



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT

D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air T-2016-004-A

Date de l'évènement	9 février 2016
Lieu	Madama (Niger)
Type d'appareil	SA 342 M1 - Gazelle Viviane
Immatriculation	F-MGCH - n° 4172
Organisme	armée de terre
Unité	1^{er} régiment d'hélicoptères de combat

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 nigériennes.

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 : 12, 13, 14, 15 et 24 : BEAD-air

Illustrations :

- Pages 7, 14 et 20: BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Dommages corporels	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	12
1.9. Télécommunications	12
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	12
1.11. Enregistreurs de bord	12
1.12. Renseignements sur la zone de l'accident et sur l'appareil	12
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	16
1.14. Incendie	16
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	16
1.16. Essais et recherches	16
1.17. Renseignements sur les organismes	17
1.18. Renseignements supplémentaires	17
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	17
2. Analyse	19
2.1. Expertises	19
2.2. Séquence de l'évènement	20
2.3. Recherche des causes de l'accident	21
3. Conclusion	27
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	27
3.2. Causes de l'évènement	27
4. Recommandations de sécurité	29
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	29
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	30
ANNEXES	31
ANNEXE 1 FME NADIR 648 RECTO	32
ANNEXE 2 FME NADIR 648 VERSO	33
ANNEXE 3 FME NADIR 434	34

GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
CEMPN	centre d'expertises médicales du personnel navigant
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EPSA	entraîneur de pilotage et de système d'armes
FME	fiche matricule équipement
GTM	groupe turbo moteur
HRA	hélicoptère de reconnaissance et d'attaque
JVN	jumelles de vision nocturne
NADIR	navigateur autonome directionnel indicateur de route
PCB	pilote commandant de bord
RHC	régiment d'hélicoptères de combat

SYNOPSIS

Date de l'évènement : 9 février 2016

Lieu de l'évènement : Madama (Niger)

Organisme : armée de terre

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

Unité : 1^{er} régiment d'hélicoptères de combat (1^{er} RHC)

Aéronef : SA 342 M1 Gazelle Viviane¹

Nature du vol : accoutumance à l'atterrissage de nuit en conditions poussiéreuses

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 9 février 2016, dans le cadre de la relève du détachement hélicoptères de Madama, l'équipage de la Gazelle effectue un vol d'accoutumance de nuit (niveau 5) sous jumelles de vision nocturne (JVN).

Après s'être posé plusieurs fois sur une aire balisée à l'aide de cyalumes, l'équipage entreprend un poser sur une autre aire, sans balisage lumineux.

Au cours de l'approche, le pilote commandant de bord (PCB) annonce le passage des 30 m/sol à la radiosonde, vérifié par le pilote aux commandes. L'équipage poursuit l'approche et perçoit le sol au dernier moment.

L'hélicoptère impacte le sol au niveau du patin gauche et bascule.

L'équipage coupe le groupe turbomoteur (GTM) et évacue.

Les pilotes sont légèrement blessés. L'appareil est détruit.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un expert technique du BEAD-air.
- Un officier pilote ayant une expertise sur Gazelle.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Gazelle.
- Un médecin breveté de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement Essais propulseurs / Division analyse et investigations (DGA EP/DAI).
- Direction générale de l'armement Techniques aéronautiques (DGA TA).
- THALES constructeur du système de navigation : navigateur autonome directionnel indicateur de route (NADIR).

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu le 9 février en soirée. Le directeur d'enquête, l'expert technique et l'expert pilote se rendent à N'Djamena (Tchad) le 11. Ils y rejoignent l'expert médecin et l'équipage de la Gazelle.

Après avoir recueilli le témoignage de l'équipage, le groupe d'enquête se rend à Madama le 12 février.

¹ Viseur valorisé par intégration d'une adaptation de nuit avec écartométrie.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : IOC²

Type de mission : accoutumance au poser poussière de nuit

Point de départ : Madama

Heure de départ : 18h35

Point d'atterrissage prévu : Madama

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Un vol d'accoutumance au poser en conditions poussiéreuses de nuit est programmé par le détachement hélicoptères de Madama dans la soirée du 9 février. L'équipage initialement prévu pour la séance est composé de deux commandants de bord. Au cours de la journée, en raison d'une évolution des priorités opérationnelles, il est décidé de modifier la composition de l'équipage afin de faire voler le commandant de bord avec son pilote.

Pour le PCB il s'agit du sixième vol sur le théâtre, les deux premiers vols ont été effectués avec un PCB du détachement précédent. C'est son troisième vol de nuit et le quatrième vol avec son pilote.

Pour le pilote il s'agit du quatrième vol sur le théâtre, le deuxième de nuit.

L'équipage effectue un briefing au cours duquel il aborde les spécificités de l'atterrissage en conditions poussiéreuses de nuit. Il est également prévu de réaliser une approche avec variophare sans JVN. Le pilote se rend sur la zone choisie pour l'entraînement du soir et positionne un balisage lumineux de type Y³ à l'aide de bâtonnets lumineux de type cyalume de couleur verte.

La nuit est de niveau 5⁴.

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

L'équipage décolle à 18h35 et effectue quatre présentations sur l'aire préalablement équipée du balisage lumineux.

Ces quatre approches sont effectuées sans variophare avec JVN, à l'instar de ce qui était pratiqué par le détachement précédent et démontré lors des vols d'accoutumance effectués par le PCB.

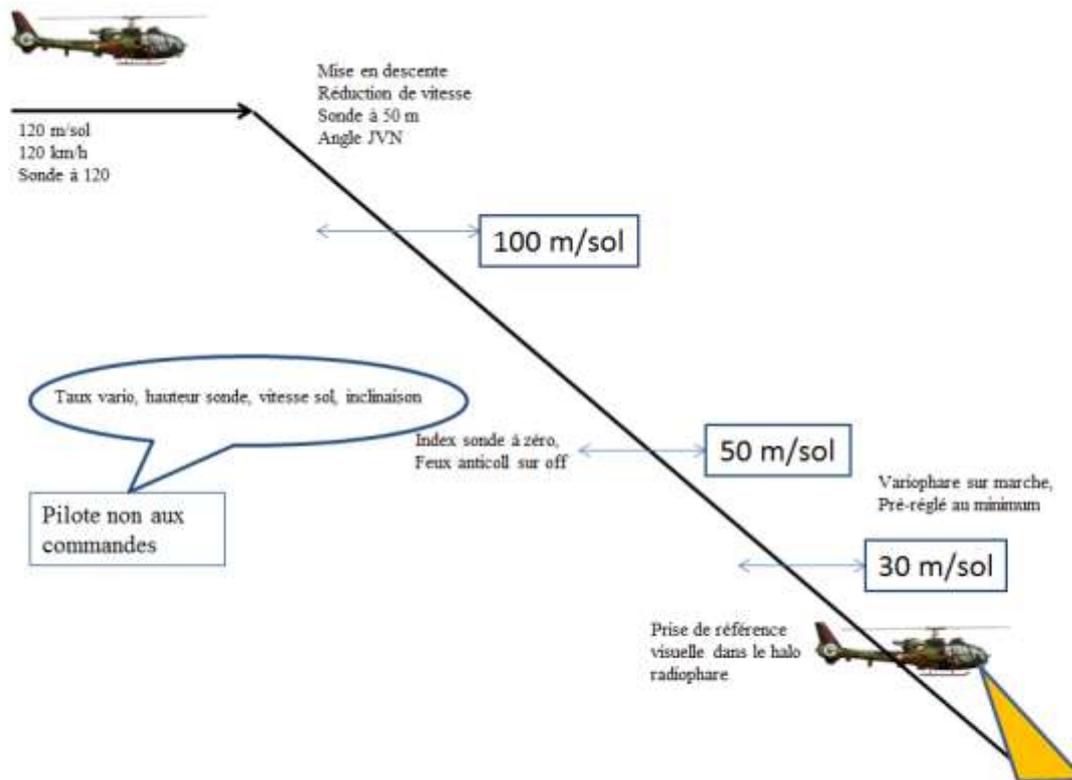
La cinquième présentation est effectuée sans JVN avec le variophare. En l'absence de prise de référence visuelle, l'équipage remet les gaz puis reprend le vol sous JVN.

² IOC : *initial operational capability* - vol effectué en arrivant sur le théâtre d'opération pour acquérir une capacité opérationnelle.

³ Balisage en forme de Y inversé permettant aux équipages de matérialiser des références visuelles. La base du Y est orientée face au vent.

⁴ Sur une échelle de 1 à 5, le niveau 5 correspond à la plus forte obscurité.

Les trois tours suivants sont effectués alternativement par le pilote et le PCB aux commandes, sur la même aire de poser en utilisant le variophare de la manière suivante :



Approche avec variophare

Lors de ces trois approches, l'équipage constate qu'il acquiert de très bonnes références visuelles à environ 15 m/sol en descente et réalise trois poser sans difficulté. Le réglage du variophare (intensité et inclinaison) est conservé identique et fixe pendant les trois approches. La mise en œuvre du variophare est effectuée à l'aide de l'interrupteur « marche/arrêt », sans intervention sur la molette de réglage de l'intensité.

Le PCB décide de consacrer les dix dernières minutes du vol à la réalisation d'une approche avec la même méthode que celle utilisée lors des trois précédentes, sur une aire non balisée.

Le pilote met le cap vers la zone du marché de Madama.

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

En approchant de la zone d'atterrissage, le pilote prend un cap face au vent et débute la descente. Entre 100 et 70 m/sol le PCB inspecte la zone à l'aide de la caméra thermique afin de s'assurer de l'absence d'obstacle.

Après cette vérification, le PCB annonce régulièrement et à haute voix les paramètres de descente :

- taux de descente en hectomètres par minute ;
- hauteur sonde en mètres ;
- vitesse sol en kilomètres par heure ;
- inclinaison en degrés.

Passant 50 m/sol en descente, il met les feux anticollision sur arrêt et place l'index de la radiosonde à zéro.

En approchant de 30 m/sol en descente il annonce :

« 0,6 hecto, 30 mètres, Vs 20 km/h, 1° droite »

puis

« 0,2 hecto, 30 mètres, Vs 20 km/h, 1° droite ».

Le pilote vérifie alors l'indication de la radiosonde à l'aide de sa lampe de bouche⁵.

Quelques instants plus tard, le PCB aperçoit le sol sur sa gauche. La spatule du patin gauche impacte le sol, l'hélicoptère est animé d'un léger défilement vers l'avant et bascule sur la gauche.

A 19h25, l'équipage coupe le GTM à l'aide du robinet coupe-feu et évacue l'hélicoptère par ses propres moyens.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : Niger
 - commune : Madama
 - coordonnées géographiques : N 21°57'39 /E 013° 40' 01
 - altitude du lieu de l'évènement : 545 mètres
- Moment : nuit
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Madama

⁵ Lampe dont la mise en marche est commandée par un interrupteur situé à proximité de la bouche du pilote et actionné par un mouvement des lèvres ou de la langue.

1.2. Dommages corporels

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

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
SA 342 M1 n°4172		X		

1.4. Autres dommages

Sans objet.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Commandant de bord

- Age : 36 ans
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC
- Fonction dans l'unité : chef de patrouille hélicoptère de reconnaissance et d'attaque (HRA)
- Formation :
 - qualification : chef de bord Gazelle
 - école de spécialisation : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT)
 - année de sortie d'école : 2013
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle
Total (h)	990	823	112	112	41	41
Dont nuit	255	236	52	52	16	16
Dont JVN	190	180	42	42	15	15

- Date du dernier vol sur l'aéronef :
 - de jour : 9 février 2016
 - de nuit : 8 février 2016

1.5.2. Pilote

- Age : 28 ans
- Unité d'affectation : 1^{er} RHC
 - fonction dans l'unité : pilote HRA
- Formation :
 - qualification : pilote Gazelle
 - école de spécialisation : EALAT
 - année de sortie d'école : 2011
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle	sur tout type	dont Gazelle
Total (h)	915	783	42	42	17	17
Dont nuit	215	195	15	15	5	5
Dont JVN	155	145	9	9	3	3

- Date du dernier vol sur l'aéronef :
 - de jour : 9 février 2016
 - de nuit : 8 février 2016

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement organique d'appartenance : ALAT
- Base de stationnement : Phalsbourg - 1^{er} RHC
- Unité d'affectation : base de Madama
- Type d'aéronef : Gazelle SA 342 M1
- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	SA 342 M1	4172	3 543	VP ⁶ : 669
Moteur	ASTAZOU XIV M	8036 - 7036	895	RG ⁷ : 39 h

⁶ VP = visite périodique.

⁷ RG = révision générale.

1.6.1. Maintenance

Lors de la dépose du NADIR pour expertise, il est constaté que le NADIR NMR 648 est posé sur la Gazelle 4172, alors que la fiche matricule équipement (FME) présente dans le livret machine indique la présence théorique du NADIR NMR 434.

Le contrôle de la deuxième gazelle du détachement (NMR 3849) révèle la présence du NADIR 434 sur celle-ci.

La FME du NADIR 648, présente dans le livret machine de la Gazelle 3849, indique une pose sur la Gazelle 3849 le 30 août 2013. Un contrôle annuel de la pile le 29 août 2014, puis un échange de coupleur de pile le 4 septembre 2015 sont mentionnés.

La dépose de la gazelle 3849, vers la gazelle 4172, n'est pas mentionnée.

La Gazelle 4172 a subi un examen de navigabilité le 13 janvier 2015. Une observation sur la mauvaise numérotation des FME avait été formulée.

1.6.2. Performances

L'appareil ne fait l'objet d'aucune réserve de vol.

1.6.3. Masse et centrage

La masse au décollage est de 2 020 kg, le centrage est dans les normes.

La masse estimée au moment de l'accident est de 1 880 kg.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-35
- Quantité de carburant au décollage : 280 litres
- Quantité de carburant estimée restant au moment de l'évènement : 100 litres

1.6.5. Autres fluides

- Hydraulique : H 515
- Huile : air 3514

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Le vent prévu pour la soirée est du secteur nord-nord-est pour une force de 15 kt avec des rafales à 25 kt. La visibilité attendue est de 2 à 4 kilomètres avec soulèvement de poussière.

1.7.2. Observations

Le vent observé par la station de Madama pendant le vol est du nord pour une force variant entre 18 et 20 kt, sans rafale.

La visibilité, supérieure aux prévisions, est d'environ 8 km avec peu de poussière.

La pression atmosphérique est de 1 023 hPa, la température de 14°C.

1.8. Aides à la navigation

La Gazelle est équipée d'un radio compas, d'un compas gyromagnétique et d'un instrument de navigation de type NADIR.

Le NADIR est un calculateur de navigation qui entretient en permanence la position de l'aéronef, permet le guidage de l'aéronef vers un but sans aide extérieure et permet de visualiser les paramètres de navigation (vitesse, cap, assiette, vent).

1.9. Télécommunications

La Gazelle est équipée d'un poste VHF/FM⁸, d'un poste VHF/MA EVF⁹ et d'un poste UHF¹⁰. Au cours du vol, l'équipage est en contact avec la base de Madama et un hélicoptère Puma travaillant à proximité de l'aérodrome.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

La Gazelle n'est pas équipée d'enregistreur de bord.

1.12. Renseignements sur la zone de l'accident et sur l'appareil

1.12.1. Examen de la zone

La zone de l'accident est désertique et plane.



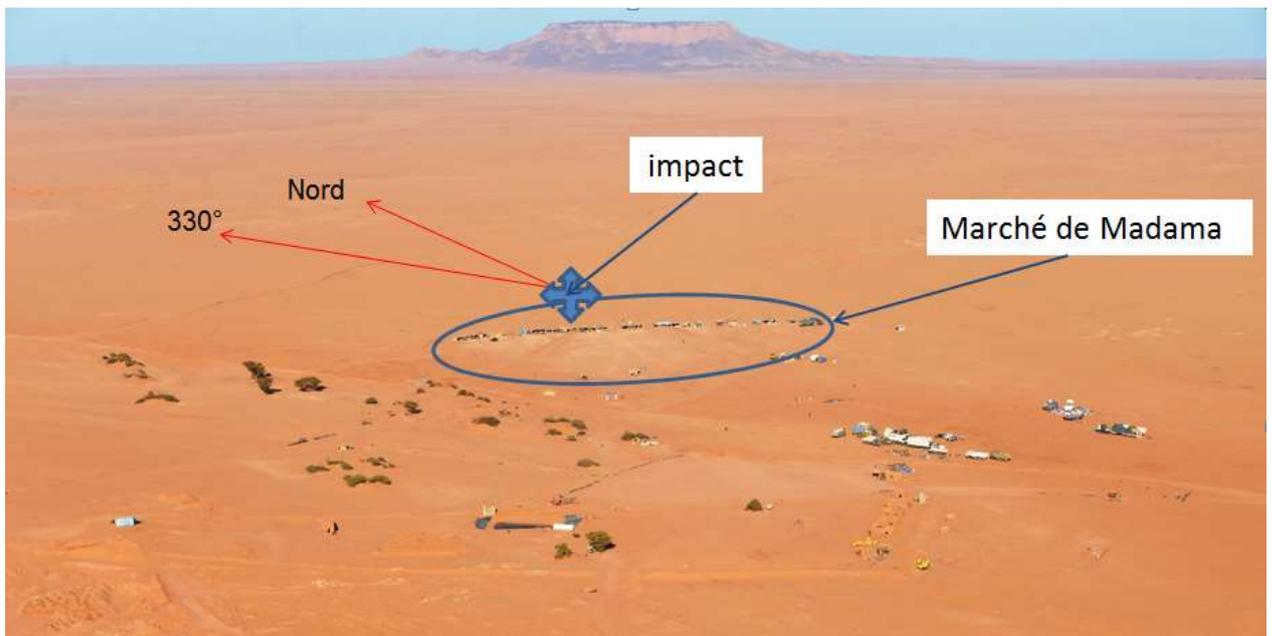
Vue panoramique de la zone (360 degrés)

Le sol est sablonneux, le passage des véhicules laisse des ornières visibles.

⁸ VHF/FM = *Very high frequency / frequency modulation.*

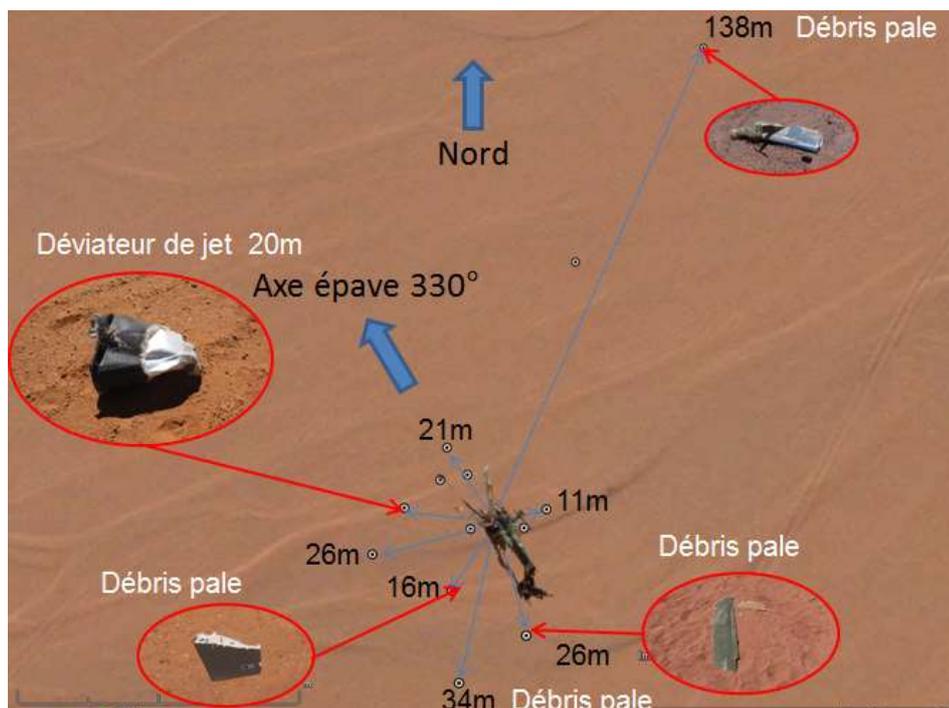
⁹ VHF/MA EVF = *Very high frequency / amplitude modulation* - évasion de fréquence.

¹⁰UHF = *Ultra high frequency.*

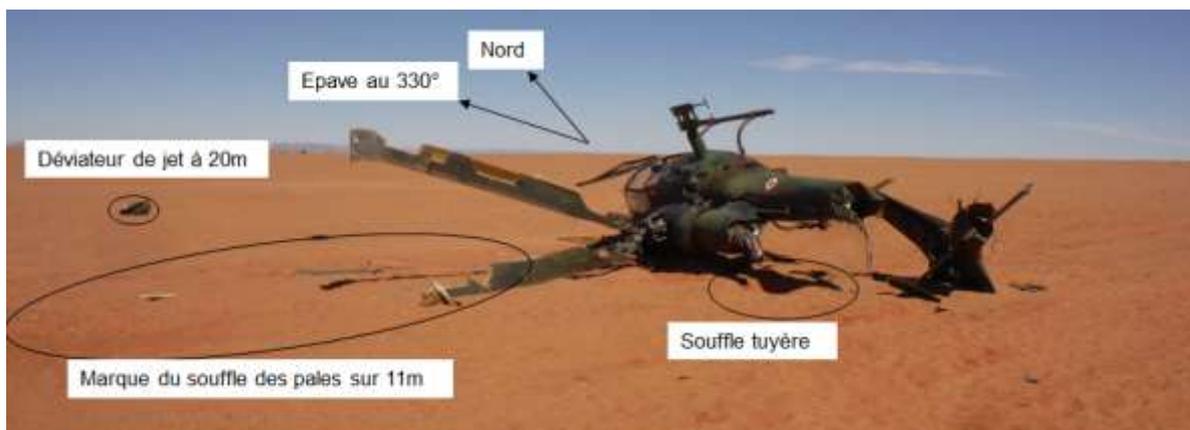


Vue générale de la zone

La plupart des débris sont dispersés autour de l'épave dans un rayon de 30 mètres. Seul un morceau d'extrémité de pale est retrouvé à plus de 100 mètres de celle-ci.



Répartition des principaux débris autour de l'épave

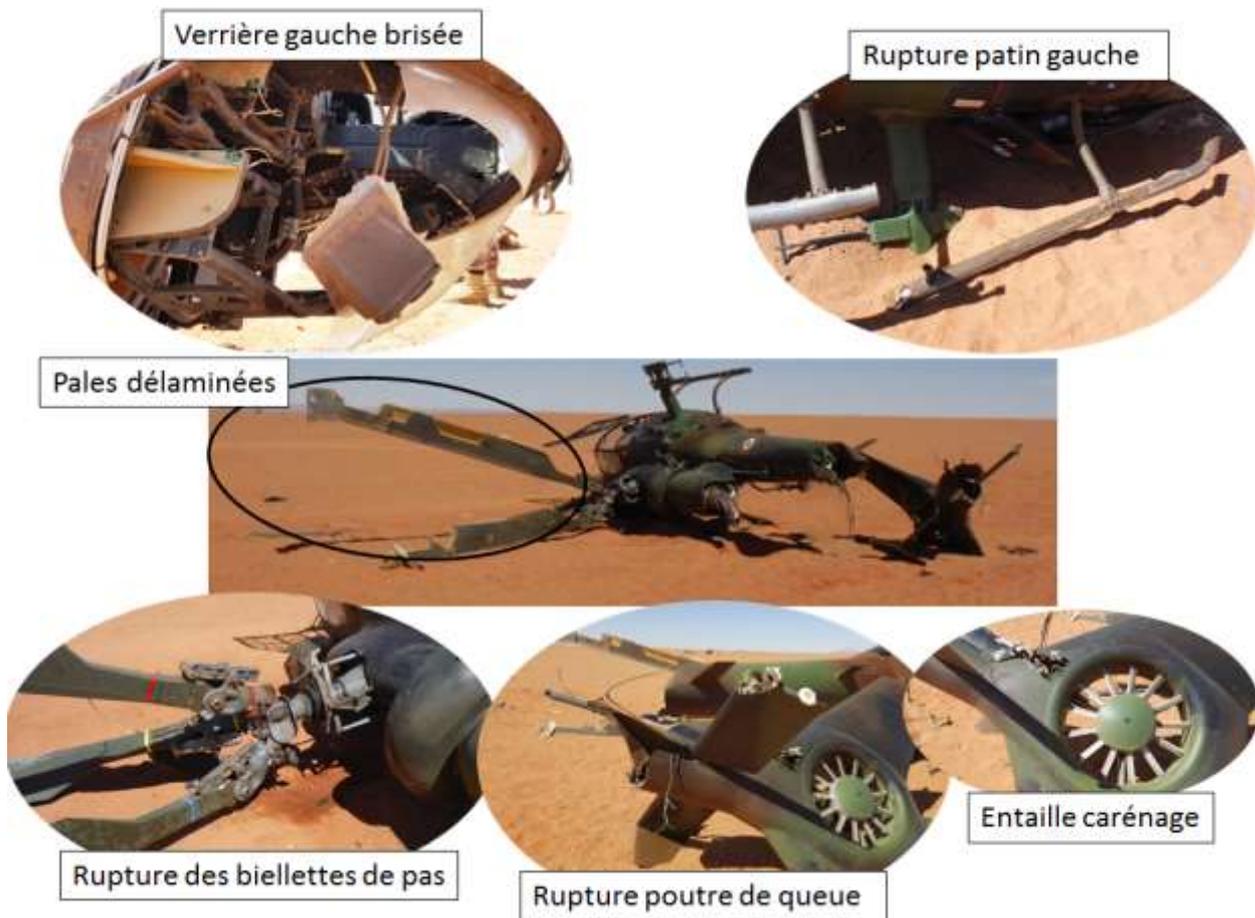


Hélicoptère couché sur le flanc gauche

1.12.2. Examen de l'épave

L'épave est couchée sur le flanc gauche avec les principaux dégâts suivants :

- rupture de la poutre de queue en amont du plan fixe horizontal ;
- rupture du patin gauche ;
- rupture des biellettes de pas du rotor principal ;
- entaille dans le carénage du fenestron ;
- pales délaminiées ;
- verrière gauche brisée.



Dégâts externes

Les dégâts constatés sur l'épave attestent d'un choc peu violent.
 La trace laissée dans le sol par la spatule du patin gauche a été provoquée par la glissade de l'appareil vers l'avant gauche, avant son basculement sur son flanc gauche.



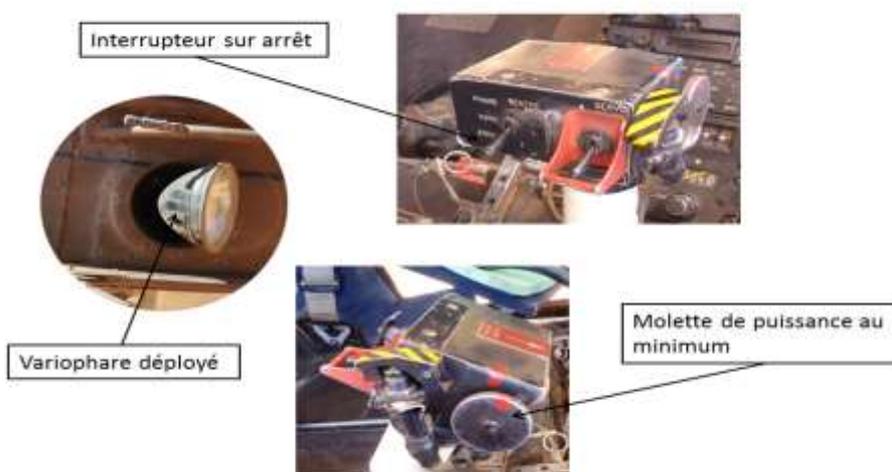
Trace de la spatule du patin gauche

La balise de détresse est en place et correctement installée, l'interrupteur sur automatique.
 Elle ne s'est pas déclenchée lors de l'impact.



Balise de détresse

Le variophare est déployé. La molette de commande d'intensité est en position minimale.
 L'interrupteur de commande est en position « arrêt ».



Le variophare et ses commandes

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Pilote commandant de bord

- Dernier examen médical¹¹ :
 - type : visite systématique en unité (référence : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 28 mai 2015)
 - date : 18 novembre 2015
 - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : légères

1.13.2. Pilote

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité (référence : CEMPN du 3 novembre 2014)
 - date : 30 novembre 2015
 - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : légères

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Evacuation de l'appareil

Après le basculement de la Gazelle, l'équipage éteint le GTM et évacue par ses propres moyens par la porte droite. Les pilotes assurent leur sécurité et préviennent les secours.

1.15.2. Organisation des secours

Les secours de la base de Madama arrivent à 20h00. Ils procurent les premiers soins aux pilotes et les évacuent vers le service médical à 20h20. L'équipage est transféré le lendemain vers N'Djamena où il est pris en charge par un médecin breveté de médecine aéronautique.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

¹¹ INSTRUCTION N° 3300/DEF/EMAT/OAT/BEMP relative à l'aptitude médicale des spécialistes navigants et non navigants liés à la mise en œuvre des aéronefs habités et non habités de l'armée de terre du 08 octobre 2014.

1.17. Renseignements sur les organismes

Le détachement ALAT de Madama est composé d'un peloton de commandement, d'une escadrille de maintenance et d'une escadrille de vol équipée de trois Puma et deux Gazelle. Le premier détachement de l'ALAT en est place depuis septembre 2015. Le personnel du deuxième mandat est arrivé à Madama le 5 février 2016 pour prendre la relève.

1.18. Renseignements supplémentaires

Sans objet.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première présente les résultats des expertises. La deuxième reconstitue le scénario probable de l'évènement. La troisième recherche les causes de l'accident.

2.1. Expertises

2.1.1. Le NADIR

Les valeurs de vent affichées sur le NADIR ont été jugées incohérentes par l'équipage : 148 km/h pour 15 à 25 kt¹² annoncés par les prévisions et 25 kt enregistrés à la station météo de la base de Madama.

En conséquence, le NADIR est passé au banc chez l'industriel pour expertise. Son fonctionnement est conforme aux spécifications. Cependant lors de sa mise sous tension, le vent indiqué par le NADIR est du 354° pour 157 km/h. Cette indication est cohérente avec ce que l'équipage rapporte avoir lu sur le NADIR.

L'équipage a conscience de l'invalidité de la valeur de vent indiquée par le NADIR. Il n'en tient pas compte et se base sur les indications de vitesse sol qu'il prend le temps de valider.

L'équipage prend en compte que l'indication de la force du vent par le NADIR est erronée.

2.1.2. La radiosonde

Les essais et mesures réalisés lors de l'expertise de la radiosonde (indicateur et boîtier d'acquisition) démontrent que l'ensemble radiosonde est conforme à la spécification et ne présente pas de dysfonctionnement.

L'hypothèse d'un blocage de la radiosonde est rejetée.

2.1.3. Le variophare

Les expertises menées sur le variophare ont démontré son bon fonctionnement. L'ampoule est en bon état. La position du variateur d'intensité la plus faible permet l'allumage de l'ampoule. La position du variophare n'a pas été affectée par l'impact au sol. Il est retrouvé sorti sous un angle correspondant au plan d'approche.

L'interrupteur de commande du variophare est retrouvé en position « arrêt ». La molette de réglage de l'intensité est sur la position minimale permettant un allumage de l'ampoule.

L'hypothèse d'une panne du variophare est rejetée.

¹² 1kt équivaut à 1.852 km/h

2.1.4. Les jumelles de vision nocturne

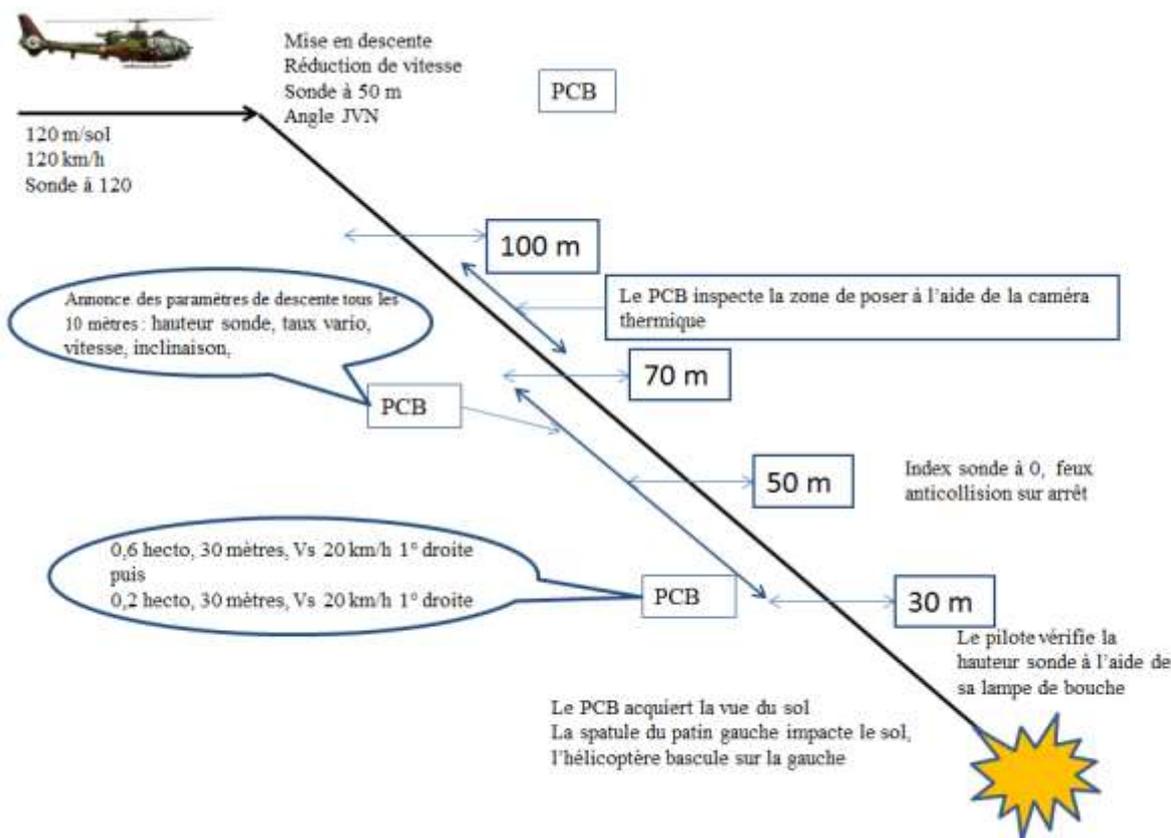
L'expertise des jumelles de vision nocturne démontre que les deux paires ont des performances conformes aux valeurs standards des JVN Hélie.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement des jumelles de vision nocturne est rejetée.

2.2. Séquence de l'évènement

En l'absence d'enregistreur de bord sur la Gazelle, la reconstitution de la séquence de l'évènement repose sur le témoignage de l'équipage et les constatations faites sur l'épave. Les entretiens avec l'équipage ont permis de restituer la séquence avec précision jusqu'à trente mètres du sol.

La restitution des trente derniers mètres reste confuse, l'équipage n'ayant pas de souvenir suffisamment précis sur la façon dont il perçoit le sol (avec ou sans variophare).



Séquence de l'évènement

Le bouton de commande du variophare est retrouvé sur arrêt.

Le témoignage des pilotes ne permet pas d'affirmer qu'il ait été éteint après l'impact.

En l'absence d'enregistreur de bord, le BEAD-air considère deux hypothèses pour la fin de la séquence de l'évènement, entre le passage des 30 m/sol et l'impact.

Hypothèse 1 : non allumage du variophare

Lors des approches précédentes, l'équipage allume le variophare aux alentours de 30 m/sol en descente. Lors de l'évènement, le PCB annonce par deux fois « trente mètres », ce qui conduit le pilote à vérifier l'indication de la radiosonde à l'aide de sa lampe de poche.

Au cours de cette vérification il est possible que la coordination au sein de l'équipage ait mal fonctionné et que l'allumage du variophare ait été oublié. L'hélicoptère poursuit sa descente et l'équipage se fait surprendre par l'impact au sol.

L'oubli d'allumage du variophare par l'équipage en raison d'une rupture de la synergie pendant la descente est possible.

Hypothèse 2 : allumage insuffisant du variophare

L'équipage a procédé à trois approches consécutives sur une aire de poser balisée et proche de l'aérodrome. Il décide ensuite de rejoindre une aire de poser différente sans modifier intentionnellement le réglage de la molette du variophare.

Au cours du changement de zone le réglage de la molette a pu être modifié par une action involontaire du pilote. En outre les conditions de luminosité ont diminué entre la zone de poser à proximité de la piste et la zone de poser de l'accident.

Il est certain que le niveau d'éclairage du variophare était insuffisant pour l'aire de poser choisie.

2.3. Recherche des causes de l'accident

Les causes de l'évènement sont recherchées dans le domaine environnemental, le domaine technique et celui des facteurs organisationnels et humains (FOH).

2.3.1. Domaine environnemental

L'ensemble des personnels navigants ayant pratiqué la région de Madama témoigne que les conditions de nuit rencontrées sur ce site sont les plus sombres qu'ils aient rencontrées.

L'approche par nuit de niveau 5 sous JVN est autorisée par la lettre N°20/DEF/COMALAT/BSV du 7 janvier 2004. Le guide JVN préconise que dans ces conditions les approches sur terrain non balisé par un marquage compatible JVN soient effectuées avec le variophare allumé jusqu'au poser de l'aéronef (intensité adaptée).

Les conditions observées par l'équipage de la Gazelle comme par celui du Puma lors de la séance sur l'aire de poser balisée sont conformes aux prévisions.

Le sol est constitué de gros grains de sable ne générant pas de nuage important sous l'effet du souffle du rotor. La poussière est présente en faible quantité et ne présente pas de difficulté particulière.

Les conditions environnementales ne sont pas à l'origine de l'évènement.

2.3.2. Domaine technique

Les expertises techniques n'ont pas démontré de dysfonctionnement de l'aéronef ni des JVN.

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

2.3.3. Domaine des facteurs organisationnels et humains.

2.3.3.1 Nature du vol

Dans le cadre de la relève du détachement hélicoptères de Madama, l'équipage effectue un vol d'accoutumance au poser poussière de nuit sous JVN. Ce vol se déroule par une nuit de niveau 5 qui correspond au niveau d'obscurité le plus élevé.

En outre, si le port de JVN permet d'intensifier la lumière et d'améliorer la vision nocturne, il altère dans le même temps certaines perceptions visuelles (réduction du champ de vision, perte des couleurs, écrasement du relief et de la profondeur, insuffisance de convergence, ...) et augmente la difficulté d'exécution de la mission en nécessitant un balayage visuel permanent. Par ailleurs, la zone de poser non reconnue pour cette mission et sans référence visuelle au sol augmente le niveau de difficulté de la manœuvre.

Les conditions complexes du vol (nuit de niveau 5, JVN et absence de reconnaissance) ont contribué à la survenue de l'évènement.

2.3.3.2 Composition de l'équipage

Selon l'Instruction N° 30.5000/DEF/COMALAT/BOFA relative à l'entraînement et au contrôle annuel de l'aptitude technique du personnel navigant, des instructeurs sol du personnel navigant et à l'entraînement aéronautique du personnel de maintenance TIGRE de l'aviation légère de l'armée de terre, les pilotes sont classés en trois catégories :

- jeune pilote : expérience de moins de 1 000 heures de vol ;
- pilote confirmé : expérience entre 1 000 et 2 000 heures de vol ;
- pilote expérimenté : expérience au-delà de 2 000 heures de vol.

Depuis le début de leur détachement, il s'agit du 6^e vol pour le PCB dont 3 de nuit et du 4^e vol pour le pilote.

Le PCB totalise 990 heures de vol et le pilote 915 heures de vol. L'équipage est donc constitué de deux pilotes considérés comme jeunes (moins de 1 000 heures de vol).

Cependant, leur expérience aéronautique est principalement acquise sur Gazelle, avec plus de 80 % de leur temps de vol sur cet appareil. De plus, le PCB a déjà réalisé 180 heures sous JVN et le pilote 145 heures. Cet appareil est donc celui sur lequel l'équipage est le plus expérimenté.

L'expérience de l'équipage sur l'appareil, en vol sous JVN et l'accoutumance aux conditions locales de nuit permet d'assurer la mission. Cependant la composition de cet équipage constitué de deux jeunes pilotes peut ne pas favoriser une synergie optimale. Ce manque d'expérience de l'équipage peut avoir contribué à la survenue de l'évènement.

2.3.3.3 Faits marquants FOH

Préparation du vol et briefing

Le vol était initialement prévu avec un autre équipage composé de deux commandants de bord. Pour des raisons de priorité opérationnelle, il est décidé de faire voler le commandant de bord avec son pilote. Selon l'équipage, cela n'a pas eu d'influence dans la préparation de la mission.

Lors du briefing, les spécificités du poser poussière de nuit sont abordées. Pour des raisons tactiques le détachement précédent avait décidé de toujours se poser avec un balisage lumineux ou des références visuelles connues afin de ne pas allumer le variophare. Un changement d'appréciation tactique a été décidé par le nouveau mandat. Lors du briefing, une nouvelle procédure est donc discutée concernant l'utilisation du variophare en poser de nuit. Cette procédure sera testée lors du vol.

La procédure d'approche sans variophare par le détachement précédent n'a pas donné lieu à un retour d'expérience. L'accommodation des membres d'équipage à la nouvelle procédure n'a pas été suffisamment organisée. Ce manque de préparation à la nouvelle procédure d'approche a contribué à l'évènement.

Entraînement du PCB en place gauche

Lors de son arrivée sur le site, le PCB réalise tous ses vols d'accoutumance en place pilote à droite. Aucun vol d'entraînement n'a été réalisé à son profit en tant que PCB. Or, les aptitudes attendues pour un PCB ne sont pas les mêmes que celles du pilote. En tant que PCB, il est responsable du bon déroulement de la procédure, notamment dans son rôle de supervision.

L'ergonomie du cockpit d'une Gazelle est différente en place pilote et en place PCB. Les instruments de vol sont en place pilote alors qu'en place PCB l'écran de la caméra thermique occupe l'espace. La recherche d'informations et l'appréciation visuelle de l'extérieur sont donc différentes entre les deux places.



Cockpit de la Gazelle

L'absence d'entraînement en place gauche ne permet pas au PCB d'acquiescer les automatismes liés à sa fonction et de prendre les repères adaptés. Cela empêche également une bonne répartition des rôles au sein de l'équipage.

Sur le théâtre d'opérations l'absence d'entraînement du PCB en place gauche a contribué à l'évènement.

Entraînement en équipage

L'équipage est constitué d'un commandant de bord et d'un pilote. Il s'agit de leur quatrième vol en équipage constitué.

Habituellement, sur Gazelle Viviane, les vols se font en équipage constitué. Dans le cas de cet équipage, le pilote devait initialement être déployé avec un commandant de bord de son escadrille pour les deux premiers mois du mandat, puis avec un second commandant de bord pour les deux mois suivants.

Quinze jours avant le départ, en raison d'une indisponibilité du commandant de bord de son escadrille, la décision a été prise d'associer le pilote avec le second commandant de bord pour les quatre mois. Leur entraînement commun avant la mission a donc été limité.

En outre l'entraîneur de pilotage et de système d'armes (EPSA) de Phalsbourg, ne permettait pas un entraînement satisfaisant au vol sous JVN en raison d'un dysfonctionnement de ses moyens de communications.

Contrairement à de nombreuses tâches de pilotage sur cet appareil (certifié monopilote), le poser poussière sous JVN est particulièrement complexe et nécessite un travail en équipage. Le manque de temps et de matériel d'entraînement fiable n'a pas permis à l'équipage d'assimiler cette tâche.

Les modestes conditions d'entraînement de l'équipage (manque de temps et simulateur en indisponibilité partielle) n'ont pas permis la mise en place d'une bonne synergie. Ce manque d'entraînement a empêché l'assimilation du travail complexe en équipage nécessaire au poser poussière sous JVN.

Progressivité du vol

La première partie du vol a consisté à un entraînement sur une aire balisée avec des cyalumes verts¹³ afin de familiariser l'équipage à la manœuvre sur ce type d'appareil.

¹³ Les cyalumes verts sont visibles à l'œil nu.

Les quatre premiers circuits sont effectués sans variophare avec JVN (procédure pratiquée par le détachement précédent). Le cinquième circuit est tenté sans JVN, avec le variophare et aboutit à une remise des gaz par manque de références visuelles.

Ensuite l'équipage réalise trois poser en utilisant le variophare et les JVN. Les références visuelles sont acquises à environ 15 m du sol à chaque poser. Après seulement trois poser, cette procédure est validée par l'équipage.

Alors qu'il reste une dizaine de minutes de vol, le PCB décide de mettre en application cette procédure sur une aire non balisée. La zone n'ayant pas été reconnue au préalable, ce changement induit une tâche supplémentaire lors de la descente : la vérification de l'aire à l'aide de la caméra thermique.

La difficulté d'un poser poussière de nuit sous JVN nécessite une large progressivité des exercices qui n'a pas été respectée lors de cet entraînement. Ce manque de progressivité a contribué à l'évènement.

Charge cognitive du PCB

Bien que les JVN permettent de mieux voir la nuit, les capacités visuelles de l'équipage demeurent limitées. La nuit de niveau 5 et l'utilisation des JVN rendent la mission particulièrement difficile. Le poser qui est réalisé fait appel aux capacités visuelles du PCB alors même qu'elles sont dégradées par les conditions du vol. Les ressources cognitives allouées pour ce poser sont plus importantes que lors des posers précédents :

- communication radio avec un autre hélicoptère pour déconfliction ;
- absence de balisage visuel ;
- aire de poser non reconnue : surveillance visuelle à l'aide de la caméra thermique ;
- prise d'informations sur les instruments ;
- recherche d'informations sur le sol ;
- supervision du pilotage.

De plus, la faible expérience de l'équipage sur cette procédure n'a pas permis l'acquisition d'automatismes. Cette absence d'automatismes conduit l'équipage à allouer d'importantes ressources cognitives pour la réalisation de la tâche.

La répétition de l'annonce de la hauteur à 30 m/sol sans questionnement met en évidence l'importance de la charge cognitive ressentie par le PCB. Par ailleurs, compte tenu de l'ergonomie de la planche de bord, et conformément aux préconisations du guide JVN, l'équipage a mis l'index de la sonde à zéro. L'alarme avertissant de la proximité du sol est alors inactivée. Dans ces conditions, l'absence de prise de référence visuelle en raison soit d'un oubli du variophare, soit d'un changement d'efficacité du réglage initial, ne peut être récupérée par l'équipage.

L'importance de la charge cognitive lors de cette approche peut avoir conduit le PCB à ne pas appliquer involontairement la procédure établie par l'équipage, en particulier sur les trente derniers mètres.

Procédure non adaptée

Pour des raisons tactiques, l'équipage met en place une procédure visant à réduire l'indiscrétion liée au variophare en limitant l'intensité et la durée d'utilisation.

Cette procédure consiste à présélectionner une intensité fixe pour le variophare, à l'aide de la molette de réglage, puis à allumer le phare à l'aide de l'interrupteur marche-arrêt à environ 30 m/sol.

Or, plus l'obscurité est profonde plus l'intensité du variophare devra être importante pour une même visibilité. Ainsi, dans des conditions d'obscurité totale, la valeur de l'intensité du variophare peut avoir été trop faible pour permettre une prise de références visuelles suffisantes au sol.

La différence d'ambiance lumineuse proche du sol entre l'aire balisée par des cyalumes et cette nouvelle aire non balisée ne semble pas avoir été prise en compte par l'équipage lors de la validation de sa procédure. Ceci a probablement conduit l'équipage à se focaliser sur la prise de références au sol, attendues à environ 15 m/sol sans envisager une remise des gaz.

Le réglage de l'intensité du variophare pour cette aire différente sans balisage aurait dû être réévalué.

3. CONCLUSION

L'évènement est un atterrissage non maîtrisé à l'issue d'une approche sur une aire non balisée par nuit de niveau cinq sous JVN.

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

L'équipage a été constitué 15 jours avant la projection sur le théâtre et n'a pas pu s'entraîner au poser poussière avant sa mise en place.

La disponibilité partielle du simulateur EPSA de Phalsbourg n'a pas permis l'acquisition par l'équipage des mécanismes automatiques du vol sous JVN dans la période précédant la mise en place.

Le détachement précédent n'utilisait pas le variophare et se posait uniquement sur des aires balisées.

L'équipage met en place une procédure de poser avec utilisation du variophare et la teste par trois fois sur une aire balisée avant de rejoindre une aire de poser non balisée.

Les expertises techniques n'ont pas démontré de dysfonctionnement de la radiosonde.

Le variophare est déployé dans une position correspondant à l'approche de nuit sous JVN.

Le niveau d'éclairage du variophare était insuffisant pour permettre à l'équipage d'acquérir les références visuelles avant l'impact.

Le dysfonctionnement du NADIR contribue à l'augmentation de la charge de travail de l'équipage.

La procédure mise en place ne permet pas de se prémunir contre une variation des conditions de luminosité.

La synergie de l'équipage sur la dernière approche n'est pas efficace lors de l'utilisation de la caméra thermique en début de descente et lors du contrôle de la sonde à environ trente mètres du sol.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de l'évènement relèvent des facteurs organisationnels et humains :

- manque d'entraînement préalable à la mise en place sur le théâtre dû à la désignation tardive du PCB et à l'indisponibilité partielle du simulateur de Phalsbourg ;
- manque de progressivité de la séance ;
- charge cognitive élevée du PCB ;
- rupture de la synergie de l'équipage au cours de la descente ;
- absence de barrière préventive dans la procédure de poser poussière (utilisation inadaptée du variophare et index sonde à zéro).

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Entraînement poser poussière sous JVN

L'évènement résulte d'un manque d'entraînement préalable de l'équipage au poser de nuit sous JVN avant le déploiement, notamment en raison d'une indisponibilité partielle du simulateur.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de systématiser l'entraînement au poser poussière avec JVN avant déploiement en portant une attention particulière à la disponibilité des moyens de simulation.

4.1.2. Entraînement avant déploiement opérationnel et constitution des équipages

L'équipage a été constitué tardivement et n'a pas pu s'entraîner mutuellement avant le déploiement. La mise en place d'une synergie n'a pas été favorisée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de porter une attention particulière à la constitution des équipages avant déploiement et à leur entraînement en équipage constitué.

4.1.3. Standardisation de l'utilisation du variophare

L'utilisation du variophare décrite dans le guide JVN ne précise pas suffisamment l'emploi de la molette de réglage de l'intensité lors d'une approche sous JVN. En outre elle ne permet pas de se prémunir contre un oubli de l'allumage du variophare.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de préciser la procédure de poser poussière sous JVN avec variophare en décrivant l'utilisation de la molette et du sélecteur « marche–variophare –arrêt ».

4.1.4. Entraînement des PCB Gazelle en place gauche et droite.

Les conditions d'entraînement n'ont pas permis la mise en place d'une synergie solide au sein de l'équipage. Tout particulièrement l'entraînement du PCB, dont la place est à gauche, a été réalisé en place pilote à droite.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de ne pas omettre d'entraîner les PCB arrivant sur un théâtre opérationnel en place gauche.

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

4.2.1. Suivi des opérations de pose et dépose des équipements

Une permutation de NADIR a été révélée lors de sa dépose pour expertise.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de rappeler à son personnel de maintenance l'importance du suivi des équipements lors des opérations de pose et dépose.

4.2.2. Balise de détresse monodirectionnelle

Les balises de détresse des Gazelle sont des balises monodirectionnelles ne se déclenchant pas lorsqu'elles sont soumises à des chocs latéraux. La force de l'impact avec le sol n'a pas permis le déclenchement de la balise lors de l'évènement. Il est cependant probable qu'une balise multidirectionnelle se serait déclenchée lors du basculement.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

aux autorités d'emploi en liaison avec la DGA, d'équiper les hélicoptères de balises de détresse permettant de se déclencher lors de chocs latéraux.

4.2.3. Enregistreur de bord

En l'absence d'enregistreur de paramètres ou de voix, l'enquête n'a bénéficié que du seul témoignage de l'équipage pour analyser et comprendre l'incident. Ainsi la restitution des derniers instants du vol reste confuse.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

aux autorités d'emploi la DGA, en relation avec la DGA, d'équiper systématiquement les aéronefs d'un système d'enregistreur de paramètres et de voix.

ANNEXES

ANNEXE 1 FME NADIR 648 recto.....	32
ANNEXE 2 FME NADIR 648 verso	33
ANNEXE 3 FME NADIR 434.....	34

ANNEXE 2

FME NADIR 648 verso

Unité ou société Contractor	Date Date	Positions Location	Fonctionnement Operation		Matière du mouvement (code, symptômes) - Travaux effectués - Pièces changées Reason for transfer (code and symptoms) - Accomplished work - Replaced parts
			Support Support	Partial Partial	
Daguet	13.11.90	SA 342 3826			CHF CHF
Daguet	14.11.90				RENTISE EN P EE DIABEME
SECURITE MONTAUBAN	24.4.91				
MONTAUBAN	16.92	ateliers			
Safecomp	3.11.92	SA 3119 4146			
Alpef	05/00	341100 4146	138,6		CHF
Alpef	07/00	342100 4146	138,6		CHF
EA MAT	25/00	M	537,1		CHF
EA MAT	27/00	M	75%		CHF
EA MAT	28/00	M			CHF
EA MAT	29/00	M			CHF
EA MAT	30/00	M			CHF
EA MAT	31/00	M			CHF
EA MAT	32/00	M			CHF
EA MAT	33/00	M			CHF
EA MAT	34/00	M			CHF
EA MAT	35/00	M			CHF
EA MAT	36/00	M			CHF
EA MAT	37/00	M			CHF
EA MAT	38/00	M			CHF
EA MAT	39/00	M			CHF
EA MAT	40/00	M			CHF
EA MAT	41/00	M			CHF
EA MAT	42/00	M			CHF
EA MAT	43/00	M			CHF
EA MAT	44/00	M			CHF
EA MAT	45/00	M			CHF
EA MAT	46/00	M			CHF
EA MAT	47/00	M			CHF
EA MAT	48/00	M			CHF
EA MAT	49/00	M			CHF
EA MAT	50/00	M			CHF
EA MAT	51/00	M			CHF
EA MAT	52/00	M			CHF
EA MAT	53/00	M			CHF
EA MAT	54/00	M			CHF
EA MAT	55/00	M			CHF
EA MAT	56/00	M			CHF
EA MAT	57/00	M			CHF
EA MAT	58/00	M			CHF
EA MAT	59/00	M			CHF
EA MAT	60/00	M			CHF
EA MAT	61/00	M			CHF
EA MAT	62/00	M			CHF
EA MAT	63/00	M			CHF
EA MAT	64/00	M			CHF
EA MAT	65/00	M			CHF
EA MAT	66/00	M			CHF
EA MAT	67/00	M			CHF
EA MAT	68/00	M			CHF
EA MAT	69/00	M			CHF
EA MAT	70/00	M			CHF
EA MAT	71/00	M			CHF
EA MAT	72/00	M			CHF
EA MAT	73/00	M			CHF
EA MAT	74/00	M			CHF
EA MAT	75/00	M			CHF
EA MAT	76/00	M			CHF
EA MAT	77/00	M			CHF
EA MAT	78/00	M			CHF
EA MAT	79/00	M			CHF
EA MAT	80/00	M			CHF
EA MAT	81/00	M			CHF
EA MAT	82/00	M			CHF
EA MAT	83/00	M			CHF
EA MAT	84/00	M			CHF
EA MAT	85/00	M			CHF
EA MAT	86/00	M			CHF
EA MAT	87/00	M			CHF
EA MAT	88/00	M			CHF
EA MAT	89/00	M			CHF
EA MAT	90/00	M			CHF
EA MAT	91/00	M			CHF
EA MAT	92/00	M			CHF
EA MAT	93/00	M			CHF
EA MAT	94/00	M			CHF
EA MAT	95/00	M			CHF
EA MAT	96/00	M			CHF
EA MAT	97/00	M			CHF
EA MAT	98/00	M			CHF
EA MAT	99/00	M			CHF
EA MAT	100/00	M			CHF

ANNEXE 3

FME NADIR 434

Positions successives et opérations d'entretien et de remise en état mineures et majeures
Successive location minor and major maintenance and overhaul operations

Date de sortie Outdate	Date Date	Position Location	Fonctionnement Operation			Modif de mouvement stock, opérations - Travaux effectués - Répar. échangés Passes for transfer stock and operations - Accomplished work - Replaced parts
			Support Support	Factor Factor	Time Time	
CROUZET 25 AVR 1986	25.04.86	NEUF				Livraison à ERG / ALAT - MONTAUDAN
BRHC	21.05.87	ATF		270,3	270,3	Posc Dépose R MC 3012/2015
CROUZET	18.05.88			270,1	270,1	REMISE EN ETAT Posc
S/3-20-0	18.11.88	SA 330 à 100%		430,9	710,0	Dépose A.
6° RHC	18.11.88	SA 330 à 100%			710,0	Posc
ERG	15-08-88			1305,8	2015,9	Echange pile (Fab 23-20) à 1988 Dépose E - Y. Lignatier voyant pas d'arbre pour AUX (C) 34020150
ERG	17-08-88				2015,9	REMISE EN ETAT ET TIRE DIAPHRAGME Posc
SA 330	20.11.89				2015,9	Posc
SA 330	20.11.89				2015,9	Echange pile Fab 4501 à 2549,5 Hdf. à 2225,1 Hdf. Application filaire de 1000. (p. 4) p. 6 ATF. 24 Dépose bloc piles à 3124,5 Hdf. Echange bloc piles à 3124,5 Hdf (FRB: 10/2006) + emballation.
SA 330	20.11.89			1427,0	3507,8	Dépose
SA 330	20.11.89				3507,8	Posc
SA 330	20.11.89				3507,8	vérification anse de la courroie de piles effectuée à 3807,4 Hdf. Echange à la pile (Fab 4501) à 3806,5 Hdf. Inf de la pile (Lignatier) effectuée à 4511,1 Hdf. Inf nouvelle de la pile effectuée à 4725,2 Hdf.

Contrôle d'exécution des modifications
Modification checking

Numéro N°	Date Date	Nature de la modification Type of modification	Date de réalisation Performing date	Date de production Production date
4/100027	27	CHANGEMENT PILE	27.05.86	27.05.86

FICHE MATRICULE
LOG CARD SIMAT

1. Identification du matériel / Material identification
 Désignation / Designation: CGAAE41ATE09, NADIR
 Numéro de série / Serial number: CS M3A
 Référence fabricant / Manufacturer: []
 Code fabricant / Manufacturer code: []
 Numéro de série / Serial number: 10, 7, 2, 5, 2, 2, 0, 3, 1, 2, 6
 Numéro de série / Serial number: 434
 Marque / Brand: CROUZET
 Type / Type: []
 Code / Code: []

2. Marché ou commande / Contract or order
 Référence / Reference: B3/86-234 TR.2 Not 11, 3
 Date / Date: 8.02.85
 Organisme acheteur / Buying Agency: STIC
 Fabricateur / Manufacturer: CROUZET
 Adresse / Address: 26027 VALENCE

3. Garantie / Guarantee

Matr. / Material	Date de livraison / Date of delivery	Durée garantie de stockage / Guarantee storage period	Date de mise en service / Service date	Durée garantie de fonctionnement / Guarantee operation period
25 AVR. 1986				1 an ou 300 h
				6 MOIS OU 200H

4. Renseignements particuliers / Special information
 (Document réception, obligations, précautions à la mise en service, etc.)
 (Receipt document, obligations, precautions before putting into service...)

Unité de fonctionnement / Operating unit: VE
 Unité de vie / Life unit: []