

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

Brétigny sur Orge, le 21 décembre 2007

RAPPORT PUBLIC D'ENQUÊTE TECHNIQUE



BEAD-air-T-2007-004-A

Date de l'événement	30 janvier 2007
Lieu	République de Côte d'Ivoire
Type d'appareil	SA 330 BA Puma
Immatriculation	N° 1263 FMCPN
Organisme	Armée de Terre
Unité	BATALAT Licorne en RCI

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	5
<i>Table des illustrations</i>	6
<i>Synopsis</i>	7
1 Renseignements de base	9
1.1 Déroulement du vol.....	9
1.1.1 Mission.....	9
1.1.2 Contexte	9
1.1.3 Déroulement	10
1.1.3.1 Préparation du vol.....	10
1.1.3.2 Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement.....	10
1.1.3.3 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol.....	12
1.1.4 Localisation	15
1.2 Tués et blessés.....	16
1.3 Dommages à l'aéronef	17
1.4 Renseignements sur le personnel	17
1.4.1 Membres d'équipage de conduite.....	17
1.4.1.1 Commandant de bord.....	17
1.4.1.2 Pilote place droite	19
1.4.1.3 Mécanicien navigant.....	20
1.4.2 Autres membres d'équipage.....	20
1.5 Renseignements sur l'aéronef	21
1.5.1 Maintenance	21
1.5.2 Performances	21
1.5.3 Masse et centrage	22
1.5.4 Carburant.....	22
1.6 Conditions météorologiques.....	22
1.6.1 Prévisions	22
1.6.2 Observations.....	22
1.7 Aides à la navigation.....	22
1.8 Télécommunications	22
1.9 Enregistreurs de bord	23
1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	23
1.10.1 Examen de la zone.....	23
1.10.2 Examen de l'épave	25
1.11 Renseignements médicaux et pathologiques.....	30
1.11.1 Membres d'équipage de conduite.....	30
1.11.1.1 Commandant de bord.....	30
1.11.1.2 Pilote.....	30
1.11.1.3 Mécanicien navigant.....	30
1.11.1.4 Personnels embarqués.....	31
1.12 Survie des occupants	31
1.12.1 Organisation des secours	31
1.13 Essais et recherches.....	32
1.14 Incendie.....	32
1.15 Renseignements supplémentaires.....	32
2 Analyse	34
2.1 Séquence d'évènement.....	35
2.2 Commentaires des actions de l'équipage	38
2.2.1 Phase de transit vers l'air de poser (AP).....	38

2.2.2	Présentation en approche technique.....	38
2.2.3	Descente	39
2.2.4	Finale.....	40
2.2.5	Courte finale (en deçà de 8 mètres) :.....	40
2.2.6	Erreurs et lacunes identifiées.....	41
2.2.7	Modification de l'attitude de l'appareil et de la trajectoire en courte finale.....	42
2.3	Mécanisme de l'événement et facteurs influents.....	42
2.3.1	Pratique du poser poussière.....	42
2.3.2	Expérience de l'équipage de conduite.....	43
2.3.3	Composition de l'équipage et objectif de l'entraînement.....	43
2.3.4	Conclusion.....	45
3	Conclusion	46
3.1	Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement.....	46
3.1.1	Contexte de la mission.....	46
3.1.2	Expérience de l'équipage au poser poussière.....	46
3.1.3	Constats et témoignages.....	46
3.1.4	Éléments établis.....	47
3.2	Causes de l'événement.....	48
4	Recommandations de sécurité	49
4.1	Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement.....	50
4.1.1	Rupture du dialogue équipage.....	50
4.1.2	Procédure de poser poussière sous SIL.....	50
4.1.3	Composition des équipages et multiplicité des objectifs d'entraînement.....	51
4.1.4	Entraînement des équipages au poser poussière.....	52
4.1.5	Formation CRM des équipages.....	53
4.1.6	Remontée des informations.....	53
4.2	Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement.....	54
Annexes	55
1	Procédure de poser poussière de nuit sous JVN	56
2	Niveaux de nuit	59

GLOSSAIRE

ALAT	Aviation légère de l'armée de terre.
AP	Air de poser.
BATALAT	Bataillon de l'aviation légère de l'armée de l'air.
CDB	Chef de bord.
CEMPN	Centre d'expertises médicales du personnel navigant.
CRM	<i>Crew resource management</i> : gestion des ressources de l'équipage.
EA ALAT	Ecole d'application de l'aviation légère de l'armée de terre.
HM	Hélicoptère de manœuvre.
JVN	Jumelles vision nocturne.
MCO	Maintien en condition opérationnelle.
MRP	Moyeu rotor principal.
MVAVT	Mécanicien volant sur les appareils à voilure tournante.
MRAD	Méthode de reconnaissance d'approche et de décollage.
OMB	Officier marqueur baliseur.
OSV	Officier de sécurité des vols.
PCB HM	Pilote commandant de bord sur hélicoptère de manœuvre.
RCI	République de Côte d'Ivoire.
RPAP	Reconnaissance pratique d'aire de poser.
SIL	Système d'intensification de lumière.
SPRIM	Station portable de réception de l'information météo.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Table des photos

Photo n°1 : Horizon artificiel en place gauche_____	p 13
Photo n°2 : Horizon secours du poste pilote vu de la place gauche_____	p 13
Photo n°3 : Vue générale de l'environnement du site_____	p 23
Photo n°4 : Aire de poser visée par le pilote et position de l'épave_____	p 24
Photo n°5 : Position de l'épave sur le site et point de poser visé_____	p 25
Photo n°6 : Etat général de l'appareil, vu de dessus_____	p 26
Photo n°7 : Etat général de l'appareil, vu de dessous, et position des trains d'atterrissage _____	p 26
Photo n°8 : Etat de l'avant de la cabine_____	p 27
Photo n°9 : Etat de la partie avant inférieure de la cellule_____	p 27
Photo n°10 : Etat de la tige de puissance du vérin contrefiche du train avant_____	p 28
Photo n°11 : Rupture du doigt de verrouillage du train avant_____	p 28
Photo n°12 : Reconstitution schématique de la trajectoire prévue (bleu) et effectuée (rouge) par rapport à l'aire de poser visée et l'impact au sol du train avant_____	p 34

Table des figures

Figure n°1 : Localisation du lieu de l'évènement – cartes à l'échelle 1/4000 000 et 1/25 000 _____	p 15
---	------

SYNOPSIS

- Date de l'événement : 30 janvier 2007 à 20h40¹ ;
- Lieu de l'événement : Champ de tir de Grand Bassam, à 20 kilomètres environ à l'Est d'Abidjan, en République de Côte d'Ivoire ;
- Organisme : Armée de terre ;
- Unité : Bataillon de l'aviation légère de l'armée de terre – Licorne mandat XIV (BATALAT Licorne) – escadrille d'hélicoptères mixte de Port Bouet ;
- Aéronef : SA 330 BA Puma n° 1263 FMCPN ;
- Nature du vol : Entraînement système d'intensification de lumière (SIL) au poser poussière de nuit ;
- Nombre de personnes à bord : 07.

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'un entraînement au poser poussière de nuit sur une zone reconnue, l'hélicoptère touche durement le sol sur l'avant et se couche sur le flanc gauche.

Trois membres d'équipage sont légèrement blessés, l'appareil est fortement endommagé.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un enquêteur technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air), nommé directeur d'enquête technique.
- Un officier pilote sur Puma, de l'aviation légère de l'armée de l'air (ALAT).
- Un officier mécanicien du BATALAT ayant compétence sur ce type d'hélicoptère.
- Un médecin de l'Armée de l'air, spécialisé en médecine aérospatiale, affecté auprès du commandant de la force Licorne, à Abidjan.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales. Le décalage horaire en RCI est de – 1 heure avec la France.

Autres experts consultés

- Technicien de l'Armée de terre, ayant compétence sur le système NADIR² de l'appareil.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu téléphoniquement par le Bureau de sécurité des vols du commandement de l'aviation légère de l'armée de l'air (COMALAT) le 30 janvier 2007 à 23h50.

Le 31 janvier 2007, l'officier de sécurité des vols (OSV) et l'expert mécanicien ont effectué les premiers constats sur le site, en présence de la prévôté. L'expert mécanicien et l'expert médecin ont été désignés localement pour des raisons de proximité.

L'épave a été préservée sur le site et gardiennée jusqu'à l'arrivée des experts cités ci-dessus.

Le directeur d'enquête technique, accompagné de l'expert pilote désigné en métropole, s'est rendu en RCI le 1^{er} février 2007 en fin de journée. Le groupe d'enquête a été réuni à Abidjan le soir même et le BATALAT en a assuré le soutien.

Le lendemain, le groupe d'enquête s'est rendu sur le site de l'accident.

Des témoignages ont été recueillis les jours suivants auprès des membres d'équipage et autres personnels d'encadrement du BATALAT. L'expert mécanicien a procédé aux constats détaillés sur l'épave, ainsi qu'à son enlèvement du site le 03 février 2007.

Enquête judiciaire

- Un officier de police judiciaire de la Brigade prévôtale de Port Bouet en RCI a été commis.
- Le Tribunal aux armées de Paris s'est saisi de l'affaire.

² NADIR : navigateur autonome modulaire pour hélicoptère.

1 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Mission

Indicatif mission	3001-06-ABJ
Type de vol	Vol de nuit type CAM VN/SIL
Type de mission	Entraînement SIL au poser poussière de nuit
Dernier point de départ	Abidjan – Port Bouet
Heure de départ	19h45
Point d'atterrissage prévu	Abidjan – Port Bouet

1.1.2 Contexte

La mission était prévue dans le cadre d'un stage d'orienteurs marqueurs baliseurs (OMB)³, programmé du 29 janvier 2007 au 1^{er} février 2007 lors d'une fenêtre d'opportunité dans l'activité de l'unité. Le cadre et les modalités du stage étaient définis dans une note de service.

Le programme du stage comportait une phase pratique de nuit sur le terrain au profit de ces personnels. Un vol de nuit était ainsi prévu chaque jour sur la durée du stage afin de valider les aires de poser et l'acquis des stagiaires OMB.

Ces vols de nuit, entièrement consacrés à l'entraînement, procèdent également du maintien en condition opérationnelle des équipages en RCI.

La mission du Puma, exécutée de nuit sous SIL, consistait à effectuer des poser sur deux aires balisées par les OMB, ainsi qu'un entraînement au poser poussière sur une autre aire non balisée, mais reconnue de jour par le chef de bord (CDB).

³L'OMB est chargé de définir et de baliser au sol une aire de poser praticable destinée à recueillir de nuit un ou plusieurs hélicoptères, et d'assurer l'acquisition visuelle du pilote sur l'aire de poser par radio.

1.1.3 Déroulement

L'ensemble des phases décrites ci-après est basé sur les témoignages recueillis auprès des membres d'équipage.

1.1.3.1 Préparation du vol

La zone du champ de tir de Grand Bassam était connue des membres de l'équipage.

Un briefing sur les préceptes du poser poussière, exposés dans la fiche d'instruction dédiée, avait été fait récemment par le pilote à l'ensemble du détachement.

La mission a été préparée le matin du 30 janvier 2007 par le CDB, en liaison avec les OMB.

L'équipage de conduite a été composé en fonction des besoins d'entraînement de chacun. Le CDB, arrivé récemment sur le territoire, se ré-acclimatait aux conditions locales. Le pilote effectuait les poser sur le champ de tir, tandis qu'un second devait le remplacer aux commandes pour le vol retour et exécuter une finale aux instruments à Abidjan.

Un briefing spécifique a été effectué par le CDB avec chaque pilote.

Le CDB s'est enquis de l'activité de l'unité voisine à des fins de coordination sur le champ de tir, et un briefing complet de la mission a été effectué au BATALAT le soir en présence de tout l'équipage.

Nota : Aucun briefing vol de nuit commun aux deux unités en présence n'est prévu. La coordination (créneaux d'activation des zones, fréquences de contact) est assurée entre les unités par les contacts mutuels des chefs de mission dans chaque unité respective.

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

Le CDB avait effectué des « poser poussière » à son profit dans l'après-midi sur le champ de tir et avait reconnu les aires de poser pratiquées de nuit.

En particulier, il a effectué un poser poussière à l'endroit où l'évènement a eu lieu. Selon son témoignage, et celui d'autres équipages, cette aire était très poussiéreuse, mais bien identifiée, et considérée comme techniquement praticable et idéale pour l'entraînement à ce type de poser.

Le départ d'Abidjan et le transit côtier sont effectués sous SIL, conformément aux procédures, et n'appellent aucune remarque.

Le CDB entre en contact avec les OMB, qui l'informent que le champ de tir est toujours occupé par un Puma et une Gazelle en tir canon.

Dans l'attente de la fin d'activité de ces appareils, il fait pratiquer une méthode de reconnaissance d'approche et de décollage (MRAD) par le pilote sur une aire impromptue, à l'extérieur de la zone active. Le pilote exécute la manœuvre selon la procédure prévue et effectue un poser sur cette aire.

L'ensemble de la manœuvre est jugé d'un très bon niveau par le CDB, qui suit l'ensemble des actions du pilote en gardant les mains au contact des commandes.

Après un autre contact avec les OMB, signalant la fin du travail des autres appareils, deux procédures d'approche complètes avec poser sur les aires préparées et balisées⁴ par les OMB sont effectuées par le pilote.

Ces deux manœuvres sont également jugées d'un bon niveau par le CDB qui garde les mains non plus au contact des commandes, mais à proximité immédiate de celles-ci. L'équipage constate qu'un peu de sable et de poussière est soulevé lors de ces atterrissages, ce qui ne gêne néanmoins pas les manœuvres.

A l'issue du travail avec les OMB, le CDB désigne, comme prévu au briefing, une zone de poser au pilote afin qu'il exécute un poser poussière. Cette désignation est effectuée sur le travers droit de l'appareil pour faciliter l'acquisition par le pilote, au Sud de cette zone.

Le pilote confirme au CDB l'acquisition visuelle de la zone à une croisée de pistes, qu'il reconnaît pour l'avoir déjà pratiquée, et qui se détache nettement en contraste sous SIL. Le CDB lui dit alors de se présenter en approche directe, sans reconnaissance pratique d'aire de poser (RPAP).

⁴ Ces aires sont balisées par deux crayons luminescents disposés selon l'axe de finale et de poser, de part et d'autre de l'aire. L'hélicoptère se pose entre les deux crayons.

1.1.3.3 Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Après un large virage par la droite, le pilote présente l'appareil sur un axe d'approche matérialisé par une piste rectiligne selon un cap 290° environ. L'appareil est ainsi présenté directement sous son angle d'approche, à environ 50 mètres/sol, en réduction de vitesse et sans marquer le stationnaire.

L'attitude de l'appareil est validée sur l'horizon artificiel par l'équipage et le pilote la verrouille au pilote automatique. Les feux sont coupés, et l'index de la radiosonde est réglé à zéro.

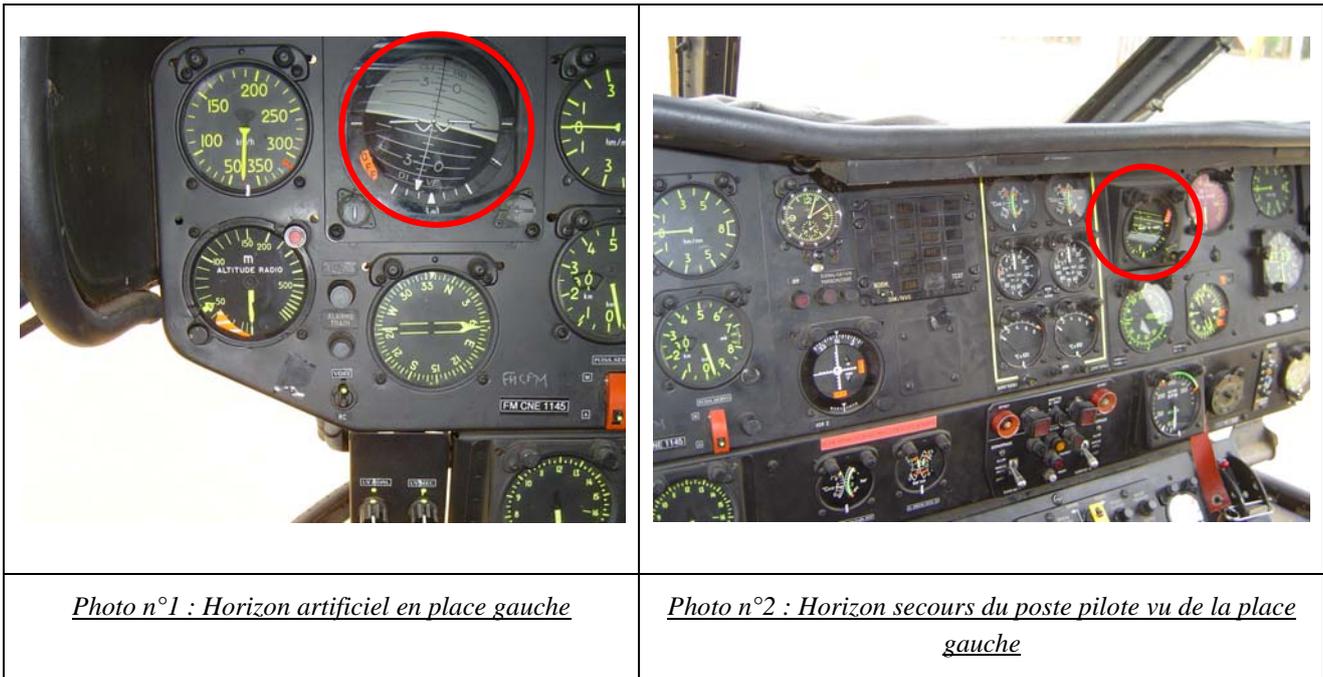
La vitesse de défilement SIL adoptée est volontairement un peu plus rapide que la normale⁵ à cause de la poussière prévisible en phase finale.

Le pilote prend un axe de finale parallèle à la piste orientée au cap 290°, et décalé à gauche de celle-ci afin de la garder en visuel latéralement à sa droite tout au long de la finale. Il détermine l'aire de poser légèrement à gauche du carrefour des pistes. Il porte son attention exclusivement sur les repères extérieurs, en regardant vers la droite, du plus près au plus loin, et surveille le défilement.

En cours de descente, le mécanicien navigant annonce régulièrement les hauteurs de passage, ainsi que la vitesse indiquée et le taux de descente.

Le pilote annonce ses actions et le CDB vérifie la cohérence de l'attitude et des paramètres annoncés. En particulier, il contrôle l'attitude de l'appareil sur l'horizon secours du poste pilote, car l'horizon de son poste n'est pas éclairé et non exploitable sous SIL.

⁵ Une définition non écrite mais communément admise de la vitesse normale en finale SIL est celle « d'un homme au pas ». Cette vitesse de translation ne peut être appréciée qu'à l'aide des repères extérieurs. On parle alors d'acquisition « défilement JVN ».



A quinze mètres, les personnels vigies en place arrière ferment les portes latérales de la soute, car le nuage commence à environner l'appareil.

Le CDB demande pour la première fois au pilote s'il voit le sol. Ce dernier lui répond par l'affirmative.

A dix mètres, l'équipage a toujours la vue du sol, ainsi que les vigies. Le taux de descente est lu à 0,6 hectomètres/minute. En deçà des dix mètres, les vigies perdent la vue du sol.

Le CDB demande pour la deuxième fois au pilote s'il voit toujours le sol. Ce dernier lui répond par l'affirmative.

Le mécanicien navigant annonce huit mètres. Il perd ensuite la vision périphérique.

A l'annonce des cinq mètres, le CDB demande au pilote de prendre ses repères et confirme qu'il a les siens (grosses touffes d'herbe). Le nuage de poussière enveloppe l'appareil.

Le CDB demande pour la troisième fois au pilote s'il a le visuel du sol, mais n'obtient pas de réponse. Il contrôle alors la radiosonde, sur laquelle il lit une indication proche de zéro⁶,

⁶ L'aiguille de la radiosonde est aperçue entre les deux premières graduations, soit entre 0 et 5 mètres.

puis l'horizon secours du poste pilote, sur lequel il constate une assiette légèrement négative (point sous la barre) avec un léger roulis à gauche.

Dans le même temps, le pilote, qui n'a plus le visuel du sol dans le carreau inférieur, s'attache à maintenir l'attitude de l'appareil, en attendant le toucher des roues qu'il estime imminent.

Jugeant la situation non conforme, le CDB veut aussitôt reprendre les commandes et ressent simultanément un choc violent vers l'avant. La bulle inférieure éclate, l'appareil bascule sur la gauche et du sable entre dans la cabine. Le CDB ressent l'appareil se traîner sur le côté gauche avant son immobilisation.

Le pilote tire le levier de pas général et incline le pas cyclique vers la droite pour contrer le basculement vers la gauche de la machine. Il baisse le pas lorsqu'il ressent les pales du rotor principal frapper le sol.

Le CDB tire sur une commande de coupe-feu moteur, le mécanicien navigant tire sur la deuxième et actionne la barrette de crash.

Le pilote largue sa porte et l'équipage de conduite évacue par cette voie. Les autres personnels évacuent par la porte latérale droite, ouverte par l'impact.

Les personnels présents à l'arrière ont fait état de rougeoiements et de sable incandescent projeté à l'intérieur de la soute du côté gauche aussitôt que l'appareil se soit couché. Deux d'entre eux ont été légèrement brûlés. Les tuyères sont restées rougeoyantes un moment après l'évacuation des personnels, sans toutefois provoquer d'incendie.

Les témoignages des OMB, situés à environ deux kilomètres à l'Est du site, font état d'un flash lumineux et d'étincelles, d'un bruit sourd, ainsi que du soulèvement de la poutre de queue de l'appareil visible au dessus du nuage de poussière.

1.1.4 Localisation

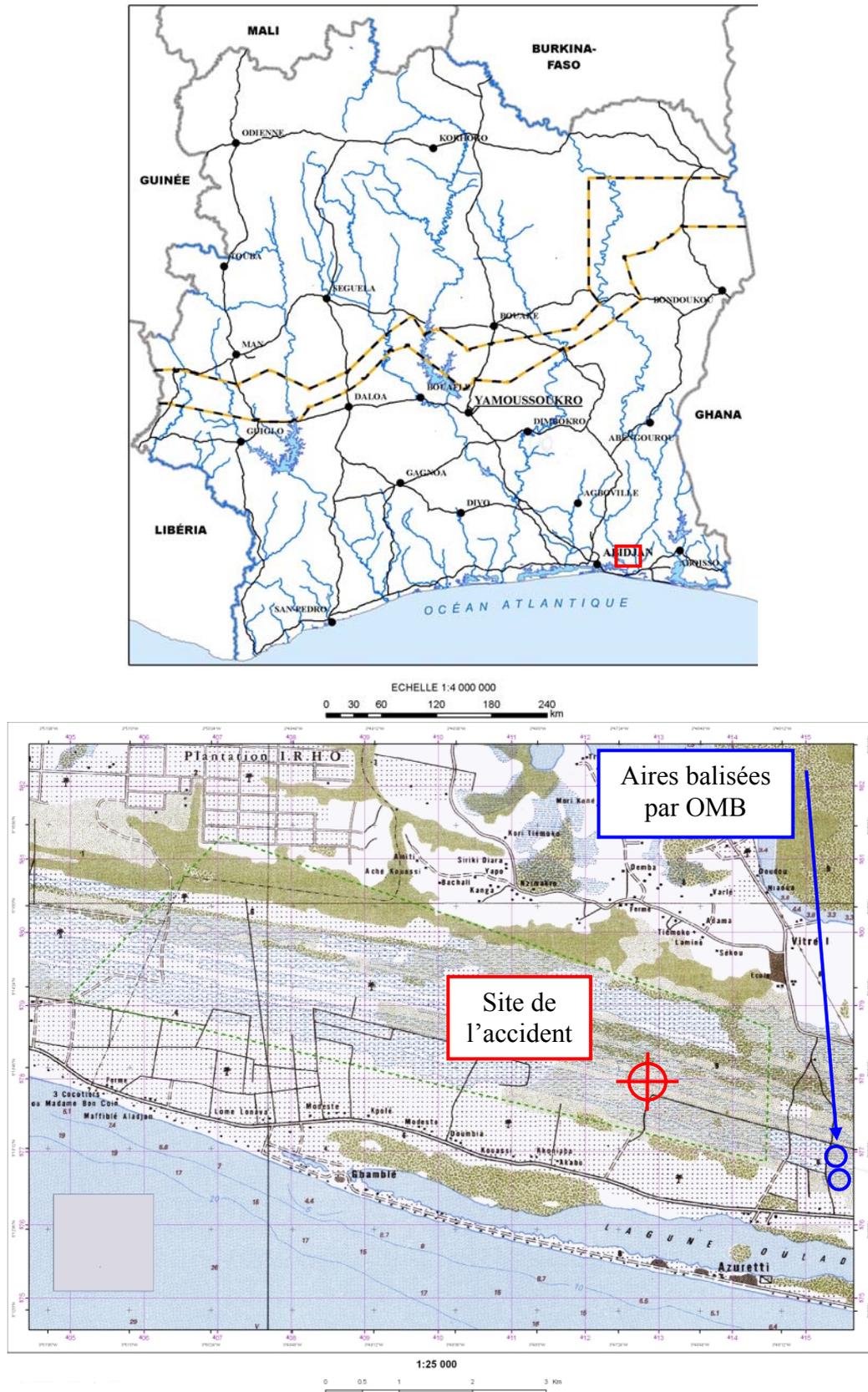


Figure n°1 : Localisation du lieu de l'évènement – cartes à l'échelle 1/4000 000 et 1/25 000

➤ Lieu :

⇒ pays : République de Côte d'Ivoire ;

⇒ commune : Nord-Ouest de Grand Bassam ;

⇒ coordonnées géographiques :

▪ N 05° 13' 33'' ;

▪ W 003° 47' 12''.

⇒ altitude du lieu de l'événement : 20 ft⁷ (mesure GPS).

➤ Moment : Nuit ;

➤ Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Aéroport d'Abidjan à 10 Nm⁸ environ dans le 280° du lieu de l'événement.**1.2 Tués et blessés**

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères / Aucunes	01 / 02	03 / 01	

⁷ Ft : *feet* – pieds (1 ft ≈ 0,30 mètre).

⁸ Nm : *Nautical Miles* : mile nautique.

1.3 Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
		X		

1.4 Renseignements sur le personnel

1.4.1 Membres d'équipage de conduite

1.4.1.1 Commandant de bord

- Age : 32 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : 6^{ème} régiment d'hélicoptères de combat ;
- Formation :
 - ⇒ qualification : Pilote commandant de bord sur hélicoptère de manœuvre (PCB HM) ;
 - ⇒ école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EA ALAT) Dax, année de sortie 1994 ;
 - ⇒ Stage CRM ⁹ le 12 novembre 2001 ;
 - ⇒ Moniteur depuis le 24 octobre 2006.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont SA 330 Puma	Sur tous types	Dont SA 330 Puma	Sur tous types	Dont SA 330 Puma
Total	3035	802	184	184	44,3	44,3
Dont nuit	316	123	37	37	5,9	5,9
Dont SIL	170	103	25	25	1,6	1,6
Dont VSV	310	172	43	43	9,4	9,4

⁹ CRM : *crew resource management* : gestion des ressources de l'équipage.

- Date du dernier vol comme pilote, sur l'aéronef :
 - de jour : 30 janvier 2007 ;
 - de nuit : 23 janvier 2007.
- Dernier poser poussière :
 - de jour : 30 janvier 2007 ;
 - de nuit : octobre 2006 / Maroc.
- Carte de circulation aérienne :
 - ⇒ type : Carte verte – instructeur IFR ;
 - ⇒ date d'expiration : 19 octobre 2007.
- Expérience opérationnelle antérieure :
 - ⇒ Deux séjours de deux mois en RCI en 2004 et 2006 ;
 - ⇒ Tchad en 2005.
- Autres :

Arrivé en RCI le 25 janvier 2007, soit cinq jours avant l'évènement. A effectué un vol depuis son arrivée sur le territoire, l'après-midi du 30 janvier 2007.

1.4.1.2 Pilote place droite

- Age : 25 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : 6^{ème} régiment d'hélicoptères de combat ;
- Formation :
 - ⇒ qualification : Pilote hélicoptère de manœuvre (HM);
 - ⇒ école de spécialisation : EA ALAT Dax / année de sortie 2005.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	Dont SA 330 Puma	Sur tous types	Dont SA 330 Puma	Sur tous types	Dont SA 330 Puma
Total	400	145	118	118	29,30	29,30
Dont nuit	72	123	13,5	13,5	0,9	0,9
Dont SIL	55	103	12,7	12,7	0,9	0,9

- Date du dernier vol comme pilote, sur l'aéronef :
 - de jour : 29 janvier 2007 ;
 - de nuit avec jumelle vision nocturne (JVN) : 28 novembre 2006.
- Dernier poser poussière :
 - Jour : quelques jours auparavant / RCI ;
 - Nuit, sous SIL : septembre 2006 / Tchad (unique poser poussière effectué de nuit, lors d'une évacuation sanitaire).
- Expérience opérationnelle antérieure :
 - Tchad en septembre / octobre 2006.
- Autres :
 - Pilote apte vol de nuit, non qualifié IFR (doit effectuer le stage en novembre 2007).

N'a pas effectué le stage CRM.

Arrivé en RCI le 07 décembre 2006.

1.4.1.3 Mécanicien navigant

- Age : 37 ans ;
- Sexe : masculin ;
- Unité d'affectation : 6^{ème} régiment d'hélicoptères de combat ;
- Formation :
 - ⇒ qualification : mécanicien volant sur des appareils à voilure tournante (MVAVT) ;
 - ⇒ école de spécialisation : ESAM Bourges ;
 - ⇒ année de sortie d'école : 2003.
- Expérience aéronautique
 - ⇒ Totale : 1646,5 heures ;
 - ⇒ sur l'aéronef : 996 dont 181,4 de nuit ;
 - ⇒ dans les six derniers mois : 130 dont 14 de nuit.
- Expérience opérationnelle antérieure :
 - ⇒ RCI en 2003, 2004 et 2006.
- Autres :

Arrivé en RCI le 07 décembre 2006.

1.4.2 Autres membres d'équipage

- Un pilote qualifié PCB HM, officier de sécurité des vols du BATALAT, embarqué en place arrière droite en tant qu'observateur. Il est branché sur le réseau de bord.
- Un pilote qualifié PCB HM, embarqué en place arrière gauche en tant que second pilote, équipé SIL, mais non branché sur le réseau de bord.

- Deux personnels « vigies¹⁰ » installés de part et d'autre de la cabine arrière face aux portes latérales, équipés SIL et branchés sur le réseau de bord.

1.5 Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Armée de terre ;
- Commandement organique (ou opérationnel) d'appartenance : Force LICORNE ;
- Base aérienne de stationnement : Port-Bouet ;
- Unité d'affectation : BATALAT LICORNE – escadrille d'hélicoptères mixte ;
- Type d'aéronef : SA 330 valorisé radar :
 - ⇒ configuration : transport de troupe, sans armement ;
 - ⇒ caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	PUMA	1263	7357,1	FAB : 7357	EMJ:869
Moteur 1	Turmo III C 4	1128-2422	2129,6	pose : 618	VP : 1511
Moteur 2	Turmo III C 4	2416-1068	1489,4	pose : 682	VP : 1343,5

1.5.1 Maintenance

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

1.5.2 Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

Au moment de l'évènement, les performances de l'appareil, compte tenu de la masse et des conditions environnementales, permettaient de réaliser tous types d'approche et de décollage avec une bonne réserve de puissance.

¹⁰ Les vigies sont chargées d'assurer une surveillance périphérique de l'environnement de l'aéronef et complètent ainsi les observations de l'équipage de conduite, notamment en détection d'obstacles, à l'approche du sol.

1.5.3 Masse et centrage

Le devis de masse recalculé par le groupe d'enquête établit une masse de 6385 kg au décollage, soit environ 5800 kg lors de l'évènement.

Dans cette configuration, le centrage était dans les normes.

1.5.4 Carburant

- Type de carburant utilisé : TR0 F 35 ;
- Quantité de carburant au décollage : 1550 litres ;
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 950 litres.

1.6 Conditions météorologiques

1.6.1 Prévisions

Les prévisions locales, établies à partir des modèles fournis par Météo France, donnent les indications suivantes :

Vent 230°/ 10 kt¹¹; visibilité six kilomètres ; QNH¹² 1010 ; pas de nébulosité significative.

1.6.2 Observations

Les observations sont conformes aux prévisions et font état de bonnes conditions pour la mission.

En particulier, la température relevée lors du décollage d'Abidjan était de 28°C, et le niveau de nuit était de 1 à 2¹³ avec clair de lune (voir annexe 2, « *définition des niveaux de nuit* »).

1.7 Aides à la navigation

L'appareil est équipé en particulier d'un calculateur NADIR et d'un GPS.

1.8 Télécommunications

L'équipage était en contact radio avec les OMB, situés sur le champ de tir.

¹¹ Kt : *knots* = nœuds (1 kt ≈ 1,852 km).

¹² QNH : indique la pression ramenée au niveau de la mer.

¹³ Luminosité correspondant à une nuit claire à très claire.

1.9 Enregistreurs de bord

L'appareil n'est équipé d'aucun enregistreur.

1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.10.1 Examen de la zone

Le champ de tir de Grand Bassam est une vaste bande sablonneuse, parallèle au trait de côte, et dégagée de toute végétation dense. Le sable est recouvert d'herbe clairsemée.

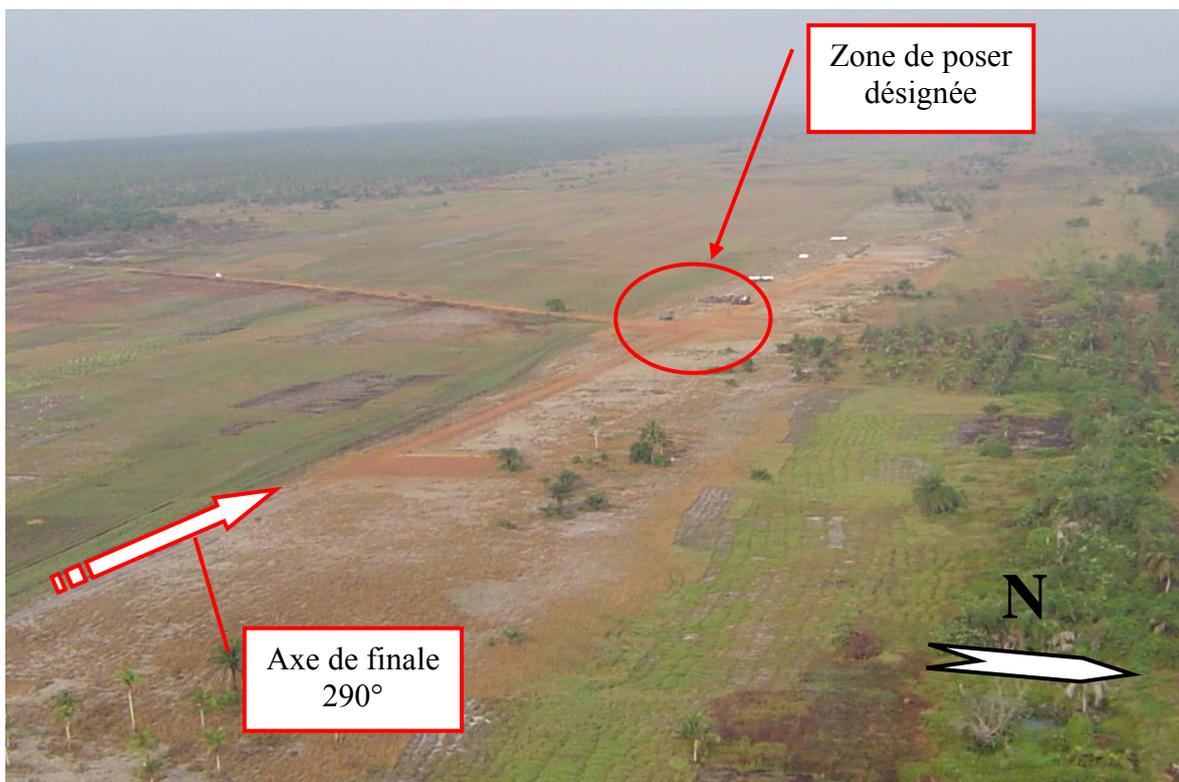


Photo n°3 : Vue générale de l'environnement du site

L'aire de poser désignée est située à un carrefour de pistes d'accès aux différents pas de tir. Ces pistes sont revêtues de gravier et de latérite rapportés sur le sable et damées. L'axe de finale a été déterminé en fonction des secteurs de dégagement et du vent, soit parallèle à la capitale de tir.

L'aire de poser visée par le pilote est située à l'angle Sud-Est du carrefour. A cet endroit, une surface revêtue du même matériau que les pistes a été aménagée afin de permettre les manœuvres des véhicules terrestres.

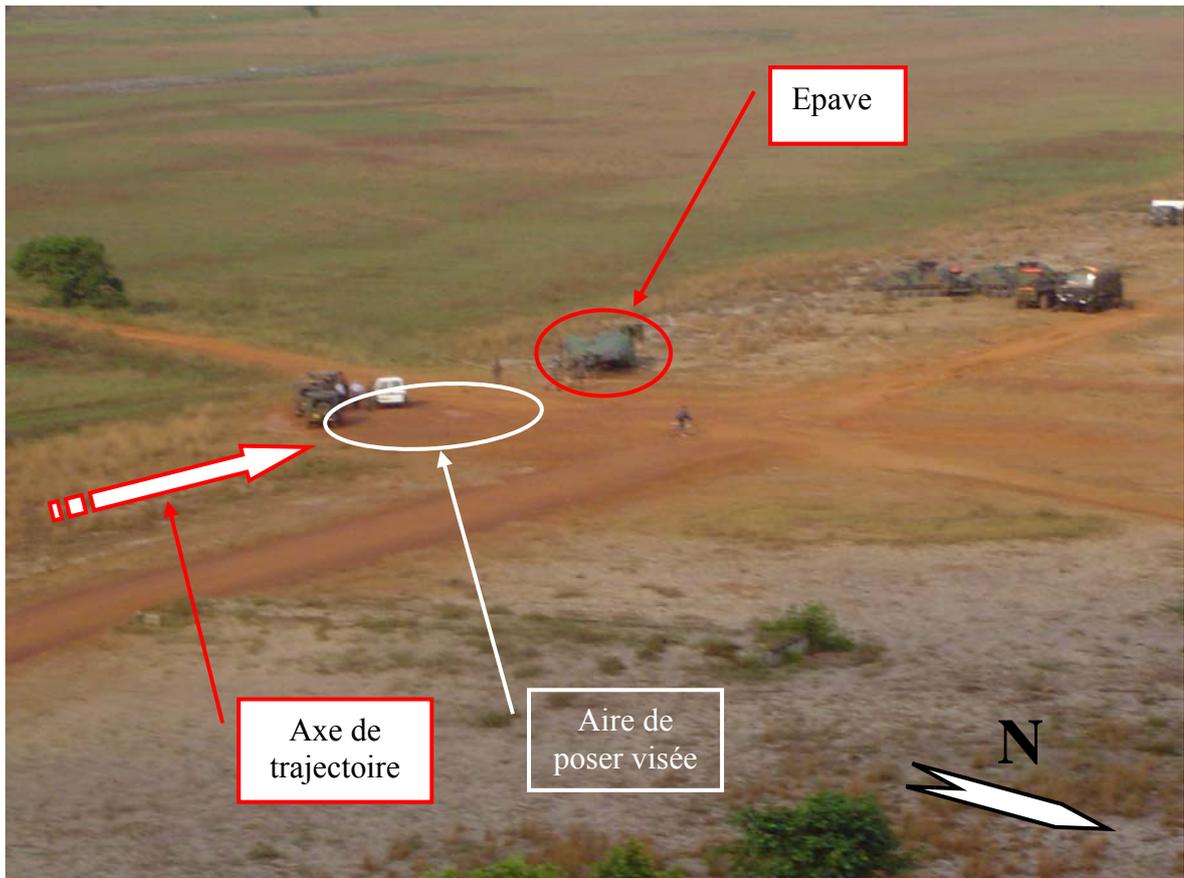


Photo n°4 : Aire de poser visée par le pilote et position de l'épave

Les surfaces damées offrent une résistance supérieure à celle du sable herbeux environnant. Cependant, avec la sécheresse (deux mois de sécheresse depuis le début de l'année 2007) et les mouvements de véhicules, celles-ci sont couvertes d'une couche de poussière pulvérulente, plus légère que le sable de l'environnement immédiat du carrefour. Les surfaces ainsi revêtues sont nettement délimitées et se détachent sur le fond du paysage par leur teinte ocre, et en particulier par différence de contraste de nuit sous SIL.

Aucune trace de toucher des roues ou d'autres parties de l'appareil n'a été relevée sur l'aire de poser visée ni sur aucune surface revêtue.

Les seules traces d'impact identifiées sont situées sur la partie sablonneuse, indiquant que l'appareil a touché le sol au delà du point de poser visé pour dix-sept mètres environ¹⁴, dans le sable.

¹⁴ Distance estimée entre la position probable du train avant en cas de poser sur l'aire visée et la trace laissée par l'impact du train avant dans le sable

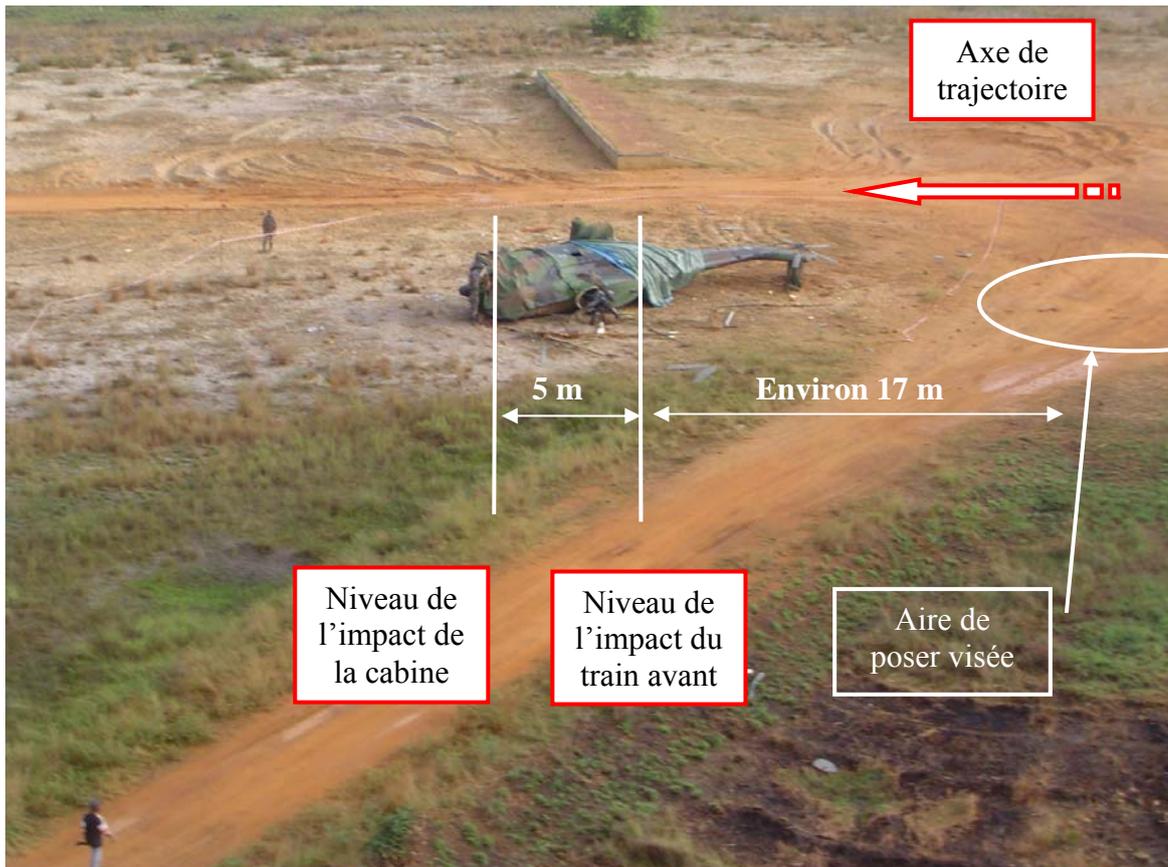


Photo n°5 : Position de l'épave sur le site et point de poser visé

Une trace profonde laissée dans le sable par le train avant et positionnée au niveau de la jonction de la poutre de queue, sous l'appareil, marque l'emplacement du premier contact avec le sol, dix-sept mètres environ au-delà de la zone de poser visée. Le train avant s'y est enfoncé et bloqué. Les traces laissées par les trains principaux, peu marquées, sont retrouvées en amont de celle du train auxiliaire.

Une seconde trace, située environ cinq mètres plus loin, et au niveau de laquelle sont concentrés des débris de plexiglas, marque l'impact de l'appareil sur l'avant de la cabine. L'appareil est immobilisé sur le flanc gauche au niveau de cette trace.

La zone d'impact est couverte de débris de pales, projetés à plusieurs dizaines de mètres.

1.10.2 Examen de l'épave

L'appareil gît sur le flanc gauche, entier, avec une divergence d'environ 20° à gauche par rapport à son axe d'approche.



Photo n°6 : Etat général de l'appareil, vu de dessus



Photo n°7 : Etat général de l'appareil, vu de dessous, et position des trains d'atterrissage



Photo n°8 : Etat de l'avant de la cabine



Photo n°9 : Etat de la partie avant inférieure de la cellule

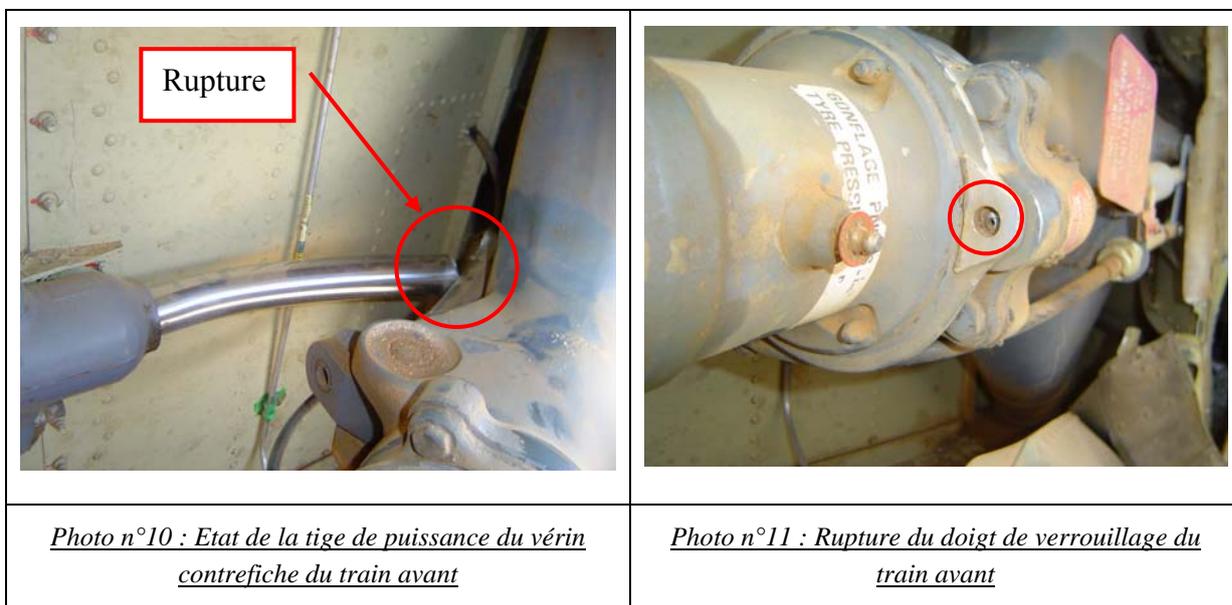
Constats significatifs :

➤ ***Au niveau de la cellule :***

- ⇒ La partie avant inférieure de la cabine et du plancher cabine est enfoncée d'environ quarante centimètres sur toute sa largeur, avec bris des plexiglas latéraux et centraux et recul des blocs palonniers. Le radôme du radar météo est cassé ;
- ⇒ Les deux portes latérales du cargo sont ouvertes ;
- ⇒ La continuité des commandes de vol est effective.

➤ ***Au niveau des atterrisseurs :***

- ⇒ Le train avant s'est effacé et est replié dans son logement. La tige de puissance du vérin contrefiche est flambée et rompue. Le doigt de verrouillage dans l'axe du train avant est sorti et rompu. Les roues sont exemptes de marquage et libres en mouvement ;
- ⇒ Les trains principaux sont sortis et verrouillés, les roues sont exemptes de marquages et libres en mouvement.



➤ ***Au niveau du moyeu rotor principal (MRP) et du rotor principal***

Les pales du rotor principal sont détruites et le MRP est fortement endommagé.

➤ ***Au niveau de la poutre de queue et de la transmission arrière***

- ⇒ La poutre de queue est solidaire de la cellule et présente des froissements au niveau de sa jonction. La béquille ne présente aucun marquage. Le plan horizontal gauche est cassé et plié vers le haut ;
- ⇒ La cinématique de transmission de puissance arrière tourne librement et le rotor anti-couple (RAC) ne présente pas d'endommagement visible. La continuité des commandes de vol est effective.

➤ ***Au niveau des groupes turbo moteur (GTM)***

- ⇒ Les filtres anti-sable entrée d'air polyvalent (EAP) sont en place ;
- ⇒ L'examen des bouchons magnétiques ne révèle pas d'anomalie et les témoins de colmatage ne sont pas apparents ;
- ⇒ Les aubes des compresseurs ne présentent pas d'endommagement visible.

➤ ***Au niveau du cockpit***

- ⇒ La palette est sur position train sorti, la commande de verrouillage dans l'axe du train avant est tirée. Le frein de parc est libre ;
- ⇒ Les coupe-feu sont tirés et la barrette d'arrêt d'urgence a été actionnée ;
- ⇒ Les feux anti-collision et de position sont sur arrêt, la commande du phare est sur marche. Les indicateurs radiosonde sont pratiquement à zéro, *flags* apparents et leur voyant d'alarme est occulté à l'aide d'un adhésif épais. Les variomètres sont figés à des valeurs négatives de 10 à 30 mètres/minute ;
- ⇒ La commande de pas général est en position intermédiaire et l'indicateur de pas est bloqué à 12,45 degré.

1.11 Renseignements médicaux et pathologiques

1.11.1 Membres d'équipage de conduite

1.11.1.1 Commandant de bord

- Visite révisioennelle au centre d'expertises médicales du personnel navigant (CEMPN) le 12 mai 2006, apte pilote d'hélicoptère, validité 12 mois (pilote instructeur) ;
- Dernier examen médical : visite à l'unité
 - ⇒ type : Visite révisioennelle du personnel navigant ;
 - ⇒ date : 17 novembre 2006 ;
 - ⇒ résultat : Aptitude maintenue ;
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Examens biologiques : (prélèvements et alcootest) non contributifs ;
- Blessures : contusions simples au genou gauche, épaules et thorax.

1.11.1.2 Pilote

- Visite révisioennelle au CEMPN le 07 septembre 2005, apte pilote d'hélicoptère, validité 24 mois ;
- Dernier examen médical : visite à l'unité
 - ⇒ Type : Visite révisioennelle du personnel navigant ;
 - ⇒ Date : 26 janvier 2007 ;
 - ⇒ résultat : Aptitude maintenue ;
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Examens biologiques : (prélèvements et alcootest) non contributifs ;
- Blessures : légères, dont une dermabrasion cuisse gauche.

1.11.1.3 Mécanicien navigant

- Visite révisioennelle au CEMPN le 31 mai 2006, apte mécanicien navigant ALAT, validité 24 mois ;

- Dernier examen médical : visite à l'unité ;
 - ⇒ type : Visite révisionnelle du personnel navigant ;
 - ⇒ date : 02 novembre 2006 ;
 - ⇒ résultat : aptitude maintenue ;
 - ⇒ validité : 6 mois.
- Examens biologiques : (prélèvements et alcootest) non contributifs ;
- Blessures : aucune.

1.11.1.4 Personnels embarqués

Les personnels embarqués en soute présentent les aptitudes nécessaires à leur présence à bord.

- Les deux personnels embarqués en tant que vigies présentent quelques brûlures légères (2^{ème} degré) ;
- L'OSV du BATALAT, se plaint d'une douleur dorsale ;
- Le deuxième pilote embarqué est indemne de toute lésion traumatique.

1.12 Survie des occupants

1.12.1 Organisation des secours

L'alerte a été donnée conjointement par le CDB et le pilote en soute, qui, aussitôt l'appareil évacué, ont prévenu le BATALAT à l'aide de leur téléphone portable personnel.

Le BATALAT a alerté l'infirmerie de la 43^{ème} brigade d'infanterie de marine (BIMa) et les opérations du poste de commandement interarmée de théâtre (PCIAT).

L'imprécision des premières informations transmises a induit un doute concernant le nombre de personnes exact, blessées ou présentes à bord.

Un convoi sanitaire, composé de trois véhicules, d'une équipe médicale de cinq personnes, et accompagné d'un véhicule de pompiers et d'une escorte de la gendarmerie mobile quitte le camp militaire vers 21h35 et arrive sur le site à 21h55.

Dans le même temps, les OMB, témoins de l'accident, se sont rendus rapidement sur les lieux afin de sécuriser le site, de porter secours à l'équipage et de guider les secours.

L'équipage et les passagers ont été pris en charge par l'équipe médicale et rapatriés ensuite vers le 43^{ème} BIMA.

L'établissement d'un *check point* sur la route du retour par la police locale, ne pouvant être franchi aisément sans escorte, a conduit à regrouper le convoi initial, retardant d'autant le rapatriement sanitaire vers le camp militaire, qui sera effectif à 23h30.

1.13 Essais et recherches

Néant

1.14 Incendie

Aucun incendie ne s'est déclaré. Cependant, les moteurs ont continué à fonctionner environ quinze secondes après que l'appareil se soit couché et avant que l'équipage n'actionne les coupe-feu. Dans cette configuration, les gaz provenant de la tuyère gauche ont pénétré dans la soute de l'appareil, projetant des particules et du sable à très haute température, ce qui a brûlé les objets situés à proximité (sac à casque, chaussure d'une des deux vigies) et deux personnels vigies légèrement.

1.15 Renseignements supplémentaires

- L'appareil, ainsi que le parc d'hélicoptères Puma, n'est pas équipé de balise de détresse à déclenchement.
- L'entraînement au poser poussière n'est réalisé que dans les zones de climat chaud (Afrique), le territoire de la métropole ne présentant pas, selon les témoignages, les conditions optimales. Ainsi, cet exercice délicat, justifié par l'emploi opérationnel, est pratiqué de manière très épisodique par le personnel, exclusivement à l'occasion des détachements extérieurs.
- Le maintien en condition opérationnelle (MCO) spécifique ALAT (vol aux instruments, vol de nuit sous JVN, poser poussière) n'avait pu être réalisé en début de mandat suite à des contraintes d'emploi (hélicoptère), techniques et météorologiques. Le déficit d'entraînement a été souligné par les acteurs du détachement.

- Le 26 janvier 2007, une gazelle a effectué un atterrissage dur au même endroit et dans les mêmes conditions. Le témoignage de l'équipage a confirmé une densité importante de poussière. L'incident n'a pas été commenté entre les équipages hélicoptères légers et HM.

2 ANALYSE

Les constats effectués sur le site et l'épave montrent que :

L'appareil a dépassé le point de poser visé d'environ dix sept mètres avant de toucher le sol, en translation et en deux temps :

- Dans un premier temps avec le train avant, donc avec une assiette légèrement à piquer. Le train avant s'est enfoncé dans un sol meuble lors du premier impact, ce qui a provoqué une décélération brutale, entraînant la déformation puis la rupture statique de la tige de puissance du vérin contrefiche du train avant, et l'effacement de ce dernier ;
- Dans un deuxième temps avec la partie inférieure avant de la cabine, cinq mètres au delà du premier impact, provoquant l'enfoncement de celle-ci et l'arrêt de la translation. L'appareil s'est ensuite couché sur le flanc gauche.

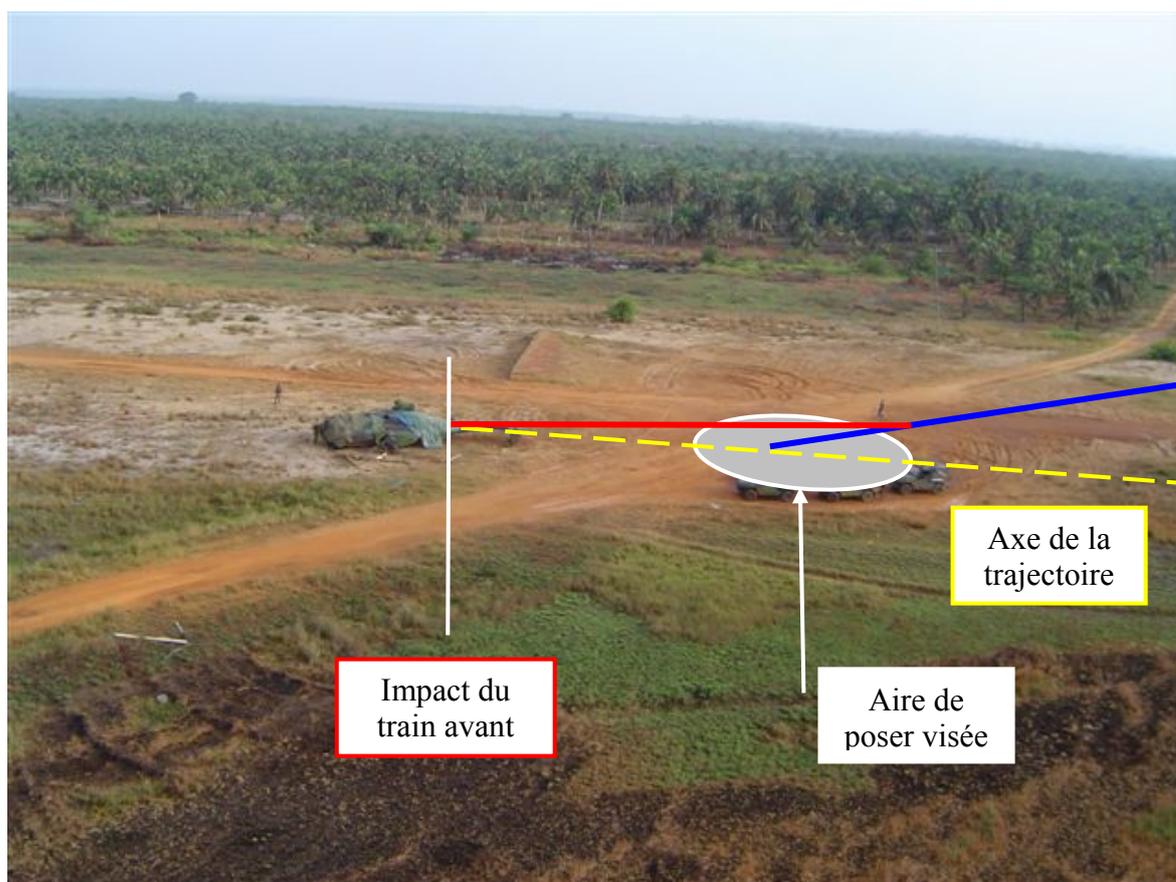


Photo n°12 : Reconstitution schématique de la trajectoire prévue (bleu) et effectuée (rouge) par rapport à l'aire de poser visée et l'impact au sol du train avant

Une modification de trajectoire et d'attitude de l'hélicoptère à proximité du sol a conduit à dépasser l'aire de poser définie et toucher le sol avec une assiette négative, sur un sol non stabilisé, entraînant l'effacement du train avant et la perte de contrôle de l'appareil lors de ce contact.

De plus, les témoignages recueillis auprès de l'équipage attestent que :

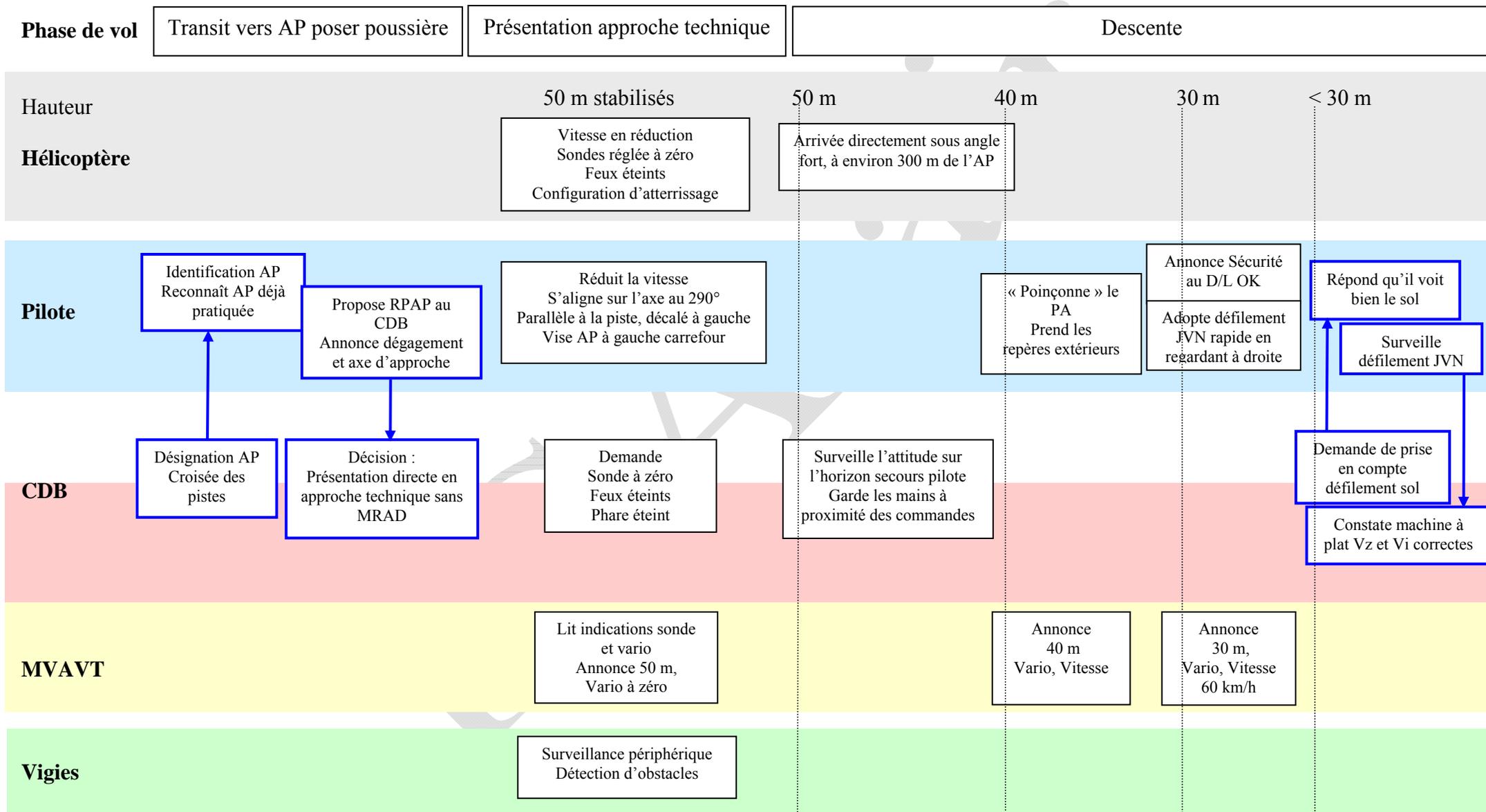
- L'appareil était parfaitement pilotable et ne présentait aucune défaillance ou dysfonctionnement de ses systèmes, de ses commandes de vol ou de sa motorisation, et ce durant tout le vol. Les examens effectués sur l'épave et la documentation de suivi valident ce témoignage ;
- Le train était verrouillé bas et la roulette de nez était verrouillée dans l'axe ;
- Les SIL de l'équipage de conduite (type OB 56 A de troisième génération) présentaient des performances nominales en vision des contrastes ;
- Les conditions aérologiques, de température et de luminosité ambiantes étaient optimales pour ce type de vol ;
- Compte tenu de sa masse et des conditions extérieures, l'appareil évoluait dans son domaine de vol et présentait une marge de puissance excédentaire ;
- L'hélicoptère était installé sur la trajectoire déterminée en fonction du point de poser visé jusqu'en deçà d'une hauteur de 10 mètres / sol, soit jusqu'à ce que le nuage de sable et de poussière commence à environner l'appareil ;
- Le pilote a perdu les références extérieures dans le nuage de poussière.

Ces constats et témoignages concordants permettent d'écarter toute cause d'origine technique ou environnementale et de privilégier les causes liées au facteur humain.

L'analyse qui va suivre évaluera ces causes au travers notamment de la présentation commentée de la séquence d'évènement et des actions de l'équipage.

2.1 Séquence d'évènement

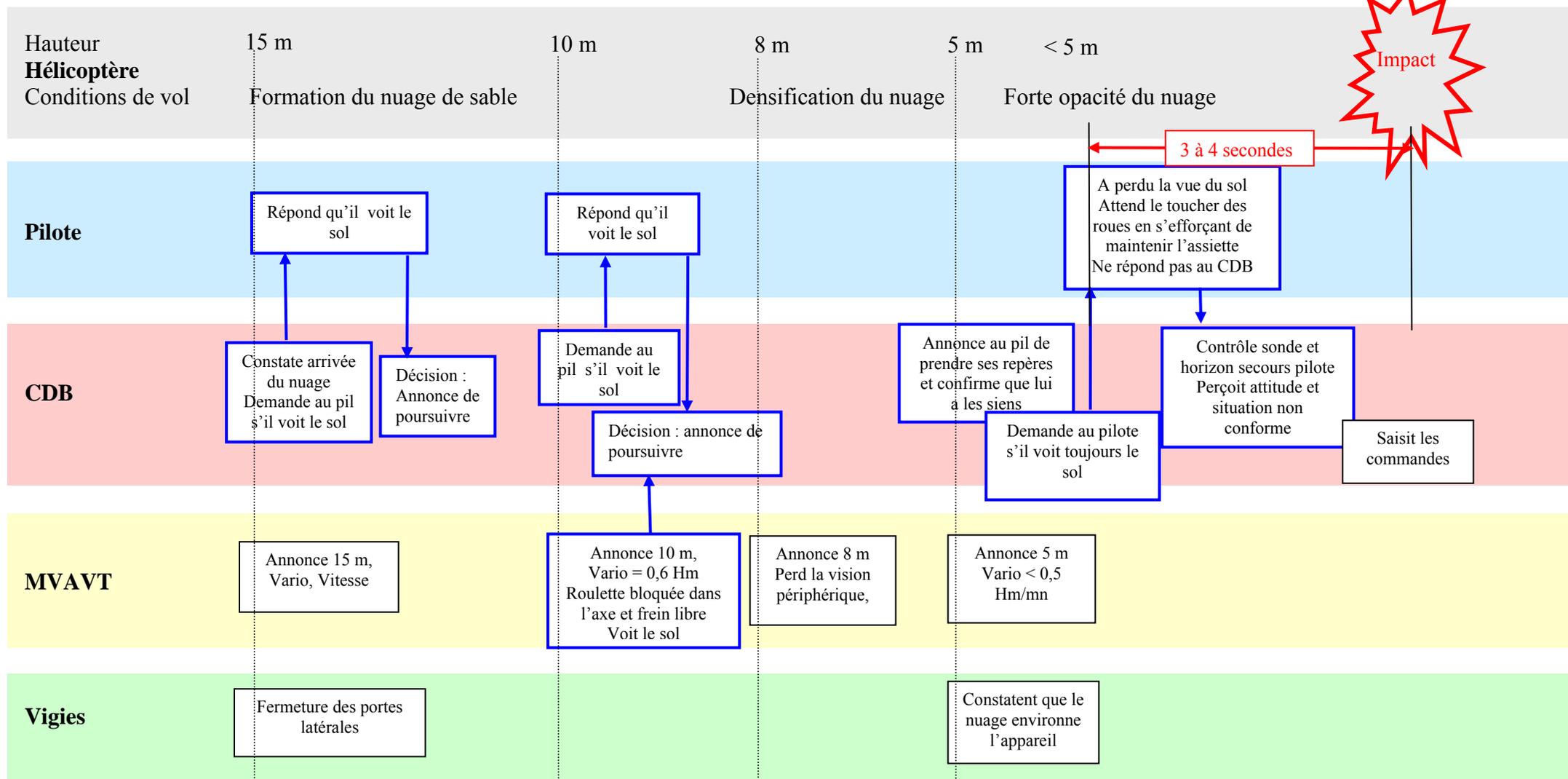
Séquence d'évènement (reconstituée à partir des témoignages de l'équipage)



Séquence d'évènement (suite)

Phase de vol

Finale sur AP



2.2 Commentaires des actions de l'équipage

Cette séquence fait apparaître les rôles de chacun des membres de l'équipage de conduite chronologiquement au cours de quatre phases distinctes : le transit vers l'aire de poser, la présentation en approche technique, la descente jusqu'à une quinzaine de mètres, et la finale sur l'aire de poser.

2.2.1 Phase de transit vers l'air de poser (AP)

Lors de la désignation et de l'identification de l'AP par le pilote, le dialogue est clair et sans ambiguïté. La décision du CDB d'une présentation directe en approche technique est logique compte tenu de la connaissance préalable du pilote de la zone définie. Elle traduit la confiance du CDB envers le pilote aux commandes et l'ambiance sereine qui règne dans la cabine.

2.2.2 Présentation en approche technique

Lors de cette phase, le pilote se présente à 50m/sol, sur l'axe qu'il a déterminé et sans marquer de stationnaire. La zone étant connue des deux pilotes, le stationnaire avant la mise en descente sous angle fort¹⁵ ne s'impose pas. Les différents acteurs (CDB, MVAVT, Vigies) interviennent chacun dans leur rôle respectif.

Un point est néanmoins à relever :

- Le pilote vise un point de poser décalé à gauche par rapport au centre de la croisée des pistes. Ceci lui permet de visualiser l'axe de la piste latéralement en le maintenant à sa droite. Bien que situé sur la zone définie, le point de poser visé est toutefois différent de celui pratiqué par le CDB l'après midi (centre géométrique du croisement de pistes) et il change les conditions d'arrivée en finale en induisant :
 - ⇒ Une réduction de la marge de manœuvre longitudinale par rapport à une finale dans l'axe de la piste ;
 - ⇒ Un risque de poser sur un sol non stabilisé et de nature inconnue en cas de dépassement du point de poser visé ;

¹⁵ Le guide d'utilisation des JVN précise, en cas d'approche sur terrain non connu, de marquer un stationnaire HES à 100 ou 200m avant la descente, ce qui permet entre autres de stabiliser les paramètres.

⇒ Un possible conflit en courte finale entre le CDB et le pilote sur la précision du point de poser.

Conséquence de ce choix :

En courte finale, l'appareil, axé parallèlement à la piste, a d'abord survolé un sol sablonneux et herbeux, provoquant dans un premier temps l'apparition d'un nuage peu dense, vers quinze mètres. Vers cinq mètres, l'appareil survole la zone de poser recouverte de latérite : le nuage change brusquement de nature et devient opaque, ce qui surprend le pilote.

2.2.3 Descente

La mise en descente est effectuée en continuité de la présentation, en réduction de vitesse. Les différentes annonces (actions vitales, paramètres) sont effectuées régulièrement.

Cependant :

- **Les consignes de remise de gaz ne sont pas rappelées.** Ce rappel oral, mentionné dans la fiche de procédure, a pour but de faciliter la prise de décision en cas de nécessité et doit définir qui agit aux commandes, quand, et comment ;
- Le CDB, mis en confiance par la technicité dont a fait preuve le pilote lors des exercices précédents, garde les mains à **proximité** immédiate des commandes, mais pas **sur** la commande du pas général, comme normalement préconisé dans les préceptes du poser poussière¹⁶. **Ceci traduit un excès de confiance du CDB envers le pilote en regard de sa faible expérience du poser poussière**, exercice différent des précédents et réclamant un niveau de vigilance accru ;
- A trente mètres, la vitesse n'est pas stabilisée et est relevée à environ 60 km/h en diminution par le MVAVT. Ceci fait l'objet d'une remarque du CDB demandant au pilote de prendre en compte le défilement JVN. La réponse du pilote (répond qu'il voit bien le sol) est inappropriée. En effet, le CDB signifie au pilote qu'il est trop rapide : le pilote estime bien un défilement JVN plus rapide que la normale (préconisé pour un poser poussière) mais qu'il juge correct selon son niveau d'expérience. Il tente néanmoins de réduire le défilement.

¹⁶ Note 709 du 11 mars 2004, fiche « B » détaillant la procédure du poser poussière de nuit sous JVN

2.2.4 Finale

Lorsque l'appareil parvient en deçà des quinze mètres, le nuage de sable se forme. Les échanges entre le pilote et le CDB sont plus rapprochés, le CDB demandant régulièrement au pilote s'il voit le sol. Jusqu'à environ huit mètres, la situation est normale et **la décision de poser n'est pas remise en cause.**

Cependant :

- **Le pilote n'a pas déterminé de repère ponctuel et précis sur la surface de poser qu'il a choisie, sans en référer au CDB.**

Lors des finales précédentes exécutées sur les AP définies par les OMB, le pilote se guidait sur les crayons luminescents qui constituaient des repères facilement identifiables, et avait démontré un bon niveau de technicité.

Dans le cas présent, la zone n'est pas préparée et le pilote devait choisir un repère ponctuel de référence (cailloux, ligne de différence de contraste).

L'absence de référence clairement identifiée par le pilote risquait de compromettre la sûreté d'exécution de sa finale en cas d'opacité du nuage de poussière.

- Trop confiant envers le pilote, le CDB pense que celui-ci a pris ses repères, et ne les lui fait pas confirmer ni décrire.

2.2.5 Courte finale (en deçà de 8 mètres) :

- **Le nuage se densifie brusquement.** Le CDB demande alors au pilote de focaliser son attention sur ses repères, tout en le rassurant (« prends tes repères, j'ai les miens »).

A moins de cinq mètres, le nuage devient opaque. Le pilote, surpris par la brusque opacité du nuage, perd totalement la vue du sol, **mais ne l'annonce pas au CDB.**

Selon son expérience du poser poussière, une telle opacité ne survient que très près du sol. Ainsi, en référence à sa faible expérience, il se situe plus proche du sol qu'il n'est en réalité, faisant alors une erreur de représentation de la situation.

Il est de plus dans une logique de poser et est donc persuadé d'un toucher des roues imminent : il diffère l'annonce de perte des références extérieures, la jugeant inutile.

- Le CDB, surpris de l'absence de réponse, perçoit la non conformité de la situation, mais avant toute action (de remise de gaz), il doit contrôler l'attitude de l'appareil sur l'horizon de secours pilote : ce faisant, il quitte ses propres repères extérieurs des yeux. **A ce moment, aucun des deux pilotes n'a plus de référence extérieure.**

- Le CDB n'ayant pas la main sur le pas général, il ne peut réagir aussi rapidement qu'il l'aurait souhaité, avant que l'appareil n'impacte le sol. L'intervalle de temps séparant la dernière question du CDB de l'impact est estimé de trois à quatre secondes. Une à deux secondes sont nécessaires pour analyser l'absence de réponse du pilote et décider, une autre s'écoule pour lire et interpréter l'horizon artificiel : il restait environ une seconde pour reprendre une assiette conforme et arrêter la descente. **Dans ces conditions, une réaction même immédiate aux commandes ne garantissait pas d'éviter un toucher des roues en dehors de la zone de poser et dans une attitude non conforme.**

2.2.6 Erreurs et lacunes identifiées

Le choix du point de poser visé par le pilote sur la zone initialement désignée, et les conditions restrictives qu'il implique ne sont pas commentés au sein de l'équipage.

Certains points clés de l'approche ne sont pas observés, parmi lesquels :

- **Le rappel des consignes de remise de gaz en début de descente ;**
- **Le maintien de la main sur le pas général par le CDB.**

Aucun repère précis n'est identifié par le pilote sur la surface de poser choisie, et le CDB ne le lui fait pas confirmer, compromettant ainsi la sûreté d'exécution de la finale dans le nuage de poussière.

Le CDB a fait preuve d'un excès de confiance dans les capacités du pilote, amoindrissant son niveau de vigilance lors de l'exercice.

La perte de vue de toute référence extérieure n'est pas annoncée par le pilote : ceci constitue l'élément déterminant de l'évènement.

2.2.7 Modification de l'attitude de l'appareil et de la trajectoire en courte finale

L'assiette de l'appareil étant verrouillée par le pilote automatique (PA), seule une action au manche cyclique à travers le PA est à l'origine du changement d'assiette et de trajectoire observés.

Bien que voulant maintenir l'assiette de l'appareil, alors qu'il avait perdu les références extérieures, les actions du pilote sont orientées inconsciemment vers la recherche du sol, car il est dans une logique d'atterrissage et estime l'appareil très proche du sol : il est donc vraisemblable qu'il ait eu inconsciemment une légère action sur le manche cyclique vers l'avant, ainsi qu'une augmentation du pas général pour amortir un toucher jugé imminent.

Ces actions aux commandes, même de faible ampleur, ont suffi pour que l'appareil prenne un peu plus de vitesse horizontale et dépasse le point visé, tout en poursuivant sa descente.

L'hypothèse d'une action inconsciente du pilote aux commandes est en accord avec la modification d'assiette de l'appareil et l'allongement de la trajectoire en courte finale ayant conduit à dépasser la zone de poser visée.

2.3 Mécanisme de l'événement et facteurs influents

2.3.1 Pratique du poser poussière

L'entraînement au poser poussière n'est réalisé en pratique qu'à l'occasion des détachements extérieurs dans les zones où les conditions environnementales sont favorables (Afrique). Ainsi, cet exercice délicat, justifié par l'emploi opérationnel, est pratiqué de manière très épisodique par le personnel.

Le poser poussière de nuit sous SIL fait l'objet d'une fiche spécialement dédiée qui en mentionne les préceptes et insiste en particulier sur l'importance du CRM et l'extrême vigilance qui doit prévaloir. Par ailleurs, il y est recommandé, lors de l'entraînement, une **progressivité** dans la difficulté liée à la densité du nuage soulevé.

Chaque exécution impose une véritable remise en question du savoir faire de l'équipage, qu'elle ait lieu au cours d'un entraînement ou en conditions réelles (evasan...).

Le niveau de difficulté recherché aurait du être évalué et adapté en fonction des objectifs de l'entraînement, et de l'expérience de l'équipage constitué, en accord avec le principe de progressivité évoqué dans la note précitée.

2.3.2 Expérience de l'équipage de conduite

- Le CDB est très expérimenté sur Puma, a effectué plusieurs détachements extérieurs au cours desquels il a effectué des poser poussière, de jour comme de nuit. Il possède donc une expérience confirmée dans ce domaine.
- Le pilote, moins expérimenté sur Puma (145 heures), fait preuve d'un bon niveau de technicité. Il n'a pas suivi le stage CRM. Il a déjà effectué quelques poser poussière, de jour, mais un seul poser poussière sous SIL en conditions réelles cinq mois plus tôt : son expérience dans ce domaine est donc limitée.

Ainsi, la faible expérience du jeune pilote a certainement contribué à son indécision et la rupture du dialogue équipage lors de la perte des références extérieures, face à une situation qu'il n'a jamais rencontrée.

A contrario, le CDB, mis en confiance par le niveau de technicité démontré par le pilote lors des exercices précédents – mais en conditions différentes - a fait preuve d'un excès de confiance conduisant à **sous-estimer la difficulté pour le pilote à exécuter un poser poussière dans ces conditions.**

2.3.3 Composition de l'équipage et objectif de l'entraînement

L'équipage a été composé selon le niveau de qualification requis et selon les objectifs d'entraînement de chacun. Cependant, les opportunités d'entraînement étant contraintes (le maintien en condition opérationnelle des équipages¹⁷ n'avait pu être réalisé en début de mandat pour des raisons techniques et d'emploi, et les CDB s'étaient ré-acclimatés seuls au cours des missions opérationnelles), les objectifs individuels d'entraînement ont été concentrés dans un souci de rentabiliser au maximum les missions consacrées à l'entraînement.

¹⁷ Entraînement propre à l'acclimatation aux conditions locales.

La mission SIL de nuit était réalisée au profit du CDB au titre de sa ré-acclimatation, tandis que le jeune pilote s'entraînait également dans sa qualification. Cependant, cette définition d'équipage (pilote qualifié et d'un bon niveau mais peu expérimenté) correspondait davantage à un objectif d'instruction au profit du pilote plutôt qu'à un vol de ré-acclimatation au profit du CDB (qui aurait dans ce dernier cas nécessité un autre CDB en place droite).

Ainsi, la multiplicité des objectifs individuels d'entraînement de l'équipage ainsi défini, résultant d'un souci de rentabiliser au maximum les missions dédiées, a pu contribuer à détourner l'attention du CDB des besoins réels d'instruction du pilote, et à amoindrir son niveau de vigilance, normalement exigé en pareil cas.

2.3.4 Conclusion

Ce raté d'exécution de l'équipage trouve son origine dans un climat d'excès de confiance ayant généré des approximations lors de la finale, ainsi que dans une sous estimation par le CDB des difficultés spécifiques de cet exercice à cet endroit en regard de l'expérience du pilote.

La multiplicité des objectifs d'entraînement de l'équipage ainsi défini, résultant d'un souci de rentabiliser au maximum les missions d'entraînement, a contribué à détourner l'attention du CDB des besoins réels d'instruction du pilote et à amoindrir son niveau de vigilance.

Concernant l'exécution de la finale :

- ❖ l'absence de prise de repère précis par le pilote sur la zone de poser, non vérifiée par le CDB, a entraîné la perte de ses références extérieures lors de la soudaine opacité du nuage.**
- ❖ l'absence d'annonce immédiate de cette perte de références constitue l'élément déterminant de l'évènement en retardant d'autant la réaction du CDB par rupture de la synergie d'équipage. La faible expérience du pilote ainsi qu'une erreur de représentation de la situation (pense être plus proche du sol qu'en réalité) ont contribué à son indécision.**
- ❖ les actions inconscientes du pilote aux commandes dans sa volonté de poser au plus tôt, en particulier au manche cyclique, ont modifié l'assiette et la trajectoire de l'appareil vers l'avant, provoquant un impact au sol sur le train avant en dehors de la zone de poser visée.**

3 CONCLUSION

3.1 Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

3.1.1 Contexte de la mission

- La mission d'entraînement au vol de nuit et au poser poussière sous SIL a été programmée dans le cadre défini d'un stage de formation d'OMB et du maintien en condition opérationnelle des équipages en RCI ;
- L'équipage, qualifié pour la mission, a été composé selon les objectifs d'entraînement de chacun des membres et dans un souci de rentabiliser au maximum les missions d'entraînement ;
- La mission a été préparée et briefée ;
- La zone définie pour le poser poussière était connue des pilotes, très poussiéreuse, et le CDB l'avait pratiquée le jour même.

3.1.2 Expérience de l'équipage au poser poussière

- Le CDB, expérimenté, avait une pratique du poser poussière liée à son ancienneté et aux détachements extérieurs ;
- Le pilote n'avait qu'une expérience très limitée de l'exercice.

3.1.3 Constats et témoignages

- L'appareil ne présentait aucune défaillance ou dysfonctionnement de ses systèmes, de ses commandes de vol ou de sa motorisation ;
- Le train était verrouillé bas et la roulette de nez était verrouillée dans l'axe ;
- Les SIL de l'équipage de conduite présentaient des performances nominales en vision des contrastes ;
- Les conditions aérologiques, de température et de luminosité ambiantes étaient optimales pour ce type de vol ;
- Compte tenu de sa masse et des conditions extérieures, l'appareil évoluait dans son domaine de vol et présentait une marge de puissance disponible suffisante ;
- Le pilote a perdu les références extérieures dans le nuage de poussière.

3.1.4 Eléments établis

- L'appareil a dépassé le point de poser visé et a impacté le sol avec une assiette négative et une vitesse horizontale non nulle, provoquant l'effacement du train avant ;
- Le choix du point de poser visé par le pilote n'est pas commenté au sein de l'équipage ;
- Les consignes de remise de gaz ne sont pas rappelées en début de descente ;
- Le CDB n'a pas la main sur la commande du pas général ;
- Aucun repère précis n'est identifié par le pilote sur la surface de poser choisie et le CDB ne le lui fait pas confirmer ;
- Le pilote n'a fait aucune annonce lorsqu'il a perdu toute référence extérieure.

3.2 Causes de l'événement

L'analyse développée au chapitre précédent a mis en évidence **un raté d'exécution** lors de la finale sur une aire très poussiéreuse.

Ce raté d'exécution trouve son origine dans **un climat d'excès de confiance** ayant généré des approximations lors de la finale, ainsi que dans une **sous estimation par le CDB des difficultés** spécifiques de cet exercice sur l'aire désignée, compte tenu de la faible expérience du pilote aux commandes.

La composition de l'équipage, répondant à un souci de rentabilisation maximum des missions d'entraînement, a entraîné une multiplicité des objectifs individuels d'entraînement éloignés des besoins spécifiques d'instruction du pilote et a contribué à amoindrir le niveau de vigilance du CDB.

L'absence de prise de repère précis par le pilote sur la zone de poser, non vérifiée par le CDB, a entraîné la **perte de ses références extérieures** lors de la soudaine opacité du nuage.

En particulier, **l'absence d'annonce immédiate par le pilote de la perte totale de références extérieures**, conséquence d'une faible expérience et d'une erreur de représentation de la situation (pense être plus proche du sol qu'en réalité), constitue l'élément déterminant de l'évènement par rupture de la synergie d'équipage en très courte finale, phase considérée comme critique lors d'un poser poussière sous JVN.

Enfin, l'impact de l'appareil au sol sur le train avant et en dehors de la zone de poser visée résulte d'actions inconscientes du pilote aux commandes dans sa volonté de poser au plus tôt, ces actions ayant entraîné une modification d'assiette à piquer, une reprise de vitesse, et un allongement de la trajectoire.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1 Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

4.1.1 Rupture du dialogue équipage

La sûreté d'exécution de cet exercice délicat repose sur un dialogue permanent au sein de l'équipage, dont les membres ont des rôles et tâches définis et complémentaires.

En particulier, le rappel des consignes de remise de gaz lors de la présentation sur l'axe permet de recentrer l'attention et de faciliter la prise de décision en phase critique. Ce point a été omis par l'équipage.

De même, la perte des références extérieures, lorsqu'elle survient, doit impérativement être annoncée sans délai par le pilote aux commandes sous peine de rompre la synergie d'équipage et, *in fine*, compromettre la sécurité en phase critique près du sol.

Dans le cas présent, le non respect de cette consigne par le pilote, résultant d'un effet de surprise dû à une faible expérience et d'une erreur de représentation de la situation, constitue l'élément déterminant de l'accident.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

de sensibiliser les équipages sur les risques encourus en cas de rupture du dialogue équipage en particulier en phase critique près du sol, en assurant la plus large information sur l'évènement.

4.1.2 Procédure de poser poussière sous SIL

Celle-ci est développée dans une fiche spécifique de l'EA ALAT de février 2004 (Annexe 1), présentée davantage comme un recueil de principes et de conseils d'exécution, tant l'exercice est délicat et que les conditions des aires de poser peuvent être différentes.

Une mise en garde rappelle l'esprit dans lequel un poser poussière doit être exécuté, mentionnant entre autres le niveau de vigilance, et l'importance du CRM. La progressivité

dans la difficulté en particulier lors de l'entraînement ou l'instruction est également soulignée.

La lettre descriptive de l'approche mentionne les actions à réaliser chronologiquement, les points clé, et les « éléments déterminants de réussite », ainsi que la répartition des tâches générales de chacun des membres d'équipage.

Cependant, le détail des tâches du pilote et du CDB demeure imprécis concernant :

- les annonces d'actions vitales, de consignes de remise de gaz, l'évocation du transfert de commandes en cas de perte de références ;
- la définition précise du point de poser et la confirmation des repères choisis.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

de rappeler aux équipages l'esprit des règles d'exécution du poser poussière, en particulier dans la définition du niveau de difficulté lors des missions d'entraînement ;

de préciser davantage dans la procédure d'approche le détail des tâches dévolues au CDB et au pilote aux commandes.

Par ailleurs, la fiche de 2004 relative au poser poussière complète la fiche incluse dans le guide d'emploi des JVN, édité en 1998, et qui n'a pas fait l'objet d'une mise à jour. Les équipages faisant référence au guide d'emploi des JVN, le risque de confusion existe.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande que :

le guide d'emploi des JVN intègre sans délai les mises à jour des chapitres faisant l'objet de fiches séparées.

4.1.3 Composition des équipages et multiplicité des objectifs d'entraînement

L'équipage a été composé selon les règles en vigueur, dans un souci de rentabilisation maximum des rares vols d'entraînement. Ainsi, le CDB, bien qu'expérimenté et moniteur en unité, devait à la fois se ré-acclimater aux conditions locales (deuxième vol depuis son arrivée) et assurer une instruction au profit d'un jeune pilote d'un bon niveau général mais

inexpérimenté sur cet exercice particulièrement délicat. Résultant d'une décision pesée par l'encadrement, cette composition d'équipage a vraisemblablement induit un risque supplémentaire en regard des exercices à réaliser.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

qu'une attention particulière soit portée par l'encadrement sur la composition des équipages lors des missions d'entraînement relevant du maintien en condition opérationnelle spécifique des personnels navigants de l'ALAT.

4.1.4 Entraînement des équipages au poser poussière

Aucun entraînement ou sensibilisation du personnel navigant au poser poussière n'est réalisé en métropole, au motif que les conditions n'y sont pas optimales et nullement comparables à celles rencontrées sous climat chaud type Afrique, tant en termes de poussière que de luminosité.

Ainsi, les équipages peuvent être confrontés, lors d'un détachement extérieur, à une première expérience en conditions réelles et sous pression opérationnelle, si l'entraînement ne peut être réalisé sur place. Le pilote avait été confronté à une telle situation quelques mois auparavant au cours d'une EVASAN de nuit au Maroc.

S'il est difficile de trouver en métropole des conditions de luminosité similaires à celles rencontrées en Afrique (niveaux de nuit ≥ 4), il doit en revanche être possible de répertorier des zones, sans doute moins poussiéreuses mais propices à l'acculturation des équipages au poser poussière, de jour comme de nuit.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

d'acculturer les équipages d'hélicoptère en intégrant une séance de sensibilisation au poser poussière de jour comme de nuit, dans leur cursus de formation en métropole.

4.1.5 Formation CRM des équipages

Le pilote n'avait pas suivi le stage CRM à son niveau de qualification. Ce stage lui aurait sans doute permis de mieux intégrer les préceptes du poser poussière, dont la bonne exécution repose en grande partie sur le CRM.

A l'heure actuelle, 70 à 75% des pilotes ont suivi le stage, dont 100% des CDB, témoignant de l'effort de formation entrepris mais aussi des difficultés à former l'ensemble des personnels navigants dans les meilleurs délais.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

d'accentuer l'effort de formation au CRM et de l'étendre à l'ensemble des personnels navigants dès le premier niveau de qualification.

4.1.6 Remontée des informations

Quelques jours avant l'événement, un incident était survenu à un hélicoptère de type « Gazelle » dans les mêmes conditions et au même endroit mais n'ayant pas eu de conséquences aussi graves.

Cet évènement n'avait pas été porté immédiatement à la connaissance de l'ensemble des équipages des unités présentes en RCI, mais il avait été prévu d'en assurer la diffusion lors de la prochaine réunion de sécurité des vols.

L'information de cet incident, relayée sans délai par l'OSV, aurait été de nature à mettre en garde les autres équipages et tout au moins les sensibiliser sur les risques de l'exercice sur cette zone.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air rappelle **le rôle primordial des OSV dans l'écoute des événements et du relais immédiat et commenté de l'information auprès des équipages.**

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

Les hélicoptères Puma ne sont pas équipés de balise de détresse à déclenchement ni de moyens d'enregistrement de paramètres ou vocaux.

En cas d'accident dans une zone difficile d'accès, le déclenchement d'une balise permet, grâce à SARSAT, une localisation rapide de l'appareil.

Ces appareils survolant des étendues inhospitalières, le bureau enquête accidents défense air recommande :

d'équiper ce type d'hélicoptère de balise de détresse à déclenchement ainsi que de moyens d'enregistrement de paramètres ou vocaux.

ANNEXES

Annexe 1 : Procédure de poser poussière de nuit sous JVN page 55

Annexe 2 : Niveaux de nuit page 58

1 PROCEDURE DE POSER POUSSIERE DE NUIT SOUS JVN

Fiche EA ALAT 02.2004

FICHE B

LE POSER POUSSIERE DE NUIT SOUS JVN

1 – MISE EN GARDE

Le poser sur zone poussiéreuse de nuit sous JVN est un savoir-faire particulièrement délicat à acquérir, qui requiert un pilotage précis et dosé. Même dans le cas d'une pratique régulière, une extrême vigilance reste toujours de rigueur. La dextérité dans ce type d'exercice n'étant jamais acquise, la modestie doit prévaloir. Enfin, CRM prend ici toute son importance.

Seule l'application des quelques principes et des conseils qui suivent peuvent donner avec le temps une relative aisance.

2 – REGLES

La difficulté d'un poser poussière croît avec la densité du nuage soulevé. Il est préférable pour l'instruction ou l'entraînement d'aller croissant dans la difficulté afin de faire acquérir les bons réflexes en bénéficiant de conditions d'enseignement satisfaisantes (niveau de nuit, densité de poussière). Cette précaution évitera les remises de gaz à répétition, psychologiquement néfastes à la mise en confiance du pilote à l'instruction.

Pour les équipages HM, une aisance minimum peut être acquise préventivement de jour. Une séance d'instruction au SHERPA est fortement conseillée afin d'acquérir dans d'excellentes conditions de sécurité le mécanisme de base en équipage.

3 – CARACTERISTIQUES DE L'AIRE DE POSER

A – De préférence une zone claire pour une meilleure vision des obstacles éventuels.

B – En priorité l'AP doit être vaste et plane pour concéder un petit déplacement éventuel (roulé ou glissé) lors du poser.

Points clés :

- Prendre un angle fort d'approche standard JVN.
- Ne pas baisser le PG brusquement.
- Etre attentif à un dévers éventuel.

C – Sur zone de dimensions plus réduites, et/ou ne permettant pas de poser roulé ou glissé.

Points clés :

- Angle fort JVN.
- Défilement légèrement plus rapide que le défilement JVN.
- Impérativement face au vent.
- Le passage bas est exceptionnel (la levée de poussière en remise de gaz rend l'AP d'autant plus longtemps inexploitable lorsqu'il n'y a pas de vent).

4 – L'APPROCHE

CHRONOLOGIE	ACTIONS	EDR (éléments déterminants de réussite)
1 : à 50m/sol – 50 km/h	Présentation sur axe	Toujours face au vent dans l'axe (AV + vérification maquette) + consignes RMG
2 : à 30m/sol	Allumage bref du variophare pour essai (facultatif).	Assurer l'axe de décollage (dégagement) ou de RMG
3 : entre 20 et 10 m/sol	Ancrage du SAS ou PA légèrement cabré sans inclinaison latérale	1 – comme un appontage 2 – attention aux 12° sur PUMA
4 : aux alentours de 10 m/sol	Allumage si nécessaire du variophare	1 – pas de stationnaire à 10 m 2 – le variophare doit être réglé préalablement en site 3 – éclairage progressif de faible intensité
5 : prise de décision	Si obstacle → remise de gaz vers le haut (priorité hauteur puis vitesse).	1 – RDG au PG vers le haut et non au cyclique vers l'avant
	Si pas d'obstacle et bons repères de référence au sol → « je poursuis » à travers la poussière	1 – Si variophare allumé, diminution progressive de l'intensité du variophare, mais sans l'éteindre 2 – Reprise en compte de repères sol et poser rendu avec freins aux pieds. (PUMA : roulette bloquée dans l'axe).

Points clés :

- Réglage à plat de la maquette avant la traversée du nuage.
- La prise de décision doit se prendre juste après l'allumage du variophare :
AUCUNE INDECISION N'EST ADMISE
- L'utilisation fine du variophare est de rigueur.
- Ne pas cabrer dans le nuage, ne pas refuser le sol.
- Répartition des tâches et communication interne permanente :
 - * le CB a la main sur le PG, il peut être à droite sur PUMA (freins)
 - * le PIL a les yeux DEHORS avant l'entrée dans la poussière et jusqu'au sol, il commente son approche et annonce sa décision.
 - * le MVAVT annonce les hauteurs (en dessous de 10 m, tous les mètres)
 - * le collationnement conseillé (CRM).
 - * consignes de RMG qui ? quand ? quoi ? comment ?

5 – LE DECOLLAGE

STATIONNAIRE INTERDIT

Bien que plus facile que le poser, il est indispensable d'appliquer les règles qui suivent :

- effectuer les vérifications cabine
- confirmer l'axe de décollage et l'absence d'obstacle
- ancrer le manche avant de déjauger
- tirer toute la puissance disponible (de façon progressive et continue)
- dès que la montée est constatée au variomètre → assiette à piquer MODEREE sans jamais repasser en variomètre négatif.

- **LE POSER POUSSIERE S'EFFECTUE EN EQUIPAGE**
- **LE PILOTE AUX COMMANDES ANNONCANT DES QU'IL**
- **PERD LES REFERENCES SOL : DIALOGUE PERMANENT**
AU SEIN DE L'EQUIPAGE

2 NIVEAUX DE NUIT

Extrait du guide JVN

NIVEAUX

TRIANGLE REC DISTANCE EN METRES	DÉFINITION DE LA NUIT	LUNE ET NUAGES	MILLILUX'	% DES NUITS ANNUELLES
0 m				
5	TRÈS SOMBRE			27,5
11 m			0.7	
4	SOMBRE			27,5
16 m				2
3	INTERMÉDIAIRE			7
24 m			10	
2	CLAIRE			24
52 m			40	
1	TRÈS CLAIRE			14
∞			1000	

PERTE DE LA VISION DES COULEURS OU SEUIL CHROMATIQUE : 1 LUX

TRIANGLE DE RECO : triangle équilatéral de 22,7 cm de côté se détachant en blanc sur fond noir.

Reconnaissance obtenue par distinction de l'orientation du sommet à l'œil nu.



Ce système est le seul standardisé et réglementaire pour déterminer le niveau de nuit à l'endroit et à l'instant considérés selon des normes OTAN. On ne peut parler que de nuit très claire, claire, moyenne, sombre, très sombre.

L'unité employée pour mesurer l'éclairement est le LUX.

1 LUX = 1000 millilux.

Le LUX est égal à un LUMEN par m²

Soit une surface d'un mètre carré qui reçoit d'une manière uniforme un flux lumineux d'un lumen.

ex. : Eclairage indirect de la lune, des étoiles ou reflet d'une plaque phosphorescente que l'on éclaire à la lampe.

Le CANDELA, unité qui sert à mesurer l'intensité lumineuse, correspond au flux lumineux produit par une source lumineuse rayonnant uniformément dans toutes les directions.

ex. : Soleil, lampe, lumières des villes.

Avec les JVN de 3^e génération, le vol est autorisé jusqu'au niveau 4 inclus. Au-delà (< à 0,7 mLux), l'éclairement ne peut pas permettre le pilotage avec références extérieures.