



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SECURITE



BEAD-air-T-2013-010-A

Date de l'événement 17 juillet 2013

Lieu Sahel

Type d'appareil EC 725 CARACAL

Immatriculation FMCAA n°2611

Organisme Armée de terre

Unité 4°RHFS

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 retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

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

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA terre

Photos :

- Pages 7, 16, 17, 18, 19, 20, 24 : BEAD-air
- Page 34 : ALAT

Illustrations :

- Page 40 : IRBA
- Page 41 : cours ATPL DGAC

TABLE DES MATIERES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. RENSEIGNEMENTS DE BASE	6
1.1. Déroulement du vol.....	6
1.2. Tués et blessés.....	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Renseignements sur le personnel	10
1.5. Renseignements sur l'aéronef	14
1.6. Conditions météorologiques	15
1.7. Enregistreurs de bord	15
1.8. Renseignements sur l'épave et sur l'impact.....	15
1.9. Renseignements médicaux et pathologiques.....	21
1.10. Incendie.....	22
1.11. Questions relatives à la survie des occupants.....	22
1.12. Renseignements sur les organismes	23
1.13. Renseignements supplémentaires.....	26
1.14. Techniques spécifiques d'enquête.....	27
2. ANALYSE	28
2.1. Expertises	28
2.2. Séquence de l'évènement.....	28
2.3. Recherche des causes de l'incident.....	33
3. CONCLUSION	44
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	44
3.2. Causes de l'évènement.....	44
4. Recommandations de sécurité	44
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	45
ANNEXES	48
ANNEXE 1 EXTRAIT DU GUIDE D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT AU POSER EN MILIEU POUSSIEREUX ALAT DU 27 MARS 2013	49
ANNEXE 2 BROWNOUT : EXEMPLES DE SOLUTIONS TECHNIQUES ACTUELLEMENT A L'ETUDE	64
ANNEXE 3 PROPOSITION DE PROCEDURE POSER POUSSIERE CARACAL EOS 3	65

GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
BFST	brigade des forces spéciales terre
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
CVFDR	<i>cockpit voice flight data recorder</i>
COS	commandement des opérations spéciales
CRM	<i>cockpit resource management</i>
DDJ	déviateur dilueur de jet
EOS	escadrille des opérations spéciales
FND	<i>flight navigation display</i>
JVN	jumelles de vision nocturne
MEOS	membre d'équipage des opérations spéciales
MRP	moyeu rotor principal
MVAVT	mécanicien volant appareil à voilure tournante
OSV	officier de sécurité des vols
PCB	pilote commandant de bord
PF	pilote en fonction
QRF	<i>quick réaction force</i>
RHFS	régiment d'hélicoptères des forces spéciales
SIL	système d'intensification de lumière
STEP	<i>sequentially timed event plotting procedure</i>
VRPN	visite de reconduite du personnel navigant
VSA	visite systématique d'aptitude
VSV	vol sans visibilité
4° RHFS	4° régiment d'hélicoptères des forces spéciales

SYNOPSIS

Date de l'événement : 17 juillet 2013 à 20h45

Lieu de l'événement : zone sahélienne

Organisme : Armée de terre

Commandement organique : Commandement des opérations spéciales / Brigade des forces spéciales terre (COS/BFST)

Unité : 4° Régiment d'hélicoptères des forces spéciales (4° RHFS)

Aéronef : EC 725 CARACAL n°2611 FMCAA

Nature du vol : mission opérationnelle

Nombre de personnes à bord : 15

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'une mission opérationnelle, lors d'un « poser poussière » d'un groupe de dix commandos sous système intensificateur de lumière (SIL), l'équipage perd les références sol en très courte finale et s'aperçoit tardivement d'un dérapage à gauche. L'appareil heurte le sol sablonneux et se couche sur le flanc gauche.

Trois commandos sont légèrement blessés, l'appareil est fortement endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur adjoint au directeur d'enquête (BEAD-air).
- Un officier pilote ayant une expertise sur EC 725 CARACAL.
- Un officier mécanicien présent sur le théâtre ayant une expertise sur EC 725 CARACAL.
- Un médecin des forces spéciales présent sur le théâtre.
- Un officier expert commando présent sur le théâtre.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement – département RESEDA.
- Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).
- Airbus *Helicopters* Marignane.
- Turboméca Tarnos.

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu téléphoniquement le jeudi 18 juillet 2013 à 08h23 par le bureau sécurité des vols de l'aviation légère de l'armée de terre (ALAT). Compte tenu de l'absence d'enquêteur de premières informations, l'officier sécurité des vols (OSV) du théâtre se voit confier les mesures de premières informations au profit du BEAD-air.

Le directeur d'enquête, l'enquêteur adjoint, l'expert pilote du groupe d'enquête rejoignent la base arrière de l'opération, par voie aérienne civile le vendredi 19 juillet 2013 en soirée. L'expert médecin et les cinq membres d'équipage sont rencontrés le lendemain.

Les experts mécanicien et commando sont mandatés par liaison téléphonique.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : sans objet

Type de vol : vol de nuit en survol de territoire hostile (STH) sous SIL

Type de mission : mise en place d'une force de réaction rapide (QRF)

Dernier point de départ : zone sahélienne

Heure de départ : 20h00

Point d'atterrissage prévu : zone sahélienne

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le 17 juillet 2013 au matin, le Caracal 2611 quitte sa base arrière pour rejoindre son poste opérationnel avancé. Après quatre heures de vol, les cinq personnels de l'équipage (deux pilotes, un mécanicien volant sur les appareils à voilure tournante – (MVAVT), deux membres d'équipage des opérations spéciales – (MEOS)), prennent du repos puis préparent la nouvelle mission : dépose de commandos en patrouille, de nuit, sous SIL, sur la zone d'attente d'une unité motorisée, en plein désert. Cette mission est qualifiée de « *quick reaction force* » (QRF) et doit être réalisée par trois hélicoptères.

Un marquage complet a été demandé par messagerie par le pilote commandant de bord (PCB) de l'équipage qui est relevé. Compte tenu des bonnes conditions météorologiques et des niveaux de nuit attendus (prévisions noctambule, niveau 1 jusqu'à 21h00 puis niveau 2 jusqu'à minuit) le commandant du dispositif hélicoptère (chef de bord du Caracal accidenté) annule la demande. Il souhaite mettre à profit cette mission pour maintenir les compétences des équipages en se posant sans aucun marquage. Un briefing est effectué.

A 19h30 les hélicoptères sont mis en route. Compte tenu de la température extérieure (41,5° C pour une altitude pression de 1700 ft), le premier Caracal décolle à charge minimale pour aller faire le plein rotor tournant, sur une zone dégagée, avant d'embarquer les commandos. Le second Caracal est en panne. Le poste de commandement ordonne de poursuivre la mission à deux hélicoptères (un Caracal, une Gazelle) et dix commandos.

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

Le Caracal décolle en bénéficiant de l'effet de sol et d'une piste dégagée, suivi de la Gazelle. L'infiltration de la patrouille s'effectue en vol tactique de nuit, afin de minimiser la menace. Le terrain est plat pendant tout le vol. Le niveau de nuit réel est estimé par l'équipage sous SIL à 3 pendant les dix premières minutes de vol, puis à 2. Le vent donné par les instruments est du 056° pour 10kt. Les sondes sont réglées à 30 ft pour le pilote en fonction (PF) et à 15 ft pour le pilote commandant de bord (PCB).

Le vol est effectué à une hauteur sol comprise entre 50 et 60 ft. La configuration des écrans est la suivante (de gauche à droite, **écrans PCB n°1 et n°3, écrans PIL n°4 et n°2**) : PCB : écran n°1 : flight navigation display (FND) et page HOVER, écran n°3 : Digital MAP (DMAP) avec la cartographie numérique au 50.000e avec obstacles sélectionnée – PF : écran n°2 : Navigation Display (NAVD), écran n°4 FND et page *horizontal situation indicator* (HSI) pour le regroupement puis page HOVER pour l'approche et le poser. La page HOVER permet de visualiser un dérapage maximum de 20 kt.



Vue des écrans PCB



Ecran n°2 en page HOVER

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

Après échelonnement avec la Gazelle (comme prévu lors du *briefing*) l'hélicoptère passe le point initial (situé à 2Nm dans le 236° du point à rejoindre). La vitesse est réduite à 60 kt. Les calculs de performance autorisent un stationnaire HES bimoteur de 10.000 kg pour une masse estimée désormais à 9 730 kg.

Le PF effectue un virage par la droite de 100° et est surpris par le peu de références extérieures. Il déclenche la première sonde (30 ft) avant de corriger immédiatement et de remonter à 50 ft puis à 80 ft, pour entamer son approche.

En finale au cap 056°, le dernier vent relevé par le *flight management system* (FMS) est du 058° pour 12 Kt.

Les vérifications avant atterrissage sont effectuées. Le PCB laisse le PF décider du mode de poser. Le PF choisit le mode manuel pour entraînement. Le PCB valide ce choix, estimant que les conditions du moment sont favorables pour ce type de poser.

Le PCB aperçoit un feu « strobe » à ses « 1 heure » et guide le PF sur ce point à l'aide de son laser de doigt. Le PF annonce le visuel de l'objectif. Il dévie la trajectoire de l'appareil de 10 à 15° à droite afin de s'axer vers la nouvelle zone de poser. Il trouve que la luminosité de la lampe infrarouge et la fréquence des flashes sont faibles.

Le PCB estime que l'angle fort suivi par le PF est dans les normes et le laisse poursuivre.

Le MVAVT vient juste d'identifier à l'aide de la caméra FLIR les véhicules de l'unité motorisée. Il est surpris par l'annonce du PCB et ramène la caméra vers le nouvel objectif. Constatant que l'aéronef est déjà en descente il met la caméra en position *stand-by*.

Le PF lui demande la hauteur sonde. Le MVAVT annonce « 35 ft, maquette à plat, 9° à cabré ». Le PF poursuit et annonce le visuel de la lampe infrarouge qu'il voit se déplacer à droite et qu'il a désormais dans ses « 1 heure ».

Le MVAVT annonce ensuite « 15 ft, maquette à plat, 7° à cabrer ». Il vérifie les trois vertes, le frein libre et le train auxiliaire bloqué dans l'axe. Le PF annonce « bonnes références, je commence à descendre ».

Le PCB annonce un taux de descente fort et le PF corrige au pas général.

Le PF pense ensuite avoir soufflé la lampe « strobe¹ » qu'il ne voit plus. Le PF a encore la vue du sol et continue la descente.

Le MEOS placé du côté droit annonce « nuage travers la portière » mais ne donne aucune correction car le PF annonce « oui OK j'ai bon visuel, je descends ».

A ce moment le PCB estime que l'approche est en bonne voie et décide d'aller chercher des références extérieures. Ne les trouvant pas, il effectue un nouveau balayage instrumental.

¹ Cette dernière sera retrouvée à son emplacement, telle que mise en place par les commandos. Elle n'a pas bougé et n'a pas été renversée.

Il constate un vario à -400 ft/ minute et un fort dérapage à gauche proche de la graduation de 5 kt sur la page Hover du FND. Le PCB annonce « on dérape à gauche, on dérape à gauche ». Le PF effectue une légère correction au cyclique, le MEOS placé à droite voit le sol et l'estime à environ 30 centimètres. Le MEOS gauche constate le dérapage en voyant le sol défiler et s'attend à ce que l'hélicoptère se renverse.

Un impact latéral est ressenti. L'aéronef bascule ensuite sur le flanc gauche. Les pales principales heurtent le sol et se brisent. Après arrêt du rotor, les deux coupe-feux sont tirés (un par le PF et l'autre par le MVAVT). Puis la batterie est coupée.

L'appareil est évacué avec l'aide des commandos de l'élément extérieur.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : zone sahélienne
- Moment : nuit

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères	1	3	
Aucune	4	7	

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. Pilote commandant de bord

- Age : 33 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 4° RHFS
 - fonction dans l'unité : commandant d'une escadrille des opérations spéciales
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille sur hélicoptère de manœuvre (CP HMA) et qualification EC 725
 - école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EA ALAT) Dax puis formation interne au 4° RHFS
 - année de sortie d'école : 2006
 - Stage *Cockpit resource management* (CRM): 26 août 2011
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725
Total (h)	1364	660	85	85	25	25
Dont nuit	332	160	25	25	4,4	4,4
Dont VSV	165	80	3,6	3,6	0,4	0,4
Dont sous SIL	250	120	21	21	3,8	3,8

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 17 juillet 2013
 - de nuit : 17 juillet 2013
- Date du dernier poser poussière :
 - de jour : 22 juin 2013
 - de nuit : 22 juin 2013
- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte vol sans visibilité (VSV)
 - date d'expiration : 31 août 2013

1.4.1.2. Pilote en fonction

- Age : 32 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 4° RHFS
 - fonction dans l'unité : pilote
- Formation :
 - qualification : pilote sur hélicoptère de manœuvre et qualification EC 725
 - école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EA ALAT) Dax
 - année de sortie d'école : 2006
 - Stage CRM : 01 mars 2010
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725
Total (h)	1400	800	85	85	25	25
Dont nuit	442	385	30	30	4,4	4,4
Dont VSV	230	109	9,1	9,1	0,4	0,4
Dont sous SIL	300	200	26	26	3,8	3,8

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 17 juillet 2013
 - de nuit : 17 juillet 2013
- Date du dernier poser poussière :
 - de jour : 22 juin 2013
 - de nuit : 22 juin 2013
 -
- Carte de circulation aérienne :
 - type : carte vol sans visibilité (VSV)
 - date d'expiration : 17 septembre 2013

1.4.2. Autres membres d'équipage

1.4.2.1. MVAVT

- Age : 44 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 4° RHFS
 - fonction dans l'unité : chef de piste
- Formation :
 - qualification : MVAVT et qualification EC 725
 - école de spécialisation : écoles supérieures et d'application du matériel ESAM à Bourges
 - année de sortie d'école : 2004
 - Stage *Maintenance resource management* (MRM): août 2012
- Heures de vol comme MVAVT :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725
Total (h)	2272	58	62	58	25	25
Dont nuit	487	17	20	17	4,4	4,4

- Date du dernier vol comme MVAVT :
 - sur l'aéronef :
 - de jour : 17 juillet 2013
 - de nuit : 17 juillet 2013

1.4.2.2. MEOS 1 (côté droit – chef de soute - tireur)

- Age : 36 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 4° RHFS
 - fonction dans l'unité : MEOS
- Formation :
 - Qualification : MEOS
 - école de spécialisation : formation au centre du 4° RHFS
 - année de sortie d'école : 2010

- Heures de vol comme MEOS :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725
Total (h)	400	300	35	30	27	27
Dont nuit	100	70	6	4,4	4,4	4,4

- Date du dernier vol comme MEOS :

- sur l'aéronef :
 - de jour : 17 juillet 2013
 - de nuit : 17 juillet 2013

1.4.2.3. MEOS 2 (côté gauche - tireur)

- Age : 35 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : 4° RHFS
 - fonction dans l'unité : MEOS
- Formation :
 - Qualification : MEOS
 - école de spécialisation : formation au centre du 4° RHFS
 - année de sortie d'école : 2012

- Heures de vol comme MEOS :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725	sur tous types	dont sur EC 725
Total (h)	150	150	90	90	25	25
Dont nuit	80	80	50	50	4,4	4,4

- Date du dernier vol comme MEOS :

- sur l'aéronef :
 - de jour : 17 juillet 2013
 - de nuit : 17 juillet 2013

1.4.3. Autres personnels

Dix commandos en soute.

1.5. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Armée de terre
- Commandement organique (ou opérationnel) d'appartenance : COS/BFST
- Base aérienne de stationnement : Ouagadougou
- Unité d'affectation : 4° RHFS
- Type d'aéronef : EC 725 Caracal
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	EC 725	2611	1607,4	VP ² : 349
Moteur 1	Makila 2A	1055	1185,7	Pose : 9,7
Moteur 2	Makila 2A	1190	629,3	Pose : 9,7

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 faisait l'objet de deux réserves de vol mineures ne remettant pas en cause les performances (IFF hors service et le mode S du transpondeur interdit).

La masse prévue à l'atterrissage est conforme aux calculs soit 9730 kg. Compte tenu de la température extérieure de 40°C et de la Zp = 1500 ft, les courbes donnent un stationnaire bimoteur, hors effet de sol de 10.000 kg.

1.5.3. Masse et centrage

La masse et le centrage était dans les normes.

1.5.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TR0 F34
- Quantité de carburant au décollage : 1620 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 750 kg

² VP = visite périodique

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 056°/10 Kt ; QNH 1010.
- Pas de nébulosité significative.
- Température 40°C.

Le logiciel noctambule prévoit une nuit de niveau 1 jusqu'à 21h00 puis niveau 2 jusqu'à minuit avec un fort éclairage lunaire.

1.6.2. Observations

Les observations sont conformes aux prévisions et font état de bonnes conditions pour la mission. L'équipage, sous SIL, estime le niveau de nuit à 3 pendant les dix premières minutes de vol, puis à 2.

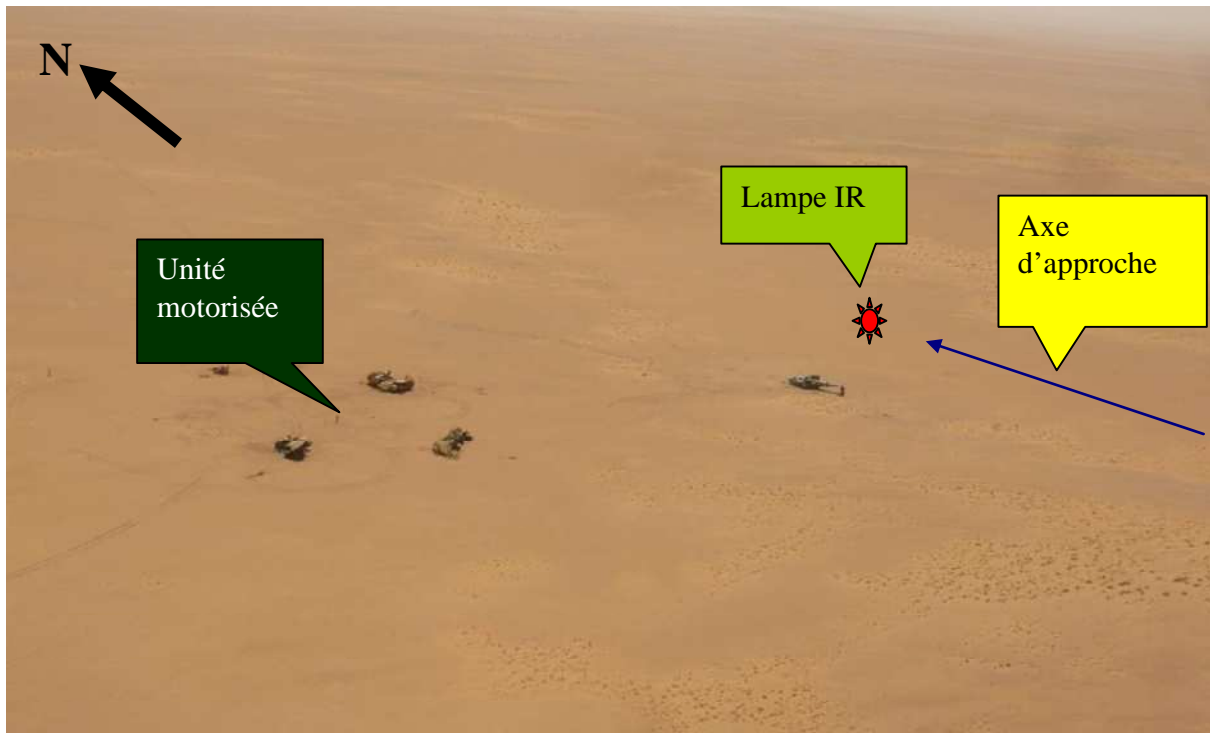
1.7. Enregistreurs de bord

L'appareil est équipé d'un *cockpit voice flight data recorder* (CVFDR) et d'un analyseur de maintenance de type MARMS (*Modular aircraft recording and monitoring system*).

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

1.8.1. Examen de la zone

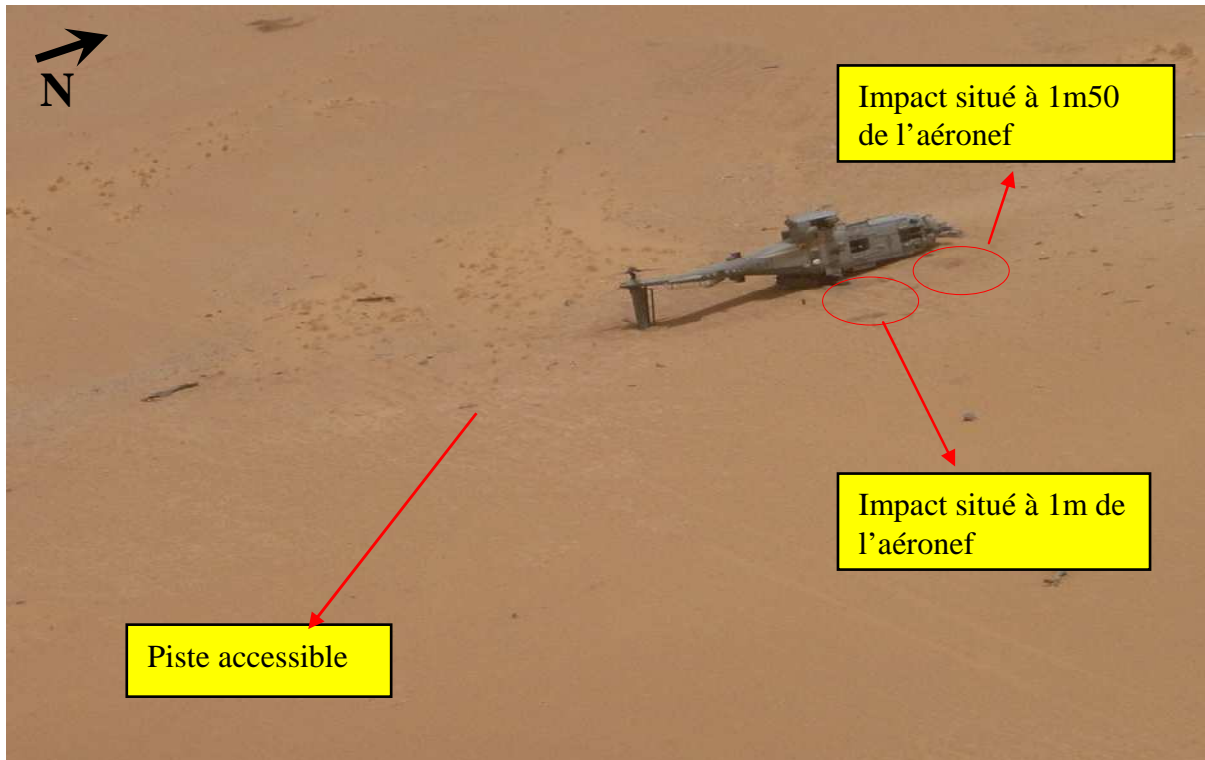
La zone de poser est une vaste étendue plate et sans aucun repère particulier. Située dans un environnement désertique, sablonneux, elle présente une poussière très fine et très volatile. La lampe IR est située à l'endroit le plus sablonneux et le moins caractéristique.



Zone de poser

1.8.2. Examen de l'épave

L'aéronef est couché sur le flanc gauche. Il se présente au cap 012°. Une piste praticable est située à proximité de son aire de poser. Des débris de pales sont répartis autour de l'aéronef dans un rayon approximatif de 100 m.



Vue générale de l'aéronef

Il repose sur le balconnet, écrasé sous le poids de la machine, et sur le déviateur dilueur de jet (DDJ). Le moyeu rotor principal (MRP) est détérioré, suite à l'impact des pales sur le sol. Il ne reste qu'un seul amortisseur hydro-élastique.



Vue du DDJ et du MRP



Vue du balconnet écrasé et arraché

La partie cockpit et le cadre avant sont enfoncés, côté chef de bord.



Vue avant de l'aéronef

La boîte de transmission principale ne présente pas de dégât apparent. Les capots GTM et le capot coulissant ne présentent pas de détérioration.

La poutre de queue est voilée et perforée. La mécanique arrière ne présente pas de dégât apparent. La boîte de transmission arrière (BTA) et le rotor arrière sont indemnes. L'aéronef repose sur l'empennage.



Vues de la poutre de queue

Le train d'atterrissage principal gauche n'est pas accessible. Le train d'atterrissage droit ne présente pas de dégât apparent.



Vue du dessous de l'aéronef

Le pneu gauche du train auxiliaire est crevé et la jante est enfoncée.

Deux impacts sont observés sur le sol, au niveau des trains d'atterrissage. Le premier se situe à environ 1m de l'aéronef un peu en arrière du train principal gauche. Le deuxième se situe à environ 1,5 m de l'aéronef au niveau du train auxiliaire. Une traînée sur le sol est constatée au niveau de l'avant de l'aéronef. Cette trace correspond à la trajectoire de l'hélicoptère au moment où les pales entrent en contact avec le sol.



Le frein de parc est libre, la poignée de verrouillage de l'atterrisseur avant est tirée et la poignée de sortie train secours n'est pas actionnée. Au niveau du plafond, les poignées de commande coupe-tout et la barre d'arrêt d'urgence ne sont pas tirées. Les manettes coupe-feu sont tirées, le frein rotor est libre.



Vues du plafond et du bloc manettes

1.9. Renseignements médicaux et pathologiques

1.9.1. Membres d'équipage de conduite

1.9.1.1. Pilote commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite de reconduite d'aptitude personnel navigant (VRPN)
 - date : 15 avril 2013
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectué
- Blessures : néant

1.9.1.2. Pilote en fonction

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN
 - date : 01 février 2013
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectué
- Blessures : néant

1.9.1.3. MVAVT

- Dernier examen médical :
 - type : VRPN
 - date : 29 mai 2013
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectué
- Blessures : néant

1.9.1.4. MEOS DROIT

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique d'aptitude (VSA) MEOS
 - date : 28 mai 2013
 - résultat : apte
 - validité : 1 an
- Examens biologiques : non effectué
- Blessures : néant

1.9.1.5. MEOS GAUCHE

- Dernier examen médical :
 - type : VSA MEOS
 - date : 27 mai 2013
 - résultat : apte
 - validité : 1 an
- Examens biologiques : non effectué
- Blessures : hématome à la cuisse droite

1.9.2. Autres personnels

Trois commandos sont légèrement blessés sans nécessiter leur évacuation.

1.10. Incendie

Sans objet.

1.11. Questions relatives à la survie des occupants

1.11.1. Abandon de bord

Le PF et le MVAVT tirent chacun un coupe-feu, puis la batterie est coupée. Le PCB ordonne l'abandon du bord.

1.11.2. Organisation des secours

Les personnels sont aidés par les commandos présents sur la zone de bivouac, qui après avoir enlevé la porte pilote, extraient le PF, puis le MVAVT et enfin le PCB de l'aéronef. Dans le même temps les commandos extérieurs s'occupent des dix passagers dont l'un a une jambe sous le fuselage.

Des petites flammes sont présentes dans le DDJ droit. Deux commandos essaient de les éteindre en vain, car les extincteurs de leur véhicule ne sont pas opérants. Les flammes s'éteignent d'elles-mêmes.

1.12. Renseignements sur les organismes

1.12.1. QRF

Le manuel d'emploi du régiment d'hélicoptères des forces spéciales (Alat 34-331, approuvé le 17 février 2010 sous le timbre n°799) décrit la notion de *Quick reaction force* (QRF) comme «un élément constitué pour parer à toute menace sur la mission ou sur les moyens engagés ». Ce document autorise le « poser de nuit avec ou sans marquage au sol ».

1.12.2. Formation MOS1

La formation marqueur des opérations spéciales de niveau 1 (MOS1) est réalisée au sein du 4° RHFS. Elle permet au commando qui la suit d'être capable de réaliser une aire de poser pour hélicoptère. Cette formation n'a pas été dispensée depuis longtemps par manque de temps et de personnels.

Les commandos présents au sol étaient titulaires du MOS2 et MOS3 leur permettant de faire poser des avions. Ils ne sont pas qualifiés MOS1.

1.12.3. Politique de formation et d'entraînement

La directive Ministérielle n° 2600 relative à l'allocation en heures de vol de l'ALAT affirme «*la préservation des ressources destinées à la formation du 4ème RHFS (au titre du centre de formation délégué EC725)* ».

En effet le 4° RHFS assure en plus de ses missions opérationnelles la qualification des équipages sur Caracal (Lettre n°322/DEF/COMALAT/B.ACT du 31 janvier 2013).

« *Pour l'engagement des moyens aéromobiles, les mises en condition avant projection (MCP) Sahel et l'entraînement des forces à la manœuvre aéromobile sont considérées par le COS comme la priorités n°1* ».

Cette directive prévoit que «*les équipages de 4° RHFS effectuent leurs heures de vol exclusivement aux commandes des appareils (objectif minimal de 200 heures), la simulation venant en complément de leur préparation opérationnelle spécifique* ».

1.12.4. Travail sous SIL

Intégré au COS, le 4° RHFS réalise plus de 30 % de ses heures de vol de nuit et près de 50% en opération extérieure. En outre, il utilise depuis 2003 des jumelles de vision nocturne (JVN) de type DIPT22A (ITT Modèle F4949H) en lieu et place des OB 56 de performance moindre, réservées aux MEOS.

Le commandement des opérations spéciales approuve une procédure opération spéciale (POPS) sous la rubrique « 4-3 le marquage simplifié ». Elle permet en fonction du niveau de nuit et sous condition d'entente préalable entre les marqueurs et l'équipage, le poser avec une seule lampe à éclat de type *beeper* infra rouge³. Elle prescrit de se poser 10 mètres avant le *beeper* et n'exige pas l'utilisation du phare infra-rouge de l'hélicoptère (POPS-Tome 2 – titre 4- Edition juin 2013).



Vue de la lampe IR utilisée pour le marquage

1.12.5. Poser poussière

1.12.5.1. Guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux

Le commandement de l'aviation légère de l'armée de terre a validé le 27 mars 2013 un guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux (extrait Cf. Annexe 1).

« S'effectuant dans des conditions de températures et de pressions souvent marginales qui limitent le domaine de vol, le poser en milieux poussiéreux requiert de la part du pilote des qualités propres à ce type d'exercice. Le jugement et la décision seront les moteurs qui, après analyse de la zone du poser, amèneront le pilote à conduire son approche sur le point précis, en ayant en permanence à l'esprit le réflexe d'une remise de gaz éventuelle.

Les surfaces désertiques (sable et cailloux) posent aux équipages des problèmes de visualisation, particulièrement durant les phases d'approche et de décollage, car le pilote, qui ne dispose que de peu ou pas de référence, est gêné par le nuage de particules soulevé par le souffle du rotor.

³ Le beeper infra-rouge utilisé pour le marquage est de marque ACR électronique (réf ACR/MS-2000 M) et équipe les gilets MK3 des pilotes.

Le choix d'angles forts type JVN s'impose, car le survol à faible hauteur de zones sans contraste avec des références sol très limitées en très courte finale, ne permet pas de détecter les irrégularités du sol, ni de s'affranchir d'obstacles non détectés. Ils permettent également de lever le nuage de poussière plus tardivement (moins d'effet de sol) et de le maintenir plus longtemps à l'arrière de l'aéronef. L'approche technique est conduite vers un point offrant une référence suffisante pour un poser en sécurité.

De jour comme de nuit, il faut donc choisir de préférence une zone de poser possédant des différences de contrastes. Si la zone ne possède pas de contrastes, il peut être envisagé de jeter un élément (suffisamment lourd pour ne pas qu'il s'envole lors du poser) afin de créer un point de repère (pneu, sac à dos, ...). Le manque de contraste n'est pas lié au niveau de particule. Quel que soit le point de repère, il peut malgré tout totalement disparaître dans la phase finale du poser ».

La lettre de diffusion n°1012/DEF/COMALAT/BSV/DR du 27 mars 2013 précise : « *Elaboré avec des hélicoptères d'ancienne génération, il servira néanmoins de support aux hélicoptères de nouvelle génération, en adaptant les fiches pédagogiques à ces derniers* ».

1.12.5.1.1. Guide d'utilisation des jumelles de vision nocturne

En complément le guide d'utilisation des jumelles de vision nocturne approuvé sous le timbre 222/DEF/COMALAT/BSV du 23 janvier 2009 prescrit :

« Toute phase d'approche sera effectuée à la vitesse de l'homme au pas, défilement JVN, et un taux de descente faible (inférieur à 1 hm/min – 330 ft/min). Cela donne le temps d'interpréter l'image JVN et de détecter tout élément pouvant permettre d'identifier la présence d'obstacle.

Le pilote, du point initial au point de poser, balaie alternativement à l'intérieur et à l'extérieur afin de tenir parfaitement les éléments suivants : le défilement, le non dérapage sol, la hauteur sonde et le plan de descente ».

1.12.5.2. Proposition de procédure de poser poussière Caracal

L'escadrille des opérations spéciales (EOS) 3 a rédigé une procédure permettant d'utiliser l'ensemble des modes supérieurs du pilote automatique de l'EC725, lors des poser poussières. Cette proposition a été adressée au commandement pour étude.

1.13. Renseignements supplémentaires

1.13.1. Disponibilité aéronefs

Dans l'annexe 5 du compte rendu mensuel d'activité CRMA (V2011-1) du 4° RHFS relatif au mois de février 2013, le Chef de corps écrit :

« la consommation du potentiel, bien qu'en progression ce mois-ci, n'est globalement pas à la mesure de l'allocation fournie par la DM 2600. Elle est tout juste suffisante pour le parc Caracal ».

La disponibilité des Caracal est relevée à 32,14% en janvier 2013 et 43,33% en février 2013.

« Sur un parc de 3 aéronefs en métropole, la disponibilité journalière a été de 1 à 2 Caracal ».

En avril 2013 il souligne :


« A l'EOS3, le potentiel consommé en France en dehors de la qualification de type Caracal (deux pilotes et trois mécaniciens navigants qualifiés) est excessivement faible. Aucun entraînement n'a été possible pour les équipages bientôt projetés. De plus, le rapatriement d'un Caracal du Sahel impacte fortement la consommation globale de l'escadrille ».

La disponibilité des Caracal en France est relevée à 7,84 % pour le mois de mars 2013 et 33,33% pour le mois d'avril 2013.

Dans un avis sur le projet de loi de finances pour 2014 (n° 1395), tome IV, Défense, préparation et emploi des forces terrestres, enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 10 octobre 2013, monsieur le Député Joaquim PUEYO écrit (page 17), à propos de la flotte Caracal :

« le parc bénéficie d'un soutien efficace, mais contraint par un entretien préventif important en 2013, combiné à une évolution majeure du plan d'entretien (qui passe de 2 à 3 ans) et à l'entrée de deux appareils en chantier de retrofit. Ces facteurs limitent l'atteinte de l'objectif recherché ».

Il fournit également une vision de la disponibilité technique (DT) des Caracal de l'armée de terre depuis 2008.

Catégorie	Parc	DT 2008	DT 2009	DT 2010	DT 2011	DT 2012	DT 2013	Tendance attendue
Hélicoptère de manœuvre	EC725 Caracal	36 %	57 %	53 %	43 %	33 %	31 %	

1.13.2. Entraînement en métropole de l'équipage

Le 4° RHFS possède une double mission (Lettre n°332/DEF/COMALAT/B.ACT du 31 janvier 2013) : réaliser des missions opérationnelles et qualifier des équipages sur Caracal. Bien que la mise en condition opérationnelle soit une priorité de cette unité, l'entraînement en métropole est très limité. Ceci est expliqué par une faible disponibilité technique opérationnelle des EC 725 au sein du 4° RHFS et un engagement important de ses personnels sur les théâtres d'opération.

Ce manque d'entraînement, voire l'absence de vol d'entraînement en France, entre deux séjours au Sahel, est souligné par les membres d'équipages.

Le CDB est revenu d'OPEX début mars 2013, pour repartir mi-mai 2013. Durant cette période il a volé 4.4h.

Le PF est revenu fin mars 2013 pour repartir mi-juin 2013. Durant cette période il a volé 4.8h.

La moyenne des heures de vol des pilotes du 4° RHFS se situe aux alentours de 150h par an. Les membres d'équipage du Caracal estiment néanmoins « se sentir à niveau » pour remplir la mission.

1.14. Techniques spécifiques d'enquête

Néant.

2. ANALYSE

L'accident est une perte de contrôle en très courte finale, lors d'un poser poussière de nuit, sous SIL. Il fait suite à la perte des références sol, par les deux pilotes.

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première résume les résultats des différentes expertises. La seconde a pour objet de reconstituer le scénario probable de l'événement. La troisième consiste à identifier les causes possibles de cet accident.

Elle est fondée sur l'exploitation des témoignages des équipages et des données de l'enregistreur CVFDR.

2.1. Expertises

2.1.1 Extraction des données du CVFDR

Il a été possible de reconstituer en 3D les 20 dernières minutes de vol, avec insertion des conversations de l'équipage. Il confirme et affine les témoignages fournis. Il montre également l'absence de panne.

2.1.2 Constats sur la cellule

Les constatations effectuées montrent des zones de déformations importantes tant au niveau de la structure principale que la zone du plancher mécanique (zone où se fixe la boîte de transmission principale). Ces déformations sont la conséquence des efforts introduits par le moyeu rotor principal et les pales principales lors du contact avec le sol pendant le renversement.

2.1.3 Expertise des turbomoteurs

Le démontage des deux turbomoteurs, permet de conclure à leur fonctionnement nominal. A l'exception des impacts sur les compresseurs axiaux et de l'encrassement (sans rapport avec l'accident), les défauts observés sont consécutifs à la perte de contrôle et démontrent une absence de poser dur, ce qui confirme les observations des pilotes qui décrivent un basculement lent de l'appareil sur la gauche. Les deux turbomoteurs sont réparables.

2.2. Séquence de l'évènement

Un STEP (*sequentially timed event plotting procedure*) est établi à partir des données du CVFDR. L'encadré jaune est dédié au membre d'équipage qui initie le dialogue. La référence temps (T0) correspond à l'instant de l'impact de l'hélicoptère avec le sol.

Phase de vol

Transit vers l'élément motorisé au sol

Moment / T0

Hauteur Vi Vario

T0 – 8m13s

T0 – 4m14s

63 ft 120 kt

Bruit sec et bref
en soute

Env 4 Nm au sud

Passage de petites
dunes

Hélicoptère

PF

Acquitte l'information et ajoute «impressionnant»

S'interroge sur la provenance du bruit « c'est quoi ce bruit en soute »

Perçoit la lumière

Demande au CDB la distance de l'élément motorisé et acquitte la réponse de ce dernier

Confirme « ouaih...on est axé...ouaih je les ai »

Annonce visuel des dunes et annonce que dans 4 nautiques on va tourner à droite

CDB

Constata que tout est plat devant et annonce vent du 058 pour 14 kt

Perd un court instant la fonctionnalité de son micro et annonce « c'est nul »

Annonce une lumière à 1 h puis confirme qu'elle est intermittente et qu'il ne la voit plus

Répond deux nautiques

Confirme qu'il s'agit bien de la lumière qu'il venait d'apercevoir. Et annonce l'arrivée dans quatre minutes

Annonce on arrive dans 4 minutes et décrit les petites dunes et confirme le virage 90° par la droite

MVAVT

Confirme que c'est plat devant et qu'il n'a pas d'information de vent

Confirme à deux reprises que quelque chose est tombé en soute

N'a pas visuel

N'a toujours pas visuel

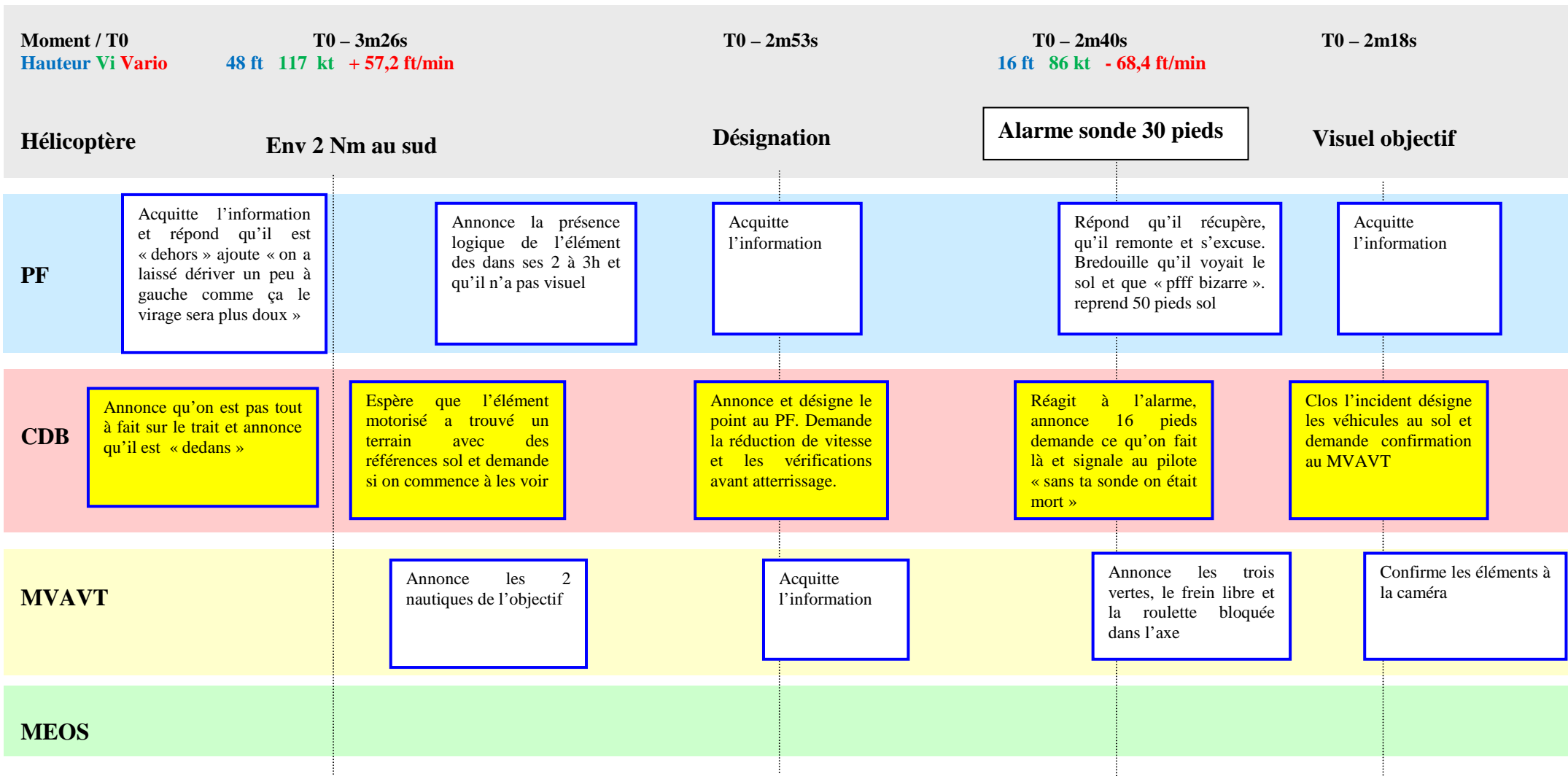
Confirme les successions de dunes en annonçant les plans

MEOS

Le MEOS droit annonce visuel d'une lumière dans ses 2 h

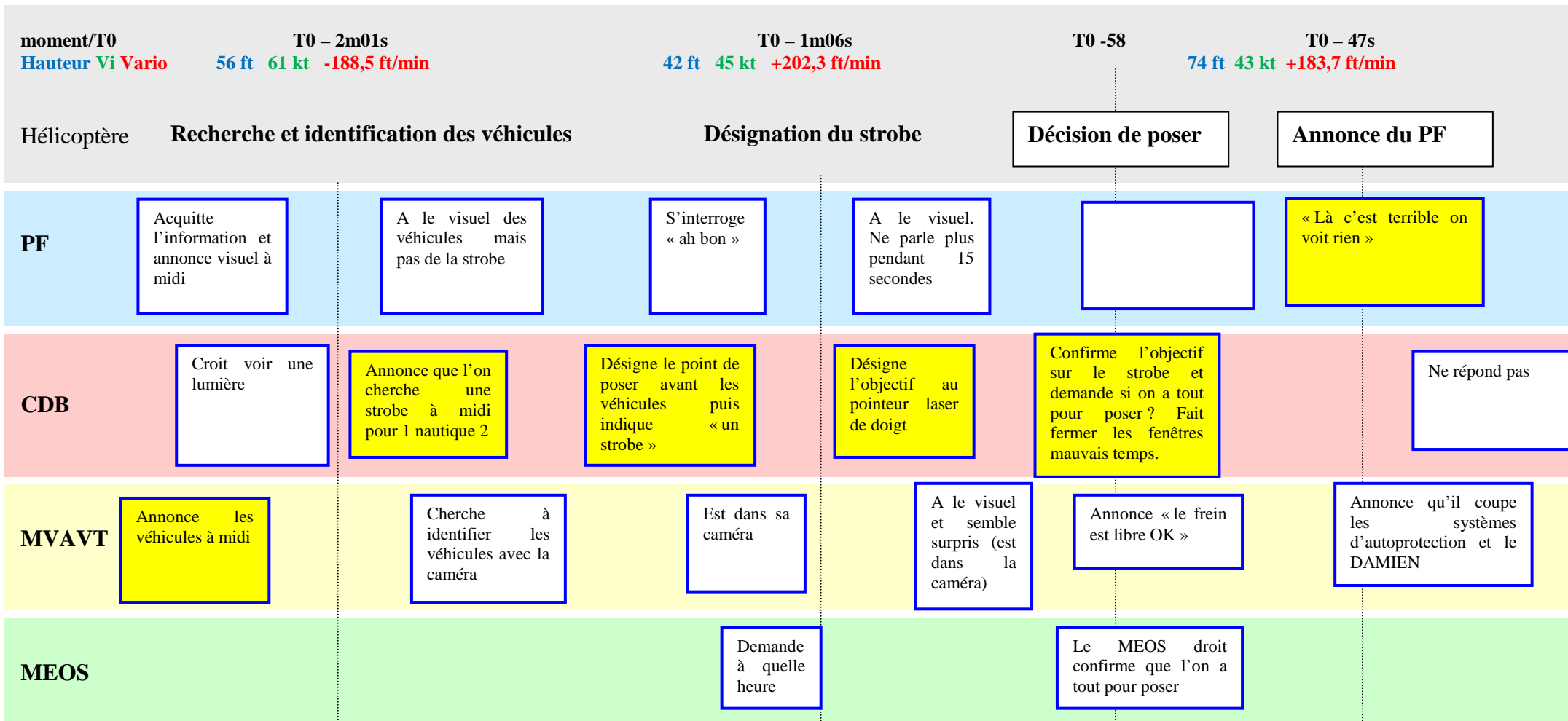
Phase de vol

Transit vers l'élément motorisé au sol



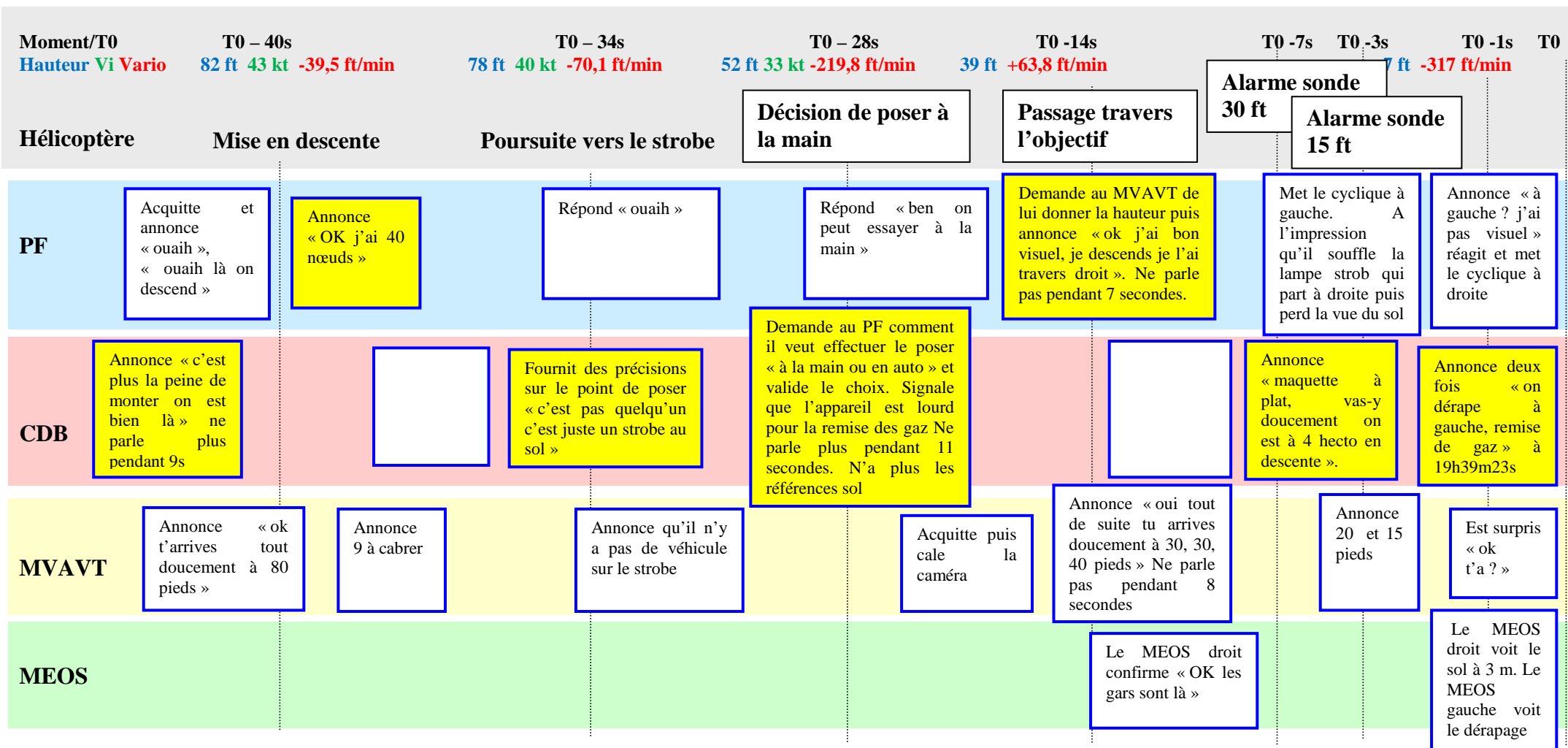
Phase de vol

Visuel de l'objectif



Phase de vol

Descente et finale sur l'élément motorisé



2.3. Recherche des causes de l'incident

2.3.1. Causes environnementales

2.3.1.1. Conditions météorologiques

Les conditions aérologiques, de température et de luminosité ambiantes étaient compatibles avec ce type de vol.

Les conditions météorologiques ne sont pas à l'origine de cet accident.

2.3.1.2. Phénomène de *Brownout*

Les autres équipages et l'équipe de dépannage confirment la présence d'un sable très volatile dans cette zone plate, uniforme et dépourvue de tout repère. Un phénomène de réverbération de la lune dans le sable est également évoqué. Deux autres équipages ont dû se résoudre à remettre les gaz plusieurs fois au cours de la même nuit, avant de se poser au même endroit. Le poser poussière de nuit sous SIL est particulièrement difficile. Les américains décrivent le risque de perte de référence sous la dénomination de *brownout*.

Les Etats-Unis estiment que trois hélicoptères sur quatre victimes d'accidents, le sont, du fait de cet environnement visuel dégradé (Degraded Visual Environment – DVE). Des centaines d'appareils – ainsi que leurs équipages – auraient été perdus du fait de difficultés d'orientation et de vision pour les pilotes. Des difficultés causées par le sable et la poussière balayés lors des manœuvres, mais aussi d'une capacité réduite à situer l'horizon dans son espace. (document C/207520 - mai 2010 – Cinquante-huitième session - commission de défense européenne)

Au total, selon diverses sources officielles et spécialisées, de 2001 à 2009 en Afghanistan, seule la perte d'une douzaine d'hélicoptères sur une soixantaine doit être mise sur le compte d'une action ennemie. Les deux véritables adversaires de l'hélicoptère en Afghanistan sont l'air chaud et l'altitude (« hot and high ») et l'effet de perte de visibilité due aux tourbillons de poussière et de sable générés lors des atterrissages et des décollages par la rotation des pales (écoulements tourbillonnaires). Ce phénomène est nommé en anglais « brownout ». (Actu Défense en ligne 20 janvier 2013).

Selon l'IRBA :

« La dégradation de la visibilité liée au Brownout engendre une perte soudaine des références de guidage visuel (repères au sol pré-identifiés), une mauvaise perception des distances et hauteurs ainsi qu'un masquage de l'horizon. La perception d'éventuels obstacles en mouvement est abolie, ainsi que celle des détails de la surface de la zone d'atterrissage lors de l'approche finale.



Exemple de poser poussière (source ALAT)

Trois mécanismes pouvant entraîner une désorientation spatiale lors du brownout sont classiquement rapportés :

- des déviations lentes de l'attitude de l'appareil en roulis se produisent souvent avant l'atterrissage. Le phénomène appelé inclinaison infralimininaire apparaît lors d'une inclinaison graduelle à une vitesse inférieure au seuil de détection d'un changement de vitesse angulaire : l'accélération angulaire se produit trop doucement pour que les canaux semi-circulaires soient stimulés. Le pilote n'a alors pas conscience de l'inclinaison latérale progressive... ;*
- les déplacements de poussière lors de l'atterrissage peuvent donner au pilote l'impression que l'hélicoptère se met à tourner ou à basculer, alors qu'en réalité l'appareil est stationnaire. Il s'agit du phénomène devection, lié à la stimulation rétinienne (notamment périphérique) par le mouvement uniforme d'un large pan de la scène visuelle... ;*
- en l'absence de références visuelles externes, la décélération peut générer l'impression erronée de piqué...*

Sous SIL, les lumières de l'appareil peuvent renforcer les illusions visuelles en illuminant le nuage du brownout. Les pales du rotor en interaction avec la poussière peuvent générer de forts effets de scintillement, qui peuvent saturer certaines parties de l'image et réduire la sensibilité (gain) du système.

La zone de poser retenue est plane, dépourvue de tout repère au sol. Elle est particulièrement propice au soulever de poussière et à la survenue d'un *brownout*. Lors du *brownout*, le nuage de poussière obscurcit les repères visuels au moment le plus critique de la séquence d'atterrissage, près du sol. La tolérance aux erreurs est alors faible, avec peu de temps pour les corriger.

2.3.1.3. Exemple de solutions proposées

Plusieurs solutions techniques sont à l'étude et figurent en annexe 2.

2.3.2. Causes techniques

Les enregistrements, les examens effectués sur l'épave et la documentation montrent que l'appareil était pilotable pendant tout le vol. Il ne présentait aucune défaillance ou dysfonctionnement de ses systèmes, de ses commandes de vol et de sa motorisation.

Le train était verrouillé bas et la roulette de nez verrouillée dans l'axe.

Les SIL de l'équipage de conduite type DIPT22A (ITT Modèle F4949H) présentaient des performances nominales en vision des contrastes. Le PF ne rapporte pas de dysfonctionnement, ni de gêne oculaire lors de l'utilisation de ses SIL. La paire de jumelle a été contrôlée et testée sur place sans détection d'anomalie. Compte tenu des contraintes opérationnelles l'expertise en métropole a été écartée.

Compte tenu de sa masse et des conditions extérieures, l'appareil évoluait dans son domaine de vol et présentait une réserve de puissance suffisante.

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

2.3.3. Domaine relevant des facteurs humains et organisationnels

L'analyse des facteurs humains s'inspire du modèle HFACS (grille d'analyse et de classification des aspects facteurs humains et organisationnels développée par l'US Navy).

2.3.3.1. Actes non sûrs

Ecart « aux bonnes pratiques » du poser poussière

Le commandement de l'aviation légère de l'armée de terre a validé un guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux qui ne s'applique pas encore au Caracal. Les équipages doivent donc se référer à la fiche relative au Puma qui recommande :

« De jour comme de nuit, il faut donc choisir de préférence une zone de poser possédant des différences de contrastes. Si la zone ne possède pas de contrastes, il peut être envisagé de jeter un élément (suffisamment lourd pour ne pas qu'il s'envole lors du poser) afin de créer un point de repère (pneu, sac à dos, ...) ».

L'absence de remise en cause par l'équipage de la zone de poser retenue par les commandos au sol (non formés au marquage pour hélicoptère), dépourvue de tout contraste a pu favoriser la survenue de l'accident.

Ecart au guide d'utilisation des jumelles de vision nocturne

Le guide d'utilisation des jumelles de vision nocturne approuvé par le COMALAT prescrit que :

« *Le pilote, du point initial au point de poser, balaie alternativement à l'intérieur et à l'extérieur afin de tenir parfaitement les éléments suivants : le défilement, le non dérapage sol, la hauteur sonde et le plan de descente* ».

La focalisation sur la lampe infrarouge et l'absence de prise en compte du dérapage sol affiché en mode *Hover* ont pu favoriser la survenue de l'accident.

Ecart à la procédure du POPS

Le COS autorise le poser de nuit sous SIL à l'aide d'un marquage simplifié. Cette procédure prescrit de se poser 10 mètres avant le *beeper* lampe infrarouge (POPS-Tome 2 – titre 4-Édition juin 2013).

L'absence de contraste au sol conduit le PF à dépasser la lampe infrarouge et à la conserver travers droit. Ce raté d'exécution n'est pas expliqué par le PF. Le CDB n'a plus les références sol à cet instant.

L'écart à la procédure a pu concourir à la survenue de l'accident en favorisant la perte de référence de la lampe à éclat par le pilote en fonction.

Absence de remise des gaz

Le PCB annonce « *on dérape à gauche, on dérape à gauche, remise des gaz* ». Certainement surpris et bien qu'ayant la main sur le pas général, il ne remet pas les gaz.

Le PF ne comprend pas l'annonce du PCB et interroge « *à gauche ? J'ai pas visuel* ». Cependant il réagit et effectue une légère correction à droite, au cyclique. Il ne remet pas les gaz. L'aéronef percute le sol une seconde après.

La perception trop tardive de la situation entraîne l'absence :

- **de réaction immédiate du CDB et du PF ;**
- **de remise des gaz ;**

contribuant à la survenue de l'accident.

Application des actions d'abandon de bord

La procédure du manuel de vol prescrit de tirer les coupe-tout lors d'un accident. Ces poignées sont peu repérables dans le noir. Habitué à l'habitacle du Puma, le PF et le MVAVT tirent chacun un coupe-feu. Ce faisant ils se privent en cas de besoin de la possibilité de percuter les extincteurs moteurs qui devient impossible. Ils ne sont pas entraînés à cette procédure.

La confusion de procédure d'abandon de bord entre PUMA et COUGAR, sans conséquence sur cet accident aurait pu être dangereuse lors d'un feu déclaré.

2.3.3.2. Conditions préalables

Fatigue

L'équipage sort d'une période de récupération de huit jours, il déclare avoir dormi de façon satisfaisante et s'être réveillé sans éprouver de signe de fatigue. Cependant, il n'est pas possible d'exclure totalement la fatigue comme facteur contributif à cet événement :

- l'équipage a commencé à préparer sa mission à 7h00 le matin (avec un lever estimé vers 6 h00) ;
- l'équipage a effectué un vol de transit de 4 heures, qu'il considère « peu fatiguant » mais qu'il qualifie néanmoins de « long », « routinier », « pesant » et « pénalisant » ;
- les conditions de vie sur la zone d'attente sont extrêmes :
 - températures extérieures entre 45 et 50°C le jour, diminuant à peine à 35 °C au plus bas la nuit ;
 - alimentation limitée aux rations, rationnement de l'eau de boisson et sanitaire, hygiène minimale ;
 - logement, au mieux en tente mal climatisée, ou réduit au minimum (vieux bâtiments désaffectés et lit de camp).
- devant la rusticité des conditions de vie sur la zone d'attente, le médecin de l'opération Sabre, lors du mandat précédent avait préconisé une durée de séjour limitée à 72h pour les équipages afin de ne pas diminuer leurs capacités opérationnelles.

Dans un contexte général de mission très exigeant voire extrême, du point de vue opérationnel et climatique, l'absence de fatigue « ressentie » et « déclarée » par les équipages ne doit pas conduire à exclure ce facteur.

Enjeux

Les opérations de la *Task Force Sabre* imposent une mise en route rapide avec des préparations de missions dans l'urgence, elles font appel systématiquement au maximum de moyens hélicoptères disponibles.

La mission du 17 juillet 2013 apparaît comme « simple » et « sans contrainte majeure » pour l'équipage.

La panne d'un Caracal oblige à une ré-articulation des personnels embarqués. Cette reconfiguration s'effectue sans difficulté, car le Caracal 2611 était déjà prévu en tête.

L'équipage reste serein, le vol est conforme, les conditions environnementales paraissent tout à fait satisfaisantes aux pilotes.

Les enjeux de la mission n'entraînent pas de stress particulier pour l'équipage.

Excès de confiance

Les bonnes conditions météorologiques ont conduit l'équipage à une « sous-estimation » de la difficulté de la mission. Une certaine « routine » a pu également inciter le PCB à privilégier un marquage simplifié et le PF à opter pour une procédure de poser manuelle. Parfaitement réglementaires ces mesures n'étaient pas dictées par la situation opérationnelle sur le terrain. L'excès de confiance est surtout associé à la préparation de cette phase de vol critique. L'équipage se place dans une situation où les contraintes sont majorées (dans un objectif louable d'entretien des compétences), sans que les stratégies habituelles de maîtrise des risques soient mises en œuvre. Le choix du mode de poser, la répartition des tâches entre les membres d'équipage, les paramètres à surveiller et les conditions imposants une remise des gaz ne sont pas abordés collectivement lors du briefing avant vol, ni même au cours du vol.

Les bonnes conditions de réalisation de la mission ont pu conduire à l'équipage vers l'excès de confiance et la simplification des briefings.

Stress induit par des événements antérieurs et canalisé par un bruit en soute

Le PF a effectué plusieurs séjours en Afghanistan ainsi qu'un premier mandat Sabre au Mali. Durant cet engagement il a subi, de jour, en opération, un départ de feu moteur en vol, le 24 mars 2013 (cf. Eurocopter *fleet safety* n°42/2013 du 29 mars 2013). Après atterrissage en zone hostile, et extinction des flammes sur la partie avant du moteur droit à l'aide des extincteurs cabines et de bouteilles d'eau, il a dû exfiltrer l'aéronef en mode OEI (*one engine inoperate*).

De même le CDB a subi une perte de puissance en vol, suite à une usure prématurée des deux moteurs le 24 mai 2013.

Huit minutes avant l'accident, le PF détecte un bruit sec et bref en soute et s'en inquiète. Le MECNAV confirme qu'il pense que quelque chose est tombé en soute. Cette anomalie a pu venir perturber les pensées du PF et lui rappeler des moments de tension.

Le PF se laisse dériver sur le trajet. Ses réponses sont évasives. Il n'annonce pas véritablement ses impressions (lumière de la lampe faible). Dans le virage à droite, il perd de l'altitude passant de 50 à 16 pieds, sans comprendre ce qui lui arrive.

Le bruit en soute, huit minutes avant l'accident, a pu perturber l'équipage dans le déroulé des actions en cours. Il a pu générer un stress du PF qui pourrait être à l'origine de préoccupations en vol, manifestées, en particulier, par une perte d'altitude franche en virage à droite, sans qu'il en identifie ni en comprenne l'origine.

Synergie et communication

La synergie ne semble pas optimale entre les différents membres de l'équipage avec un rapport purement hiérarchique entre CDB et le PF.

Le dialogue et la transmission de l'information manquent de fluidité et de liant pour plusieurs raisons : un climat de confiance global avec peu de raisons de douter sur une mission qui semble à tous relativement simple, un petit temps de retard pour le mécanicien navigant qui n'a pas encore tous ses repères avec les systèmes d'arme et sa nouvelle position dans la machine (moindre vision de l'extérieur en comparaison avec le Cougar).

Le STEP permet de mettre en évidence que chacun des membres d'équipage reste isolé dans sa représentation de la situation.

Le commandant de bord

Le CDB sait qu'il faut se diriger sur la lampe strob infrarouge, trouve l'objectif, le désigne au laser. Il ne prend pas en compte la remarque du PF « *là c'est terrible on voit rien* ». Il perd les références sol sans l'annoncer et ne parle plus pendant 11 secondes en courte finale. Il n'annonce pas qu'il regarde dehors à l'équipage. Il fournit lors de la descente certaines informations relevant normalement du MVAVT.

Le pilote en fonction

Le PF découvre tardivement l'objectif, n'annonce pas sa perception lente de la lampe infrarouge. Il n'écoute pas les premières informations fournies par le MVAVT. Il dépasse la lampe et la conserve en visuel travers droite. Il n'annonce pas sa perception d'avoir soufflé la lampe ni sa perte de référence sol. En courte finale il ne parle pas pendant 7 secondes.

Le MVAVT

Le mécanicien navigant, sort d'une qualification Caracal et effectue sa première mission opérationnelle sur ce type d'aéronef. Spécialiste Cougar, il est en recherche d'acquisition d'expérience pour être « plus à l'aise » notamment avec la gestion des systèmes d'armes. Durant l'approche vers le marquage défini par une simple lampe à éclat, il « *galère un peu* » dans le calage de sa caméra et il lui semble avoir un petit temps de retard sur la procédure d'atterrissage. En courte finale, il ne parle pas pendant 8 secondes.

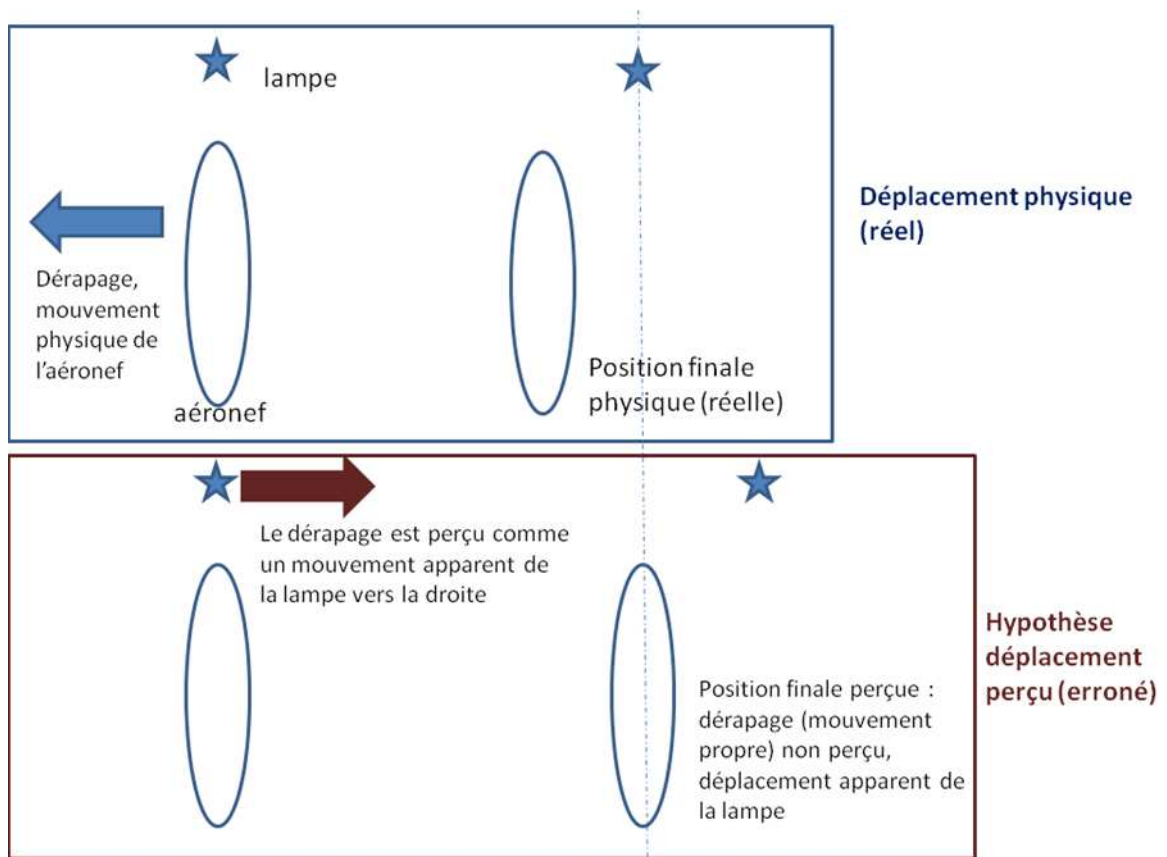
La qualité de la synergie équipage, des dialogues et de la transmission des informations a pu favoriser la survenue de l'accident. En très courte finale, les deux pilotes regardent dehors. Les pertes de références ne sont pas annoncées. La fluidité, le séquençage et l'acquiescement des annonces ne sont pas réalisés.

Déplacement et disparition de la lampe « strobe »

Le PF indique avoir vu bouger la lampe qui bascule vers la droite et pense l'avoir soufflé. En réalité elle n'a pas bougé. Ces propos témoignent une altération de la conscience de la situation de la zone d'atterrissage (ainsi que de son orientation spatiale) par le PF.

Selon l'IRBA, trois phénomènes sont envisageables :

- « *il est possible que cette perception erronée d'un déplacement de la lampe vers la droite, puis sa disparition, soit la conséquence du dérapage non perçu vers la gauche (dérapage non détecté par le système vestibulaire car infraliminaire). La représentation (erronée) de la situation par le PF serait alors un hélicoptère immobile dans le plan transversal droite/gauche (pas de perception du mouvement propre) et une lampe se déplaçant vers la droite.*



Représentation schématique du phénomène décrit

- *On ne peut pas éliminer une composante d'illusion oculogravique/oculogyre. De façon très simplifiée, la stimulation du système vestibulaire (supérieure au seuil de stimulation cette fois-ci) peut entraîner un mouvement oculaire appelé nystagmus (succession de battements des yeux). Le nystagmus est suivi d'un mouvement résiduel constitué d'une phase lente et d'une phase rapide. Seule la phase lente – qui suit les mouvements de la tête- est perçue. L'observateur interprète alors les informations rétinienne comme un mouvement de la scène visuelle. Ce type d'illusion survient lorsque la scène visuelle est appauvrie, comme lors d'un vol de nuit.*
- *On ne peut pas exclure la survenue d'une illusion autocinétique. Il n'y a pas lieu de penser que cette illusion ne puisse pas survenir sous système d'intensification de lumière*

(SIL). L'illusion autocinétique survient classiquement après avoir fixé un spot lumineux fixe sur un fond noir pendant 6 à 12 secondes. Au bout de ce temps, le spot lumineux semble bouger (le plus souvent lentement). Les caractéristiques de ce déplacement sont : 3-4 ° en moyenne (jusqu'à 30°), vitesse de 12 min/s à 15°/s.

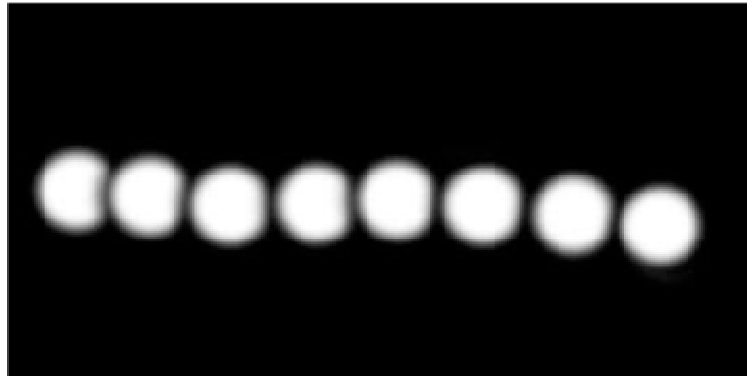


Illustration du phénomène autocinétique

Elle a été décrite pour des sources lumineuses clignotantes ou continues. Selon certains auteurs, elle disparaît si plusieurs sources lumineuses sont visibles simultanément (Benson) ou non (Gillingham), des sources lumineuses proches pouvant se mettre en mouvement apparent ensemble. La réduction de l'illusion autocinétique par l'ajout de points lumineux est donc mitigée :

- Benson propose la présence d'au moins 3 points lumineux pour l'atterrissage d'un hélicoptère de nuit, Gillingham suggère que cela n'élimine pas le problème ;
- Gillengham suggère également comme facteurs de réduction de l'illusion autocinétique :
 - 1) éviter les fixations prolongées d'un point lumineux ;
 - 2) observer un point lumineux en référence à une structure stationnaire comme les montants du cockpit ;
 - 3) faire des mouvements des yeux/tête ;
 - 4) consulter les instruments de vol.

Les causes de l'illusion autocinétique ne sont pas réellement déterminées : dérive spontanée de la perception de la position dans le noir, mouvements oculaires de stabilisation d'un point lumineux sur la rétine interprétés comme mouvement de la cible, signaux (commandes) oculomoteurs envoyés pour compenser la fatigue des muscles oculomoteurs sans réels mouvements oculaires... ».

Quel que soit le mécanisme retenu, l'analyse de l'évènement suggère une perte des références visuelles extérieures, ayant entraîné une altération de la conscience de la situation du PF, concernant à la fois l'orientation spatiale et la représentation de la zone d'atterrissage.

Qualification de l'équipe au sol

Les commandos présents au sol étaient titulaires du MOS2 et MOS3 leur permettant de faire poser des avions, ce qui nécessite un terrain plat et uniforme. Leur absence de formation MOS 1 (dédiée au poser hélicoptères) les a conduit à choisir la zone la plus défavorable pour le poser du Caracal. La lampe IR est située à l'endroit le plus sablonneux et le moins caractéristique.

L'absence de qualification MOS 1 au sein des éléments au sol a pu favoriser la survenue de l'accident en conduisant ces derniers à choisir un terrain propice pour poser un avion, mais dépourvu de contraste.

2.3.3.3. Supervision

Entraînement sur le théâtre

Un hélicoptère Caracal est réservé sur la base principale pour l'activité d'entraînement programmée. Egalement consacré à atteindre un certain volume horaire avant obtention de l'aptitude à l'engagement opérationnel, cet entraînement reste minimal dans certains domaines particuliers dont le « poser poussière ».

Sur le théâtre, le CDB s'est entraîné deux fois de jours et deux fois de nuit sous SIL et son dernier poser poussière a été effectué le 22 juin 2013. Il a volé 85 heures dans le dernier semestre écoulé.

Le PF s'est entraîné une fois de jour et une fois de nuit sous SIL le 22 juin 2013. Il a également volé 85 heures dans le dernier semestre écoulé.

L'activité opérationnelle consacre de nombreuses heures au transit et peu aux réalisations d'actions techniques plus complexes. Les personnels navigants rapportent tous un manque d'expérience pour certaines procédures complexes qu'ils se sentent malgré tout capables de réaliser.

Le faible taux d'entraînement au poser poussière de nuit sous SIL a pu favoriser la survenue de l'accident.

2.3.3.4. Influence de l'organisation

Disponibilité des avions et des caméras

La faible disponibilité des Caracal au cours du premier quadrimestre 2013 a obéré les vellétés d'entraînement en métropole. En moyenne les pilotes du 4° RHFS volent 150h/an (hors simulation) alors que la politique de formation et d'entraînement vise 200h/an (hors simulation).

De même les caméras thermiques (souvent en réparation) font parfois défaut tant en France que sur les territoires hostiles. Ainsi le Caracal dédié à l'entraînement sur la base principale de la TF Sabre n'est plus équipé de sa caméra, empêchant l'acclimatation du MECNAV récemment formé.

La faible disponibilité des Caracal et de la caméra thermique obère les possibilités d'entraînement des équipages.

Procédure poser poussière Caracal

A ce jour la procédure de poser poussière pour le Caracal n'existe pas.

L'EOS 3 a rédigé une procédure permettant d'utiliser l'ensemble des modes supérieurs du pilote automatique de l'EC725, lors des poser poussières (Cf. annexe 3). Elle fait encore l'objet de réflexions en interne escadrille.

L'absence de procédure poser poussière pour le Caracal conduit l'équipage à ne pas annoncer le dérapage et le variomètre alors que ces informations sont disponibles et que la page Hover est sélectionnée des deux côtés.

Cadence opérationnelle

Les équipages du 4° RHFS sont très fortement sollicités. Le taux d'absence du foyer est de l'ordre de 7 à 8 mois par an. Les engagements sont prégnants et éprouvants émotionnellement.

La cadence opérationnelle peut impacter les équipages sur le plan familial et émotionnel.

Entraînement en métropole

Les équipages soulignent un manque drastique d'entraînement en France et constatent que l'essentiel de leur expérience, s'effectue en contexte opérationnel, sur le lieu même des missions.

Durant les deux à trois mois passés en métropole, les pilotes ont volé moins de 5h, avant projection.

3. CONCLUSION

L'accident est une perte de contrôle en très courte finale, lors d'un poser poussière de nuit, sous SIL. Il fait suite à la perte des références sol, par les deux pilotes.

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

la disponibilité des Caracal et de la caméra obère les possibilités d'entraînement des équipages ;

durant deux à trois mois en métropole, les pilotes ont volé moins de 5h, avant projection ;

il n'existe pas de procédure poser poussière dédiée au Caracal, validée par le commandement ;

les pilotes sont peu entraînés au poser poussière, de nuit sous SIL ;

l'élément au sol n'est pas qualifié MOS1 (il est qualifié pour le poser d'avion) ;

la zone de poser retenue par l'élément au sol est plane, dépourvue de tout repère au sol. Elle est particulièrement propice au soulever de poussière et à la survenue d'un *brownout* ;

la routine a pu conduire à l'équipage vers l'excès de confiance ;

en finale le CDB perd la vue du sol et ne l'annonce pas ;

le PF met inconsciemment du manche cyclique à gauche ;

en très courte finale, les deux pilotes regardent dehors ;

la fluidité et l'acquiescement des annonces n'est pas réalisée ;

la non prise en compte du dérapage sol affiché en mode *Hover* ($5 \text{ Kt} / \text{h} = 3 \text{ m/s}$) favorise la survenue de l'accident ;

en très courte finale, dans le nuage de poussière le PF perd à son tour les références extérieures, sans l'annoncer ;

l'absence de réaction immédiate du CDB et du PF et la non remise des gaz contribuent à la survenue de l'accident.

3.2. Causes de l'événement

L'analyse développée au chapitre précédent a mis en évidence une perte de contrôle en très courte finale, lors d'un poser poussière de nuit, sous SIL. Ce type d'approche est particulièrement délicat. Il nécessite une haute compétence technique et une pratique régulière.

Cette perte de contrôle trouve son origine dans un climat d'excès de confiance ayant généré des approximations aux briefings, puis lors de la finale. Elle s'accompagne d'une sous-estimation par le CDB des difficultés spécifiques du poser sur l'aire désignée, compte tenu du faible entraînement du pilote aux commandes.

L'absence de prise de repère précise par le PF, autre que la lampe infrarouge sur la zone de poser, a entraîné la survenue d'illusions optiques suivies de la perte de ses références extérieures lors de la soudaine opacité du nuage (*brownout*).

L'absence d'annonce par les pilotes de la perte totale de références extérieures constitue l'élément déterminant de l'événement par rupture de la synergie d'équipage en très courte finale, phase considérée comme critique lors d'un poser poussière sous SIL.

Enfin, le dérapage estimé à 3m/s a provoqué le basculement de l'appareil sur la gauche, lors du toucher sol.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Entraînement des équipages au poser poussière

L'entraînement au poser poussière reste faible tant sur le théâtre d'opération qu'avant projection. 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.

La simulation permet d'aborder avec un réalisme certain les pertes de références en poser poussière. Elle favorise l'apprentissage et permet de se maintenir à niveau avant projection.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'armée de terre d'accentuer l'entraînement au poser poussière sous SIL, y compris par la simulation.

Procédures de poser poussière dédiée aux hélicoptères équipés d'une avionique nouvelle génération et d'un pilote automatique quatre axes.

Le commandement de l'aviation légère de l'armée de terre a validé un guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux qui ne s'applique pas encore au Caracal. Les équipages doivent donc se référer à la fiche relative au Puma.

L'EOS 3 a rédigé une proposition de procédure permettant d'utiliser l'ensemble des modes supérieurs du pilote automatique de l'EC725, lors des poser poussières.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'armée de terre d'étendre le guide d'instruction, et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux au Caracal et aux hélicoptères équipés d'un pilote automatique 4 axes et dotés d'une avionique de nouvelle génération, puis de décliner les procédures opérationnelles afférentes (jour, nuit, sous SIL etc...).

Favoriser la communication, la synergie et la gestion des ressources au sein de l'équipage.

La sécurité d'exécution du poser poussière sous SIL repose sur un dialogue permanent au sein de l'équipage, dont les membres ont des rôles et tâches définis et complémentaires.

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. 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.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'armée de terre de sensibiliser les équipages sur les risques encourus en cas de rupture du dialogue, en particulier en phase critique près du sol, en assurant la plus large information sur l'évènement et en intégrant (en relation avec l'IRBA) ce cas concret dans les formations de type *Crew resources Management*.

Qualification de l'équipe au sol

Les commandos présents au sol étaient titulaires du MOS2 et MOS3 leur permettant de faire poser des avions, ce qui nécessite un terrain plat et uniforme. Ils ne sont pas qualifiés MOS1.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

au commandement des opérations spéciales, en liaison avec l'armée de terre, de reprendre les formations MOS1.

Phénomène de *Brownout*

L'IRBA en liaison avec l'OSV du COMALAT a réalisé une étude sur la fréquence et les conditions de survenue du *brownout* lors des opérations françaises.

Aujourd'hui des solutions techniques d'aide au pilotage sont naissantes.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

A la DGA, en liaison avec l'armée de terre, l'armée de l'air d'évaluer la possibilité d'équiper les aéronefs de dispositifs techniques permettant de limiter ou de supprimer les risques liés à la survenue d'un phénomène de *brownout*.

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

Application des procédures

La procédure du manuel de vol prescrit de tirer les coupe-tout lors d'un accident. Ces poignées sont peu accessibles dans le noir. Habités à l'habitacle du Puma, le PF et le MVAVT tirent chacun un coupe-feu. Ce faisant ils se privent en cas de besoin de la possibilité de percuter les extincteurs moteurs. Ils ne sont pas entraînés à cette procédure.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

à l'armée de terre d'étudier la possibilité de mettre les équipages en situation au simulateur, en particulier lors du changement de type d'aéronef.

Dotation des MEOS

Postés en soute lisse, dans les phases de décollage et d'atterrissage, les MEOS sont soit assis par terre, longe réduite, soit debout en mesure d'appliquer des feux avec l'armement de sabord.

Afin de palier à l'encombrement des sièges passager, jugés non adaptés à la situation, ils sont assis sur des pliants de type « trépied chaise de pêcheur », mis en place durant la campagne d'Afghanistan.

En conséquence, le bureau enquête accidents défense air recommande :

au commandement des opérations spéciales, en liaison avec l'armée de terre, d'étudier l'optimisation des postes MEOS sur en terme d'ergonomie des assises.

ANNEXES

ANNEXE 1 extrait du guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux ALAT du 27 mars 2013.....	49
ANNEXE 2 Brownout : exemples de solutions techniques actuellement à l'étude.....	64
ANNEXE 3 proposition de procédure poser poussière Caracal EOS 3	65

ANNEXE 1
extrait du guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieu poussiéreux ALAT
du 27 mars 2013



MINISTÈRE DE LA DÉFENSE



Villacoublay, le **27 MARS 2013**

N° 012/DEF/COMALAT/BSV/DR

COMMANDEMENT DE
L'AVIATION LÉGÈRE DE
L'ARMÉE DE TERRE

Le général de division Olivier Gourlez de la Motte
commandant l'Aviation légère de l'armée de Terre

à

destinataires *in Fine*

OBJET : Approbation du guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieux poussiéreux.

P. JOINTE : Guide d'instruction et d'entraînement au poser en milieux poussiéreux.

Plusieurs événements aériens qui se sont produits lors de vols en milieux poussiéreux ont déclenché une réflexion sur la nécessité de disposer d'un guide définissant les modalités d'exécutions standardisées du « poser poussière ». Compte tenu de l'environnement dans lequel il évolue, le DETALAT de Djibouti a formalisé son expérience dans un guide spécifique au poser en milieux poussiéreux.

Elaboré avec des hélicoptères d'ancienne génération, il servira néanmoins de support aux hélicoptères de nouvelle génération, en adaptant les fiches pédagogiques à ces derniers.

J'ai l'honneur de vous transmettre ce document que j'approuve afin qu'il serve de référence pour la préparation et l'exécution des posers réalisés en milieux poussiéreux. Il sera mis en ligne sur le site du COMALAT dans la rubrique référentiel documentaire.



14, rue Saint-Dominique – 75700 PARIS SP07 – Tél. : 01.41.28.93.70 Fax : 01.41.28.93.60
regis.mange@intradef.gouv.fr

Destinataires :

CFT – LILLE (DIV Aéro)
BFST – PAU
EALAT – LE CANNET DES MAURES
Base école – LE CANNET DES MAURES
Base école – DAX
EFA – LE CANNET DES MAURES
CFIA – LE CANNET DES MAURES
GAMSTAT – VALENCE
1^{er} RHC – PHALSBOURG
3^e RHC – ETAIN ROUVRES
4^e RHFS – PAU
5^e RHC – PAU
DETALAT – DJIBOUTI
DETALAT – LIBREVILLE
DETALAT – N'DJAMENA
EMB – BOURGES
9^e BSAM – MONTAUBAN
EAAT – RENNES
CPSA – VILLACOUBLAY



GUIDE

D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT

AU POSER EN MILIEUX POUSSIERS



PREAMBULE

Ce document est destiné à l'ensemble des équipages d'hélicoptères d'ancienne génération. Il résume et aborde les techniques particulières ainsi que les savoir-faire spécifiques pour l'entraînement des équipages au poser en milieu poussiéreux.

Le terme «milieux poussiéreux» englobe tous les types de terrain (**sable, neige, cendres, etc.**). La procédure décrite a été réalisée dans cet esprit, de façon à standardiser et uniformiser l'entraînement et l'instruction des équipages.

Ce document a été élaboré par le CNE VANTRIMPONT et le LTN BELOT du DetALAT de Djibouti.

Il conviendra de le compléter des fiches adaptées aux hélicoptères de nouvelle génération.

3 - PROCEDURE PUMA

FICHE HM

1. BUT : **L'approche :** Maitriser la combinaison de savoir-faire pour se poser en sécurité sur une aire de poser reconnue dont les caractéristiques de surface et de granulométrie sont particulières.

La remise de gaz : Maitriser une phase particulière de pilotage consécutive à la perte totale de références extérieures lors d'une approche interrompue. Procédure visant à permettre une transition vers la procédure de décollage normal.

Le décollage : Quitter le sol en sécurité sans marquer de stationnaire en utilisant toute la puissance disponible. Procédure visant à soustraire l'appareil du nuage de poussière en avec une dégradation partielle des repères visuels lors de la mise en puissance.

2. REFERENCES :

Guide d'utilisation des jumelles de vision nocturne (édition en vigueur)
Note-express n° 709/DEF/COMALAT/BSV du 11 mars 2004.

3. DEROULEMENT : Exposé avant vol :

Rappels sur la théorie de l'exercice, sur l'importance de la communication et sur la répartition des tâches (CRM).

Rappels des points de sécurité de l'exercice (Taux/Défilement/Assiette/Vi).

Conduite à tenir en cas de perte de visuel par le Pilote en Fonction, la remise des gaz : méthode, points clés et dangers associés.

Briefing selon le processus PAB/TODAF.

4. CONDITIONS DE TRAVAIL :

Zone de travail considérée et aire de poser reconnues.

L'angle utilisé ne doit jamais être supérieur à celui de l'angle fort (type JVN) enseigné à la Brigade JVN de l'EALAT.

Vérification et affichage de la puissance maximum utilisable avant l'exercice.

Conditions météorologiques permettant de rester dans le domaine de vol.

Hauteur recommandée 50 m/sol, sonde indexée.

Repères d'alignement visibles.

Rappel sur l'utilisation du variophare (NE 20/DEF/COMALAT/BSV du 07/01/2004).

FICHE HM

5. POINT DE SECURITE :

Réglage de la sonde.
Phraséologie.
Briefings.

6. DANGERS ASSOCIES :

Assiette non fixée pouvant entraîner des mouvements longitudinaux ou latéraux.
Tenue de plan non maîtrisée entraînant une entrée dans le nuage précoce.
Vitesse en courte finale trop importante.
Puissance affichée trop brutalement (cadence parasite).
Puissance baissée trop brutalement (cadence parasite et impact conséquent).

7. CONSEILS :

Vent laminaire, fort si possible en début d'apprentissage afin de travailler la procédure sans gêne importante.
Réglage du variophare contrôlé régulièrement par le pilote aux commandes.
Difficultés des aires de posé croissante.

8. POINTS CLES:

La présentation :

Se présenter impérativement face au vent.
Repères précis de l'axe et de la zone de poser.
Contrôle du cap.
Vérifications.
Feux réglés suivant niveau de nuit.
sécurisation tout au long de l'approche.

L'approche :

Ne pas baisser le PG brutalement.
Assiette verrouillée (utilisation du PA).
Défilement JVN contrôlé tout le long de l'approche.
Taux de descente < 1hm/mn.
Choix des repères au sol.

FICHE HM

La finale d'approche :

Assiette adaptée pour conserver un défilement visuellement constant.
Gabarit de l'appareil parmi les obstacles et nature du sol (granulométrie, dévers).
Ajustement de la puissance si besoin.
Utilisation adaptée et fine du variophare.
Utilisation de la notion de vision basse ou « observation oblique basse » décrite dans les généralités au paragraphe « conseils de pilotage ».

Le poser : Décision du type de poser en fonction de la granulométrie :

Poser rendu si poussière fine et homogène et si le terrain est plat et reconnu.
Poser avec court stationnaire DES si cailloux de taille conséquente (si la nature du sol et les conditions de vent le permettent).
Ne pas cabrer, ne pas refuser le sol.
Répartition des tâches et communication interne permanente entre le **PNF, PF et MVAVT (collationnement impératif)**.

La remise de gaz et le décollage normal :

Affichage franche et continu de la puissance sans brutalité.
Contrôle du cap / vario+ / Sonde/ Assiette.
Répartition des tâches et communication interne.
Balayage instrumental.



GUIDE D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT AU POSER EN MILIEUX POUSSIÉREUX

LE DECOLLAGE NORMAL (Jour B13/**Nuit B23**)

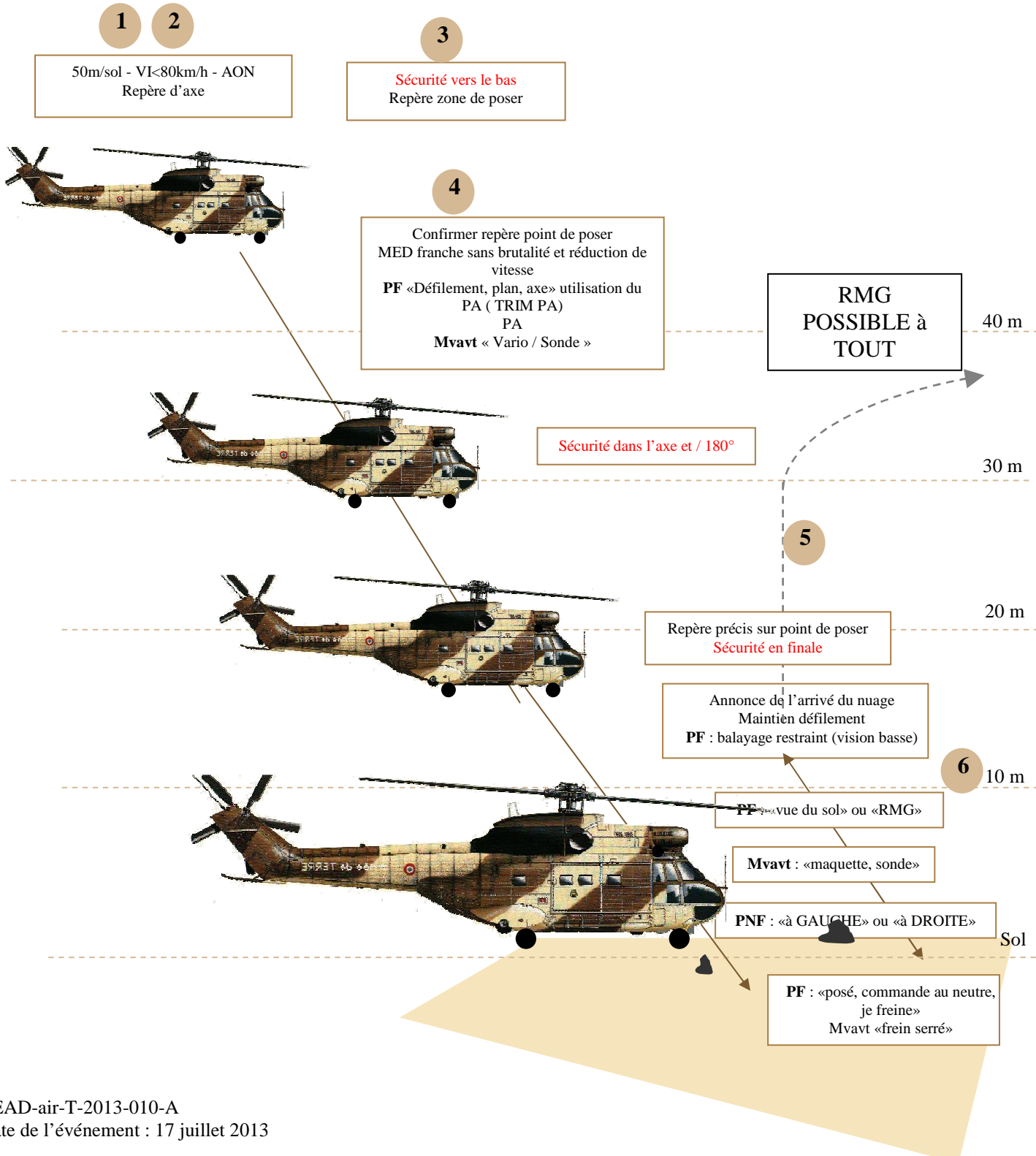
1. Actions vitales avant décollage	PF et PNF : réglage des sondes annonce de la hauteur des obstacles et du cap de décollage	MVAVT : rappel de la puissance max disponible
2. Décollage	<p>PAS DE STATIONNAIRE</p> <p>PF affiche la puissance max disponible</p>	<p>Sécurité au décollage</p> <p>Assiette verrouillé (ancrage du PA au déjauger)</p> <p>PF annonce : «Assiette à plat, vario positif, puissance» MVAVT annonce : «Hauteur sonde puissance affiché» PNF : Contrôle le cap de décollage et recherche au plus tôt les référence extérieures.</p>
3. Prise de VI	A la sortie du nuage OU 30 M minimum de NUIT (ou hauteurs des obstacles)	<p>PNF annonce : «Sortie du nuage sécurité sur 180°» PF affiche une assiette d'accélération modérer. Annonce : «Je suis dehors» poursuit à vue. Annonce : «Sonde éteinte».</p>



GUIDE D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT AU POSER EN MILIEUX POUSSIEREUX

SCHEMAS RECAPITULATIFS FICHES B

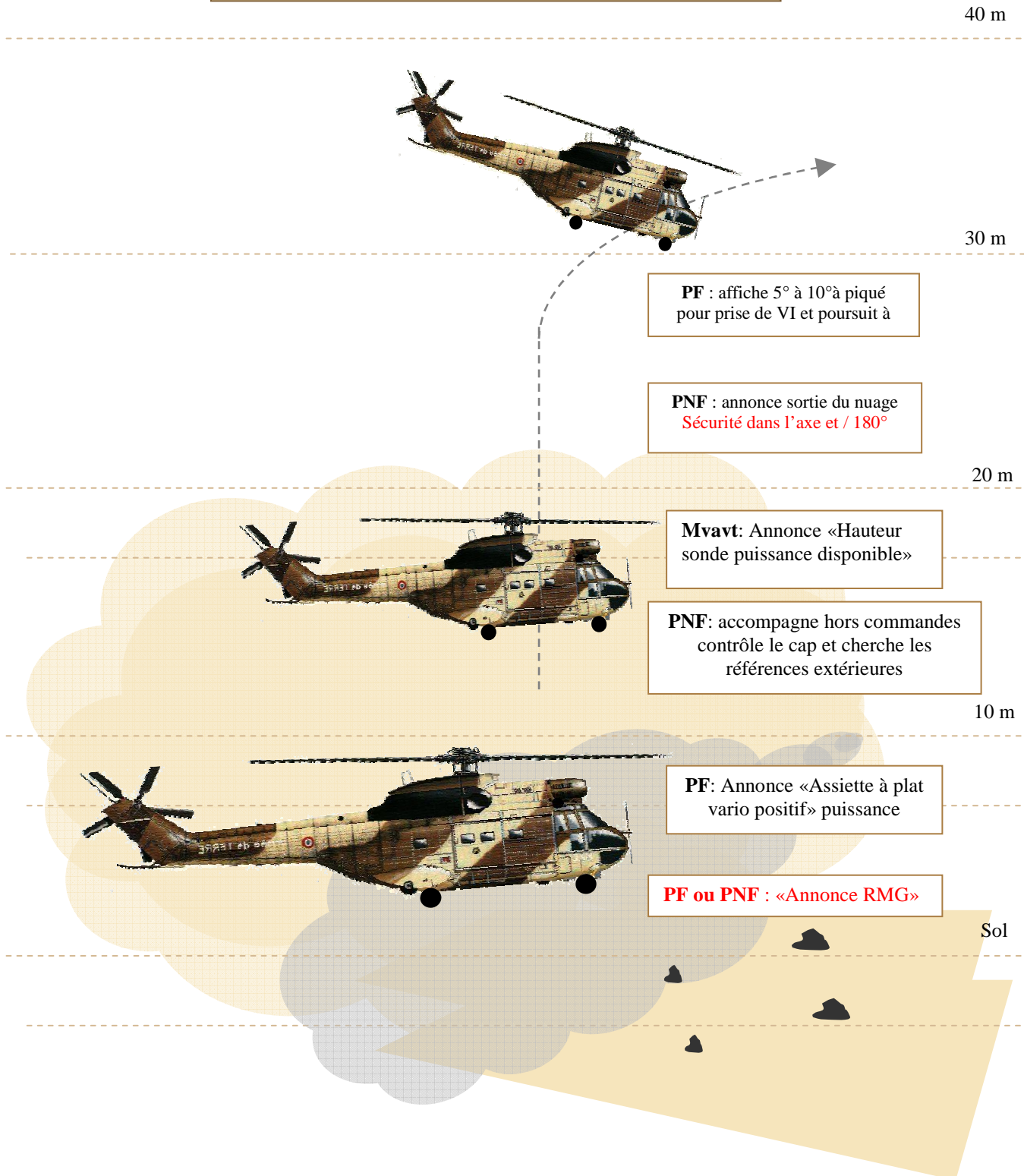
B11/B21 - L'APPROCHE ADAPTEE





GUIDE D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT AU POSER EN MILIEUX POUSSIEREUX

B12/B22 – LA REMISE DE GAZ





GUIDE D'INSTRUCTION ET D'ENTRAINEMENT AU POSER EN MILIEUX POUSSIEREUX

B13/B23 – LE DECOLLAGE

PF : Annonce «Je suis dehors»
affiche une assiette d'accélération
et poursuit à vue



PNF : annonce sortie du
nuage **Sécurité sur 180°**



Mvavt: Annonce «Hauteur
sonde puissance affichée»

PNF: accompagne hors commandes
contrôle le cap et cherche les
références extérieures



PF: Annonce «Assiette à plat,
vario positif». nuisance

PF : - ancrage PA au déjauger,
-affiche **toute la nuisance disponible**

Réglage sonde avant décollage
Lecture du cap
Sécurité au décollage

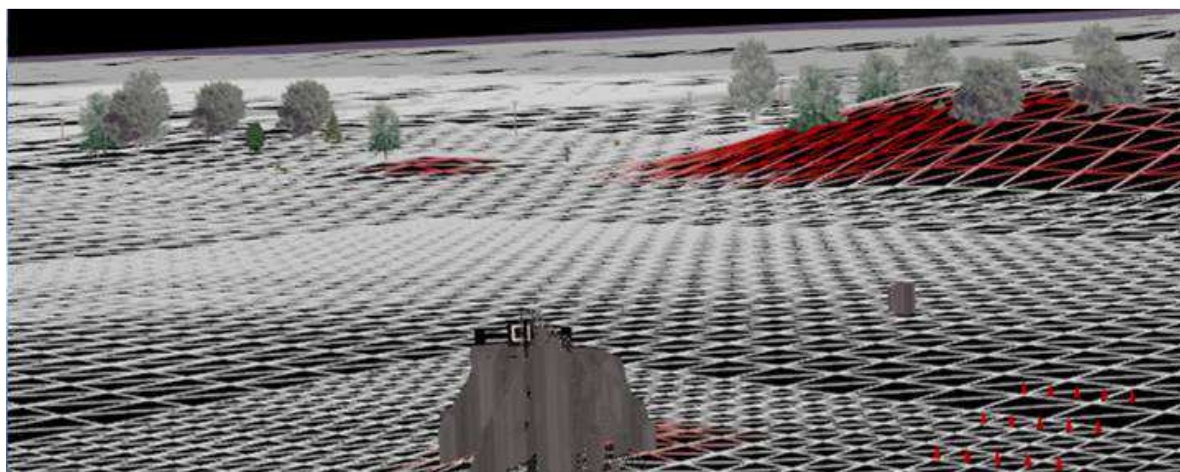
FIN PROCEDURE

4 - PROCEDURES COUGAR / TIGRE / CARACAL / CAIMAN

Chapitre réservé

ANNEXE 2***Brownout* : exemples de solutions techniques actuellement à l'étude**

- Chercheurs et industriels cherchent à développer des outils d'aide au pilote pour lutter contre cet effet de « *brownout* ». Plusieurs systèmes notamment liés aux radars des aéronefs doivent être testés à court terme : Le BLAST (*brownout landing aid system technology*) de BAE Systems doit ainsi être testé courant 2013 en Afghanistan. La simulation reste enfin le meilleur moyen, pour l'instant, de sensibiliser toujours plus et de former plus largement les pilotes à ces situations. (actu défense en ligne 20 janvier 2013).



Exemple de simulation de synthèse

- Le système visionique amélioré (AVS) de CAE pallie la perte des repères visuels d'un pilote lors de l'atterrissage suite aux effets de recirculation du sable, de la poussière et de la neige ou de toute autre matière opaque. Lors de l'atterrissage et du décollage, la base de données synthétique du terrain est mise à jour en temps réel par le biais de la fusion coordonnée d'images fournies par les capteurs qui équipent l'aéronef, tels que le radar thermique à balayage frontal (FLIR) et le système de détection et de télémétrie par ondes lumineuses LIDAR.

- Le groupe SAFRAN cherche à développer l'imagerie sub-millimétrique pour l'aide au pilotage pour hélicoptères.

ANNEXE 3
proposition de procédure poser poussière Caracal EOS 3



3^e ESCADRILLE DES OPERATIONS SPECIALES

POSER POUSSIERE CARACAL

PREAMBULE :

Cette procédure a pour but d'utiliser l'ensemble des modes supérieurs du pilote automatique de l'EC 725 de façon à optimiser le poser en milieu poussiéreux. Pendant la phase de ralliement, le MVAVT identifie au plus tôt la DZ à l'aide du FLIR et les PF / PNF configurent le cockpit : réglages H.HT, DH, pages HOVER des FND. Après les vérifications avant atterrissage, la prise de paramètres adéquats et le rappel des consignes de remise de gaz, l'approche est débutée de préférence sous angle fort (cf. annexe 2, page 3). Pendant toute la descente, l'aire de poser est sécurisée au FLIR (ordres PNF au MVAVT). Le PF va rechercher le point de décision à l'atterrissage (100ft / 35kt) correspondant aux aires ponctuelles. Vers 40ft et après s'être assuré du non dérapage du CARACAL, le PNF engage HT/HOV. Le PF poursuit l'approche vers son repère tout en continuant d'annoncer « bon visuel du repère ». Le PNF peut alors décider, ou pas, d'utiliser le stationnaire autonome de l'EC 725 en annonçant « statio auto » (cf. annexe 4, page 5). La très courte finale sera donc conduite, soit en automatique, soit en manuel, sans avoir à engager un mode supérieur du PA (déjà engagé). Les modes supérieurs du PA sont également utilisés lors de la RMG (cf. annexe 5, page 6) et du décollage (cf. annexe 6, page 7) de façon à augmenter la sécurité de l'équipage.

ANNEXES :

1. PRINCIPES, SCHEMA ET REGLES
2. APPROCHE CLASSIQUE DE JOUR
3. APPROCHE CLASSIQUE SOUS SIL
4. COURTE FINALE AUTOMATIQUE
5. REMISE DE GAZ
6. DECOLLAGE
7. GLOSSAIRE

Annexe 2 : Approche Classique de jour

Le but principal de cette procédure est d'être applicable sur tous types de terrains car mécanisable et utilisable partout de jour comme de nuit.

Le point clé pour qu'une « courte finale automatique » soit réalisée, sont les paramètres de présentation : avec en priorité le non dérapage contrôlé sur la page HOVER. Ces derniers doivent être optimaux. Dans le cas contraire, la réalisation d'une « courte finale automatique » sera incertaine et une remise de gaz devra être envisagée.

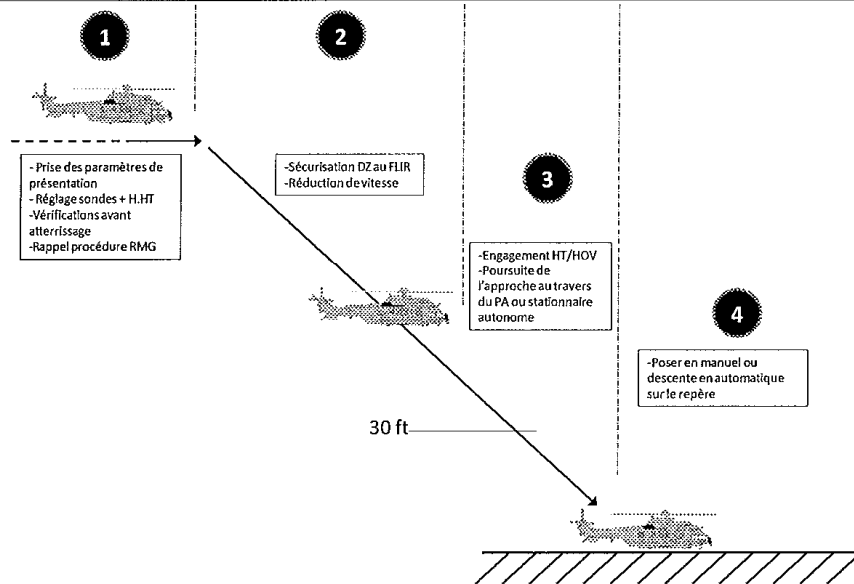
Le point clé pour que ces paramètres soient optimaux, est l'entraînement au poser poussière via la mécanisation de cette procédure. Cet entraînement pourra débuter sur un terrain non poussiéreux pour préserver le matériel mais devra impérativement être suivi d'une phase poussiéreuse dans le but d'accoutumer l'équipage à la gestion des pertes de références.

Rappel :

En terminologie du poser poussière, il est essentiel de différencier la *référence horizon* du *visuel de son repère sol*. La *référence horizon* doit être prise en compte avant l'entrée dans le nuage de poussière dans le but d'avoir les « ailes à plat ». Il en va de même au décollage ou en remise de gaz lors de la sortie du nuage. Le *visuel de son repère au sol* permet de conduire l'approche jusqu'au poser après avoir perdu, une fois dans le nuage, la *référence horizon* (éventuellement).

Règles de gestion du pilote automatique (AFCS):

- Le PF garde en permanence les mains sur les commandes de vols.
- Toutes captures de mode automatique nécessitant une action sur le FCP est à charge du PNF.
- A la 1^{ère} mise en stationnaire, l'équipage vérifiera le comportement des modes supérieurs de l'AFCS en les engageant (HT/HOV + GSPD).



2

Annexe 2 : Approche Classique de jour

PHASE	PNF	MVAVT	PF
PRESENTATION	Règle la H.HT ¹ Règle sa sonde: DH ² Passe en page HOVER du FND Rappelle la procédure RMG ³ Désigne l'aire de posé Ferme sa fenêtre	Vérifications avant atterrissage > MPAI en anti-sable > portes cargo à la demande	Règle sa sonde DH PF ≥ DH PNF Passe en page HOVER du FND Paramètres de vol adaptés (170 ft / 65kt) avec recherche du passage de la fenêtre 100ft / 35kt Ferme sa fenêtre
APPROCHE	Sécurité avant mise en descente	Sécurise la DZ à l'aide du FLIR (positionnement des obstacles : secteur horaire + hauteur) Annonce « Hauteur + VS »	Sécurité avant mise en descente Prise de repère puis mise en descente sous angle fort Approche plan constant
PASSAGE OBSTACLES	Sécurité décollage Note la hauteur des obstacles	Confirme la sécurité décollage à l'aide du FLIR	Sécurité décollage
VERS 40ft	Vérifie le dérapage, Engage HHT et annonce « H.HT engagé » Vérifie la cohérence du bandeau AFCS ⁴	Annonce « Hauteur + VS + cabré »	Annonce « Je poursuis ⁵ »
COURTE FINALE	Vérifie le dérapage et que les « ailes soient à plat » Limite le cabré < 10°	Annonce « Hauteur + cabré »	Passe en balayage restreint « axe + dérapage »
POSER ⁶		Serre le frein à la demande et annonce « frein serré »	Pose puis annonce « Posé, pas en bas, manche recentré ⁷ »
Pendant toute l'approche, le PF annonce qu'il a « <i>bonnes références, visuel du repère</i> »			

NB : Lorsque le PF perd le visuel, il annonce « **perte de visuel** ». Trois cas sont possibles.

1. Le PNF a conservé un bon visuel et annonce « **j'ai les commandes** » : il poursuit l'approche.
2. Le PNF n'a plus visuel et annonce « **remise de gaz** ».
3. Le PNF n'a plus un visuel suffisant pour poursuivre et décide de continuer en automatique⁸ : annonce « **Statio Auto** » Cf. COURTE FINALE AUTOMATIQUE ci-après.

¹ La H.HT affichée sera choisie par le PCB en fonction du type de terrain. S'il présente un fort relief, aucune H.HT ne sera pré-réglée dans le but de prendre en compte ce dernier. La valeur de la H.HT sera donc celle affichée lors de l'appui sur HT/HOV sur le FCP.

² Les valeurs des DH PF et PNF seront choisies par le PCB en fonction du terrain et du contexte. Ex de jour : DH PF=20ft ; DH PNF=10ft // Ex de nuit en VTN : DH PF=50ft ; DH PNF=15ft

³ cf. annexe 5

⁴ HHT en vert puis ambre (puisque descente forcée) ; HOV en vert (pas de dérapage) de façon impérative ; HOV en vert puis ambre (puisque défilement forcé)

Axes Collectifs (A1) Axes Roulis/Lacet (B1) Axe Tangage (C1)

H.HT HOV HOV
ou H.HT HOV HOV

⁵ « Je poursuis » signifie que le PF a toujours un bon visuel de son repère et donc du sol ET qu'il a pris en compte que le mode HT/HOV était engagé et qu'il poursuit donc au travers du pilote automatique.

⁶ Poser rendu de préférence. Si le sol est fortement accidenté, un bref stationnaire sera réalisé puis le poser s'effectuera tout en étant guidé par le MEOS.

⁷ Le manche ne sera recentré que lorsqu'un poser 3 points aura été réalisé.

⁸ L'entraînement à cette procédure se fera AVEC références extérieures.

Poser Poussière CARACAL

3

Annexe 3 : Approche Classique sous SIL

APPROCHE SOUS SIL :

Identique à celle énoncée ci-dessus. L'utilisation du phare IR est recommandée lors de la présentation pour trouver, par nuit sombre, de bons repères et ainsi garantir de bons paramètres d'approche. Lors de cette dernière, le PNF diminue l'intensité du phare IR lors de la descente pour ne pas éblouir le PF (possible jusqu'à extinction en finale).

NB :

- Possibilité de basculer le phare IR sous l'appareil pour diminuer l'éblouissement.
- La mise en œuvre du phare IR est dédiée au PNF. Pour qu'elle soit optimale, le PNF doit s'entraîner avec son PF pour le diminuer et l'éteindre au moment opportun.

Annexe 4 : Courte Finale en Automatique

Préambule : A l'entraînement, la perte de références extérieures est décidée par le PNF et simulé par le PF.

PHASE	PNF	MVAVT	PF
<i>Suite à la procédure d'approche classique (inchangée jusqu'à la phase automatique).</i>			
VERS 40ft	Vérifie le dérapage, Engage HT/HOV et annonce « H.HT engagé » Vérifie la cohérence du bandeau AFCS ⁹	Annonce « Hauteur + VS + cabré »	Annonce « Je poursuis ¹⁰ »
COURTE FINALE	Vérifie le dérapage et que les « ailes soient à plat » Limite le cabré < 10°	Annonce « Hauteur + taux vario + cabré »	Passé en balayage restreint « axe + dérapage »
AUTOMATIQUE	Annonce « statio auto » Vérifie le dérapage et la stabilisation de la machine à la HHT.	Annonce « Hauteur + cabré »	Collationne : « statio auto » Relâche la pression sur les commandes et laisse la machine se mettre en stationnaire autonome en conservant son repère.
POSER	Annonce « Stable » Vérifie le dérapage, le défilement et le cabré	Annonce « Hauteur + cabré » Serre le frein à la demande et annonce « frein serré »	Descend puis pose au travers des efforts du collectif (dès que visuel du repère, il l'annonce) puis annonce « Posé, pas en bas, manche recentré ¹¹ »
Pendant toute la finale en automatique, le MEOS sécurise la descente de l'appareil (portes ouvertes).			

NB : Si la stabilisation autonome de la machine n'est pas jugée satisfaisante par le PNF, ce dernier commandera une RMG.
La vitesse en finale sera adaptée à l'engagement de HT/HOV.
Lors de la descente, sécurisation de la DZ grâce au FLIR.
Positionnement des obstacles (secteur horaire + hauteur)

COURTE FINALE AUTOMATIQUE SOUS SIL :

Identique à celle énoncée ci-dessus.

⁹ H.HT en vert puis ambre (puisque descente forcée) ; HOV en vert (pas de dérapage) de façon impérative ; HOV en vert puis ambre (puisque défilement forcé)

Axes Collectifs (A1) Axes Roulis/Lacet (B1) Axe Tangage (C1)

H.HT HOV HOV
ou H.HT HOV HOV

¹⁰ « Je poursuis » signifie que le PF a toujours un bon visuel de son repère et donc du sol *ET* qu'il a pris en compte que le mode HT/HOV était engagé et qu'il poursuivait donc au travers du pilote automatique.

¹¹ Le manche ne sera recentré que lorsqu'un poser 3 points aura été réalisé.

Annexe 5 : Remise de Gaz

PHASE	PNT	MVAVT	PF
DANS LE NUAGE	Vérifie le dérapage et que les « ailes soient à plat » Recherche au plus tôt des références extérieures	Annonce « la puissance disponible restante ¹² , taux vario, hauteur »	Appui sans temps d'arrêt sur : 2 x GSPD 1x GA 2 x GSPD Vérifie que les ailes soient à plat et que la PMD est utilisée à 100%. Annonce «Ailes à plat, vario positif, puissance »
EN SORTIE DE NUAGE	Effectue la sécurité sur 180° Prend des références extérieures	Sécurise la trajectoire de décollage à l'aide du FLIR	Prend des références extérieures et annonce « Références extérieures + Vario positif » Appui sur : 1x GA
HORS DU NUAGE	Assure la sécurité de la trajectoire et guide le PF.	Règle les feux à la demande.	Poursuit la phase de décollage en découplant les modes supérieurs ou en affichant un ALT.A

La RMG peut intervenir à n'importe quel moment.

RMG SOUS SIL :

Identique à celle énoncée ci-dessus.

REMARQUE : Dès que « remise de gaz » sera annoncé sur le TB, une RMG sera effectuée.

¹² La puissance disponible sera annoncée par le MVAVT dans le but d'aider le PF à l'utiliser à 100% de la PMD.

Annexe 6 : Décollage

PHASE	PNF	MVAVT	PF
AU SOL	Règle sa DH ¹³ Passe en page HOVER Annonce « vert décollage »	Vérifie les paramètres, attend le « ok cargo » et annonce « vert méca »	Règle sa DH Passe en page HOVER
DANS LE NUAGE	Vérifie le dérapage et que les « ailes soient à plat » Recherche au plus tôt des références extérieures	Annonce « la puissance disponible restante ¹⁴ , taux vario, hauteur »	Met en puissance, Juste après le déjaugage, Appui sans temps d'arrêt sur : 2 x GSPD 1x GA 2 x GSPD Vérifie que les ailes soient à plat et que la PMD est utilisée à 100%. Annonce « Ailes à plat, vario positif, puissance »
EN SORTI DE NUAGE	Effectue la sécurité sur 180° Prend des références extérieures	Sécurise la trajectoire de décollage à l'aide de la FLIR	Prend des références extérieures et annonce « Références extérieures + Vario positif » Appui sur : 1x GA
HORS DU NUAGE	Assure la sécurité de la trajectoire et guide le PF.	Règle les feux à la demande.	Poursuit la phase de décollage en découplant les modes supérieurs ou en affichant un ALT.A

DECOLLAGE SOUS SIL :

Identique à celle énoncée ci-dessus.

¹³ Réglage des DH à la hauteur/allure choisie. Dans tous les cas, cette valeur sera strictement supérieure à la hauteur des obstacles.

¹⁴ La puissance disponible sera annoncée par le MVAVT dans le but d'aider le PF à l'utiliser à 100% de la PMD.

Annexe 7 : Glossaire

AFCS	Automatic Flight Control System
AHRS	Attitude and Heading Reference System
ALT.A	Altitude Affichée
CR.HT	Cruise Height
DA	Decision Altitude
DH	Decision Height
DZ	Aire de poser
FCP	Flight Control Panel
FLI	Flight Limit Indicator
FLIR	Forward Looking Infrared
FMS	Flight Management System
FND	Flight And Navigation Display
ft	Foot, Feet
GA	Go Around
GSPD	Ground Speed (Tenue de vitesse sol égale ou pas à zéro)
H.HT	Hover Height
HOV	Hover
HT/HOV	Mise en stationnaire autonome ou capture et tenue de hauteur stationnaire
L/G	Landing Gear
MPAI	Multi purpose air intake
NVG	Night Vision Google
OEI	One Engine Inoperative
OEI CT	OEI Continu
OEI HI	OEI High (30-s OEI rating)
OEI LO	OEI Low (2-min OEI rating)
PA	Pilote Automatique
PF	Pilote en Fonction
PMC	Puissance Maximale Continue
PMD	Puissance Maximale au Décollage
PNF	Pilote Non en Fonction
RMG	Remise de Gaz
V/S	Vertical Speed