronautique sur le théâtre et discuter l'envoi éventuel d'un équipage ou d'un appareil supplémentaire. Pour les équipages, cette classification permet la mise en place de contre-mesures permettant de lutter contre la somnolence en vol :

- **Absence de vol ou mission avec un risque Niveau 1** : assurer un socle (réserve de sommeil, alimentation équilibrée, activité physique...).
- **Missions avec un risque Niveau 2** : mise en place de stratégies opérationnelles actives (micro siestes, stratégies nutritionnelles...). Un guide pratique « gestion du cycle veille – sommeil en opération » a récemment été édité par le Service de Santé des Armées à l'attention des médecins d'unité. Le logiciel CYCLOPS créé pour l'armée de l'air pourrait être adapté à l'ALAT pour aider à la formations des personnels.
- **Missions avec un risque Niveau 3** : mesures Niveau 2 associées à une conscience par les pilotes et CDG de l'état « mode dégradé » de la mission, augmentation des communications cockpits pour maintenir la vigilance et renforcement des contrôles croisés.

Ce type de classification existe déjà dans d'autres armées mais, force est de constater qu'il n'a jamais été proposé de principe d'évaluation des activités aéronautiques pour les pilotes d'hélicoptères de combat. Par exemple, en situation intensive, l'US NAVY recommande pour les pilotes seuls à bord de leur appareil, de ne pas dépasser 6.5 heures de vol par jour, ne pas effectuer plus de 3 vols par jours et plus de 30 heures de vol par semaine (Caldwell et al. 2009). Dans l'US Air Force, les limites sont de 10 heures de vol par jour en situation intensive et 57 heures par semaine. Ces durées de vol recommandées sont supérieures à celles décrites dans notre travail. Une évaluation plus objective et sur un nombre plus important de personnels est souhaitable pour augmenter la pertinence des recommandations applicables aux pilotes et CDB d'hélicoptères de combat en opération. De plus, la particularité des équipages d'hélicoptères français est d'être projetée en opération avec un ratio de un équipage par hélicoptère ce qui n'est pas le cas pour les équipages anglais ou américains (2 équipages par appareils environ). Ce ratio équipage/appareil plus faible pourrait être une source de fatigue plus importante. Les algorithmes actuellement développés pour optimiser le management opérationnel des personnels et des équipages dans le milieu aéronautique civil (par exemple le SAFE, System for Aircrew Fatigue Evaluation) ou militaire (SAFTE : Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness ; Caldwell et al. 2009 ; Hurash et al. 2004) ne sont pas ou peu applicables aux hélicoptères dont les principales caractéristiques d'emploi en mission sont la réactivité, la polyvalence et d'être très dépendants de la situation opérationnel ce qui entraîne des rythme d'activité extrêmement variés.

Bien évidemment, il ne s'agit pas ici de proposer des règles d'emploi ou de limiter l'emploi des hélicoptères. Cependant, ce type de recueil est un outil pertinent pour le commandement dans la gestion des équipages au cours de la mission, par exemple pour la programmation des missions non urgentes qui peuvent parfois être décalées. La fréquence des vols à haut risque d'apparition d'une hypersomnolence pourrait également être un indicateur pertinent pour la désignation du nombre d'équipages à projeter en opération. Pour les équipages eux-mêmes, ce type de recueil permet une classification des activités aéronautiques fonction du risque d'apparition d'une hypersomnolence qui permet la mise en œuvre de recommandations opérationnelles, applicables sur le théâtre. Bien évidemment, ces recommandations destinées à accroître les performances opérationnelles doivent être apprises et les personnels doivent s'entraîner à les appliquer.