

Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

Rapport d'enquête de sécurité



A-2021-11-I

Date de l'évènement	17 mai 2021
Lieu	Piton rocheux de la Punta Mozza (Corse-du-Sud)
Type d'appareil	AS 555 Fennec
Organisme	Armée de l'Air et de l'Espace

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, l'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités.

L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale.

Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

CRÉDITS

	armée de l'Air et de l'Espace	Page de garde
Figure 1	<i>Google Earth</i> et BEA-É	8
Figure 2	BEA-É	8
Figures 3 et 4	<i>Google Earth</i> et BEA-É	9 et 10
Figures 5 et 6	BEA-É	14 et 16
Figure 7	RESEDA et BEA-É	20
Figure 8	BEA-É	21
Figure 9	RESEDA	23
Figure 10	RESEDA et BEA-É	25
Figure 11	BEA-É	26

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	11
1.3. Dommages à l'aéronef	11
1.4. Autres dommages	11
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef.....	12
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aéroport	13
1.11. Enregistreurs de bord.....	13
1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'incident	14
1.13. Renseignements médicaux.....	15
1.14. Incendie.....	15
1.15. Questions relatives à l'organisation des secours.....	15
1.16. Essais et recherches	16
1.17. Renseignements sur les organismes.....	16
1.18. Renseignements supplémentaires	17
2. Analyse.....	19
2.1. Expertises techniques.....	19
2.2. Séquence de l'évènement.....	20
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	21
2.4. Facteurs n'ayant pas trait à l'évènement	29
3. Conclusion	31
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Causes de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	34
ANNEXES.....	35

GLOSSAIRE

BA	Base aérienne
CDB	Commandant de bord
CFA	Commandement des forces aériennes
CIEH	Centre d'instruction des équipages hélicoptères
CRM	<i>Cockpit resource management</i> – gestion des ressources du cockpit
CVFDR	<i>Cockpit voice flight data recorder</i> – enregistreur de voix et de paramètres de vol
EH	Escadron d'hélicoptères
ESTA	Escadron de soutien technique aéronautique
ft	<i>Feet</i> – pieds (1 ft vaut 0,3048 m)
GPS	<i>Global positioning system</i> – système de navigation par satellite
HRS	Hauteur radio sonde
kt	<i>Knots</i> – noeuds (1 kt vaut 1,852 km/h)
MRM	<i>Maintenance resource management</i> – gestion des ressources des équipes de maintenance
PF	Pilote en fonction
PN	Personnel navigant
SATER	Recherche et sauvetage terrestre
TM	Tenue machine
VHF	<i>Very high frequency</i> – très haute fréquence

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : lundi 17 mai à 13h39

Lieu de l'évènement : piton rocheux de la Punta Mozza, commune de Solaro (Corse-du-Sud)

Organisme : armée de l'Air et de l'Espace

Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)

Unité : escadron d'hélicoptères EH 05.067 « Alpillles »

Aéronef : AS 555 Fennec immatriculé F-RAVF

Nature du vol : entraînement SATER

Nombre de personnes à bord : 3

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Mis en place pour une campagne de tir valorisée¹ sur la base aérienne 126 de Ventiseri-Solenzara (BA 126), l'équipage effectue une mission d'entraînement SATER le premier jour de la campagne. Ce jour-là, l'aérologie est turbulente en montagne. L'équipage engage une procédure de treuillage à proximité de la Punta Mozza. Pendant le stationnaire à la verticale d'un éperon rocheux choisi comme cible pour cet exercice, le commandant de bord (CDB) détecte un enfoncement soudain de l'appareil et reprend les commandes en effectuant la manœuvre de dégagement briefée. L'équipage entend un léger bruit d'impact. Le pilote en fonction (PF) observe, en vol, l'avant du patin droit en position non conforme. Le treuilliste confirme visuellement la rupture partielle de l'avant du patin et son orientation vers l'extérieur. L'équipage effectue un retour vers la BA 126 et se pose. Il est indemne. L'aéronef est endommagé.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un directeur d'enquête de sécurité adjoint (BEA-É) ;
- un expert technique (BEA-É) ;
- un enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur hélicoptère Fennec ;
- un mécanicien ayant une expertise sur hélicoptère Fennec ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement Essais propulseurs (DGA EP)/Restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) ;
- DGA EP/Division évaluation des systèmes aéropulsifs (DESA) ;
- Météo-France.

¹ Campagne de tir optimisée par des missions d'entraînement supplémentaires.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : CAM V²

Type de mission : entraînement SATER jour

Dernier point de départ : BA 126 (LFKS)

Heure de départ : 13h21

Point d'atterrissage prévu : BA 126 (LFKS)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

1.1.2.1.1. Contexte

Une campagne de tir est prévue sur la BA 126 du 17 au 28 mai 2021. Cette campagne de tir air-air sur cible mobile est organisée au profit des deux escadrons d'hélicoptères d'Orange (EH 05.067) et de Villacoublay (EH 03.067) et des tireurs des escadrons de protection de quatre bases aériennes (BA 115, BA 107, BA 113, BA 120). Elle est dite valorisée par des entraînements au tir air-sol (avec le canon de 20 millimètres) et des missions de SAMAR³, SATER et TM en montagne. Le dispositif global se met en place à compter du jeudi 13 mai jusqu'au dimanche 16 mai. L'équipage est arrivé le 16 mai en hélicoptère.

1.1.2.1.2. Préparation

Le lundi 17 mai matin, à partir de 8h30, sont dispensés :

- un briefing spécifique à la plateforme par le bureau opérations base (BOB) ;
- un briefing du détachement au cours duquel les consignes générales et de sécurité ont été données ainsi qu'un rappel sur les procédures pour les équipages ;
- un briefing météo.

Une mission d'entraînement SATER est prévue en début d'après-midi. Le CDB est désigné tardivement pour cette mission en raison de changements de planification. L'équipage assiste à ces présentations et effectue son briefing de la mission en fin de matinée avant le repas. L'objectif de la mission est de réaliser deux treuillages avec une gueuse⁴, 45 minutes de TM, puis d'effectuer deux autres treuillages avant le retour. La durée de vol prévue est d'une heure et demie.

Cependant, la zone de travail, laissée à l'initiative du CDB, a été modifiée par l'équipage peu avant le vol, en raison des fortes turbulences en montagne, décrites par un équipage au retour de mission. Ainsi, le CDB a décidé de travailler sur une zone proche de la BA 126.

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

À 13h14, l'équipage met en route sur autorisation de la tour de contrôle. La piste 18 est en service. Le vent vient du 270° pour 15 kt avec des rafales à 30 kt. À 13h21, l'équipage décolle en piste 18 avec un vent du 280° pour 10 kt.

Durant le transit vers l'ouest en direction de la commune de Solaro, le CDB indique par radio au contrôleur de l'approche qu'il débute le travail. Le CDB et le PF discutent des contraintes sur l'organisation de la mission en fonction de la hauteur de treuillage.

L'équipage procède à la reconnaissance d'une zone à l'est de Solaro et décide de poursuivre ailleurs en raison de l'instabilité aérologique ressentie pendant la phase d'approche sur le point choisi. Le transit se poursuit vers le piton rocheux de la Punta Mozza. L'altitude d'évolution se situe à environ 3 300 ft.

² Circulation aérienne militaire en règles de vol à vue.

³ Recherche et sauvetage maritime.

⁴ Sac de 47 kilogrammes (kg) qui simule une charge.

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



Figure 1 : trajectoire du vol

En passant travers ouest du piton rocheux, l'équipage découvre une zone de treillage possible sur un éperon rocheux situé au sud et travers le piton.



Figure 2 : piton rocheux Punta Mozza

L'équipage décide de faire le tour du piton afin de réaliser une première reconnaissance de l'aérogologie du site en passant à l'est de la Punta Mozza et sous le vent moyen venant de l'ouest. En raison de l'aérogologie instable, les paramètres de puissance varient en fonction de la position de l'aéronef par rapport au relief. Après une seconde évolution au sud, le PF se replace et effectue une approche en décélération à partir de 50 kt sur un cap moyen 330° vers le travers sud du point choisi, qui se trouve à sa droite.

Le vent est de face. Des corrections souples de puissance sont nécessaires. Les paramètres de vol sont en cohérence avec les limitations de l'aéronef. Il est nécessaire d'appliquer de légères réductions de puissance pour maintenir l'altitude, l'hélicoptère ayant tendance à monter.

À 13h35, arrivant à proximité et au sud de l'éperon rocheux, le PF finit de réduire la vitesse et effectue un stationnaire à une hauteur relative d'environ 50 ft. La situation aérologique reste instable.

Pendant ce stationnaire, le PF réalise le briefing de la procédure de treuillage. Si nécessaire, le CDB étant en place gauche effectuera aux commandes le dégagement de sécurité. Le treuilliste prépare la soute pour l'exercice et ouvre la porte gauche. La gueuse est au crochet du treuil, accrochée à l'intérieur de l'aéronef. Le PF engage ensuite une translation lente vers la droite pour se positionner à la verticale du point. Conforté par la sécurité apportée par le dégagement vers le vide, il souhaite descendre à une « hauteur d'aisance max⁵ ». Arrivant à la verticale estimée du point, il ne voit plus l'éperon rocheux tout comme le CDB en place gauche. Il se concentre sur les repères qu'il a choisis sur la paroi verticale du piton rocheux située à sa droite et à une dizaine de mètres de distance. Il transfère le guidage de précision au treuilliste qui est le seul à pouvoir visualiser la position exacte et la hauteur de l'hélicoptère par rapport à l'éperon rocheux. Le PF demande au treuilliste s'il peut descendre pour limiter le temps de treuillage en raison de l'aérologie instable. Le treuilliste donne son accord.

La seule information de hauteur identifiée par le CDB est donnée par la radiosonde. Le CDB partage deux informations à 50 ft (15 mètres (m)) et 40 ft (12 m). Le treuilliste effectue son guidage pour le PF strictement dans le plan horizontal.

Le PF poursuit une descente lente puis annonce une stabilisation de la hauteur en accord avec le treuilliste. Durant la translation, le CDB remarque une baisse de puissance vers 40% de couple puis un réajustement du PF à une valeur de 60%.

À 13h39, le CDB ressent soudainement un enfoncement de l'hélicoptère. Le treuilliste voyant le relief se rapprocher, se propulse en arrière dans la soute. Le sac de treuillage est toujours attaché à l'intérieur. Le CDB demande au PF d'augmenter la puissance et reprend immédiatement les commandes pour effectuer le dégagement par la gauche. Un léger bruit est perçu par l'équipage.

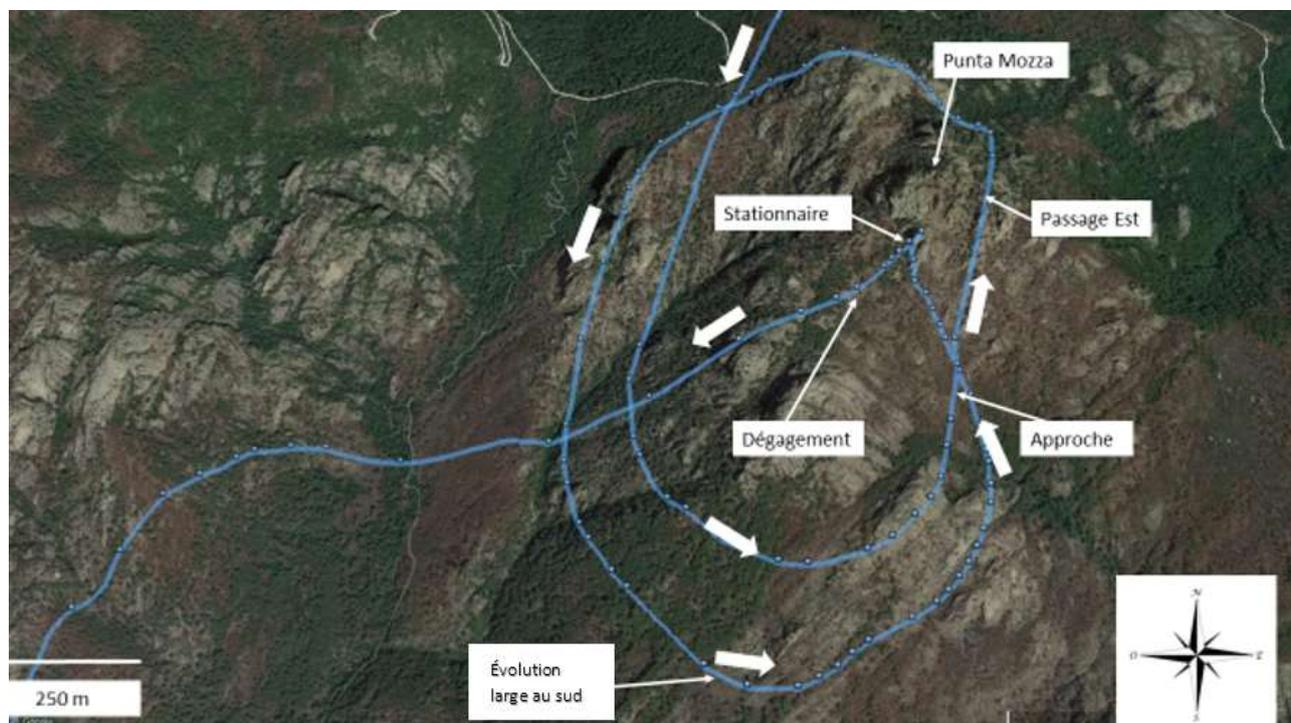


Figure 3 : trajectoire dans la zone de l'évènement

⁵ Hauteur choisie en fonction de l'aérologie et des repères visuels pour maintenir la position en offrant une aisance de pilotage maximale pour le pilote.

Une fois l'aéronef stabilisé en vol horizontal, le CDB rend les commandes au PF et le treuilliste reconditionne la soute. L'équipage est alors persuadé d'avoir subi un léger frottement sur le patin gauche et décide de chercher une zone de poser pour une inspection du patin.



Figure 4 : trajectoire après l'évènement

Tout en cherchant une zone de poser vers le sud, le CDB contacte l'approche sans annoncer de problème. À 13h46, le PF découvre en vol l'endommagement du patin droit. En constatant les dégâts, le CDB demande un retour terrain.

Le CDB notifie son projet d'action à l'approche et demande à avoir le directeur des vols (DV) sur la fréquence pour obtenir les consignes de la plateforme. En effet, avec des dommages sur le patin droit, il craint une possible instabilité à l'atterrissage.

À 13h48, sur déclenchement du contrôleur, les secours se mettent en place au pied de la tour. Le treuilliste ouvre la porte de l'hélicoptère en vol pour faire une vérification visuelle des dommages. Il confirme les dégâts. Le CDB demande alors à se poser en zone herbeuse. Le contrôleur lui autorise l'atterrissage sur l'herbe en face des hangars. Le vent est du 260° pour 14 à 25 kt.

À 13h51, les secours sont en place devant les hangars, en face de la zone de poser prévue.

Le PF effectue son approche sur l'herbe en face des pompiers. Puis le CDB reprend les commandes et maintient l'hélicoptère en puissance proche du sol, pour permettre au PF et au treuilliste d'évacuer l'aéronef. Le CDB évacue après un arrêt complet de l'hélicoptère.

1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Corse-du-Sud (2A)
- commune : Solaro
- coordonnées géographiques : N 41°52'02"/E 009°18'24"
- altitude du lieu de l'évènement : 1 080 m (3 543 ft)

– Moment : jour

Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : BA 126 (LFKS)

1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'aéronef est endommagé.

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. Commandant de bord

- Âge : 46 ans
- Unité d'affectation : EH 05.067 « Alpilles »
- Formation :
 - qualification : commandant de bord Fennec depuis mai 2017
 - école de spécialisation : centre d'instruction des équipages hélicoptères 00.341 (CIEH)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec
Total (h)	4 260	750	120	120	29	29
Dont vol en montagne	135	70	9	9	4	4

- Date du précédent vol Fennec : 16 mai 2021
- Date du précédent vol en montagne : 12 mai 2021

1.5.2. Pilote en fonction

- Âge : 28 ans
- Unité d'affectation : EH 05.067 « Alpilles »
- Formation :
 - qualification : pilote depuis juillet 2020
 - école de spécialisation : CIEH 00.341
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec
Total (h)	616	471	100	95	28	28
Dont vol en montagne	36	21	6	6	3	3

- Date du précédent vol Fennec : 16 mai 2021
- Date du précédent vol en montagne : 30 avril 2021

1.5.3. Treuilliste

- Âge : 26 ans
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA) 2E-005 « Baronnies »
- Fonction dans l'unité : chef d'équipe mécanicien vecteur
- Formation :
 - qualification : licence de treuilliste hélicoptère depuis octobre 2019
 - école de spécialisation : CIEH 00.341
- Heures de vol comme treuilliste :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec	sur tout type	dont Fennec
Total (h)	185	185	32	32	6	6

- Date du précédent vol Fennec : 30 avril 2021
- Date du précédent vol en montagne : 30 avril 2021

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : CFA
- Aérodrome de stationnement : BA 115 (Orange)
- Unité d'affectation : ESTA 2E-005 « Baronnies »
- Type d'aéronef : AS 555 AN Fennec

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis dernière visite ⁶
Cellule	AS 555 AN	5398	6 284	28
Moteur 1	arrius 1M	1042	12 689	28
Moteur 2	arrius 1M	1168	948	28

1.6.1. Maintenance

La maintenance est conforme aux normes EMAR/FR 145⁷. L'aéronef est navigable.

1.6.2. Performances

L'aéronef est exploité dans son domaine de vol au cours de cette mission.

1.6.3. Masse et centrage

La masse au décollage est de 2 415 kg pour une masse maximale de 2 600 kg.

Le centrage et la masse sont dans les normes pour ce vol.

1.6.4. Carburant

- type de carburant utilisé : F-34
- quantité de carburant au décollage : 450 litres
- quantité de carburant au moment de l'évènement : 380 litres

⁶ Visite 150 heures et travaux supplémentaires.

⁷ *European Military Airworthiness Requirements/France 145* – exigences de navigabilité de l'organisme de maintenance agréé des aéronefs militaires et d'état au niveau français et européen.

1.6.5. Autres fluides

Les autres fluides présents dans l'aéronef sont les suivants :

- hydraulique : H-515 ;
- huile moteur : O-156 ;
- huile BTP : O-155.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques du jour dans le créneau du vol font état d'une faible nébulosité avec des conditions aérologiques instables en montagne en raison d'un vent variable du 240° au 270° avec une force de 12 à 15 kt et temporairement des rafales possibles de 25 à 30 kt.

1.7.2. Observations

Les messages d'observation météorologique transmis entre 13 heures et 14 heures sont les suivants :

- le ciel est clair et la visibilité est supérieure à 10 kilomètres ;
- la direction du vent moyen évolue du 230° au 280° avec des variations complémentaires allant du 170° au 330° ;
- la force du vent moyen varie de 9 à 15 kt.

1.8. Aides à la navigation

L'hélicoptère Fennec possède deux systèmes d'aide à la navigation. Chacun de ces systèmes intègre une radio VHF (8,33 MHz), un récepteur VOR/ILS⁸, un récepteur GPS, les fonctions d'alerte de terrain et un écran couleur qui affiche les cartographies aéronautiques. Cela est complété par les moyens de radionavigation de type ADF⁹ et TACAN¹⁰.

Le CDB utilise également une tablette numérique type EFB¹¹ possédant un logiciel de navigation et une cartographie.

Cet outil permet de suivre et de restituer la navigation à vue à l'aide du GPS et du logiciel intégrés.

1.9. Télécommunications

L'aéronef est équipé d'un poste V/UHF et de trois postes VHF.

1.10. Renseignements sur l'aéroport

La plateforme aéronautique militaire de la BA 126 (LFKS), située à 8,5 km au nord de Solenzara en Corse-du-Sud, est à usage restreint aux aéronefs d'état. La piste, d'une longueur de 2 400 m, est orientée sud-nord (18/36).

Le centre militaire de contrôle (CMC) a pour mission principale de rendre les services de la circulation aérienne à tous les aéronefs évoluant en circulation aérienne générale (CAG) ou en circulation aérienne militaire (CAM). Cette plateforme aéronautique militaire est utilisée notamment pour réaliser des campagnes de tir pour les aéronefs de la défense.

1.11. Enregistreurs de bord

Le CVFDR installé dans l'aéronef enregistre les conversations radio internes et externes ainsi que les paramètres de vol et les paramètres des deux moteurs. La tablette numérique en dotation (EFB) du CDB enregistre la trajectoire calculée à partir de la position GPS.

Les données enregistrées ont pu être extraites et exploitées.

⁸ *Vertical Omnidirectionnal Range – Instrument Landing System* – moyens de radionavigation et de finale aux instruments.

⁹ *Automatique Direction Finder* – radio compas.

¹⁰ *Tactical Air Navigation system* – système de navigation militaire.

¹¹ *Electronic flight bag* – document de vol électronique.

1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'incident

1.12.1. Examen de l'aéronef

Le patin droit est endommagé sur sa partie avant devant l'axe vertical. Il a subi une déchirure sur sa périphérie et une déviation vers l'extérieur. Les traces de l'impact avec la roche sont visibles sur la partie avant inférieure qui présente des déchirures.

Des traces noires de frottement apparaissent sur le fuselage en dessous et à droite. Elles pourraient correspondre aux pointes présentes sur le marchepied noir antidérapant qui se trouve sur le dessus de la partie avant du patin droit.

Suite aux dommages sur le patin droit, des vérifications structurelles ont été effectuées sur l'aéronef et ne mettent en évidence aucune anomalie.

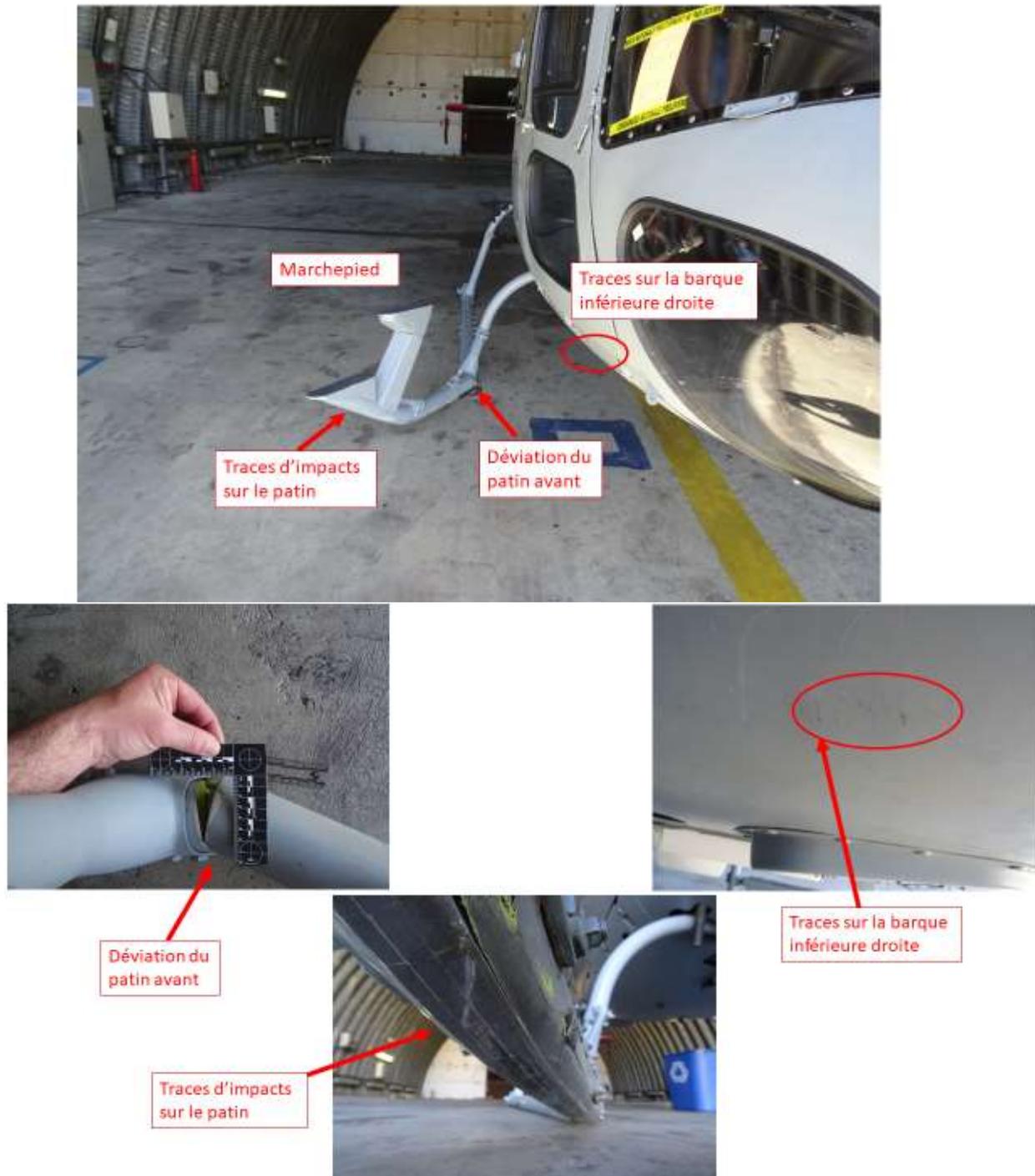


Figure 5 : dommages sur le patin droit et traces sur la barque inférieure droite

1.12.2. Examen de la zone de l'incident

La zone de l'incident est située sur l'éperon rocheux à proximité de la Punta Mozza. Lors de l'enquête, l'endroit exact de l'impact du train avant droit avec le relief n'a pas été identifié.

1.13. Renseignements médicaux

1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite intermédiaire personnel navigant¹² (PN) le 5 mai 2021
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : néant

1.13.2. Pilote en fonction

- Dernier examen médical :
 - type : visite intermédiaire PN le 5 mars 2021
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : néant

1.13.3. Treuilliste

- Dernier examen médical :
 - type : visite médicale périodique (VMP) le 17 août 2020
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : néant

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Questions relatives à l'organisation des secours

1.15.1. Abandon de bord

Le CDB pose l'hélicoptère sur l'herbe en maintenant la puissance pour soulager le patin endommagé. Ainsi, les deux autres membres d'équipage évacuent sans encombre au sol. Le CDB fait de même après l'arrêt complet de l'aéronef.

¹² Arrêté du 20 décembre 2012 relatif à la détermination et au contrôle de l'aptitude médicale à servir du personnel militaire.

1.15.2. Organisation des secours

Le service du contrôle aérien de la BA 126 déclenche les secours dès la notification radiophonique par le CDB du retour du Fennec avec des dommages sur le patin. Les pompiers et le service médical sont présents rapidement au pied de la tour de contrôle puis sur le parking en face de la zone de poser de l'aéronef située sur la bande herbeuse. Après l'arrêt complet de l'aéronef, le chef d'équipe s'entretient avec le CDB et décide la fin de l'intervention.

L'équipage effectue une visite de contrôle avec le médecin PN de la base.



Figure 6 : zone de poser du Fennec vue depuis la tour de contrôle

1.16. Essais et recherches

Une expertise des données de l'enregistreur de vol et des trajectoires enregistrées par la tablette numérique du CDB est réalisée par RESEDA.

Une expertise du liquide hydraulique, de l'huile et du carburant est réalisée par DGA EP.

Une expertise portant sur l'aérologie est réalisée par Météo-France.

Une expertise des facteurs organisationnels et humains est réalisée par le BEA-É.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Commandement des forces aériennes

Le CFA a pour mission la préparation au combat de l'ensemble des forces conventionnelles, spéciales et d'appui de l'armée de l'Air et de l'Espace. Il prépare et qualifie au combat ses aviateurs pour tous les engagements de la puissance aérienne. Il les soutient en cas de déploiement, en exercice, en opération extérieure ou en mission permanente.

Le CFA est garant de l'acquisition, du développement et de l'entretien des qualifications et des capacités définies dans les contrats opérationnels de l'armée de l'Air et de l'Espace. Il est dépositaire des ressources humaines et techniques de la force aérienne.

1.17.2. EH 05.067 « Alpilles »

Présent depuis 2011 sur la BA 115 d'Orange, l'EH 05.067 relève du CFA. Il met en œuvre les savoir-faire suivants pour remplir son contrat opérationnel :

- mesures actives de sûreté aérienne (MASA) ;
- recherche et sauvetage de personnel (SAR) ;
- évacuation de blessés légers (EVASAN) ;
- appui feu avec tireur embarqué ou canon de 20 millimètres ;
- appui renseignement avec caméra thermique ;
- aérotransport de personnel et de matériel.

Ces compétences sont employées pour les missions suivantes :

- alerte posture permanente de sécurité (PPS) : L'EH 05.067 contribue à la mission PPS-Air toute l'année, cette mission consiste à intercepter un aéronef en situation de détresse ou ayant commis une infraction ;
- alerte SAR : L'EH 05.067 tient l'alerte recherche et sauvetage au profit des aéronefs civils et militaires qui sont en situation de détresse sur le territoire national ;
- mission en opération extérieure.

1.17.3. ESTA 2E-005 « Baronnie »

Cette unité de maintenance est créée en 2008 sur la BA 115 afin de centraliser les effectifs en charge de la maintenance aéronautique. L'unité relève du CFA.

1.17.4. CIEH 00.341 « Colonel Alexis Santini »

La mission principale du CIEH est la formation technique et tactique des pilotes d'hélicoptères depuis 2011 sur la BA 115 d'Orange afin de délivrer les brevets de pilote d'hélicoptère. Elle effectue des vols de formation sur Fennec et complète l'instruction aux fonctions techniques et tactiques avec deux simulateurs Fennec.

1.18. Renseignements supplémentaires

Rôles et responsabilités au sein de l'équipage durant ce vol :

- le CDB, pilote non en fonction (PNF), est en place gauche. Il est responsable de la gestion de mission et des communications radio. Pendant une procédure de treuillage, il s'assure de la sécurité globale de l'aéronef en vérifiant notamment les paramètres sur le tableau de bord ;
- le pilote en fonction (PF), en place droite, est chargé de piloter l'hélicoptère pendant toute la mission et notamment pendant la procédure de treuillage. À cet instant, il est particulièrement concentré sur la précision de ses corrections en s'appuyant sur des repères visuels extérieurs ;
- le treuilliste, en soute, participe à la surveillance du ciel lors des phases de transit. Durant la procédure de treuillage, il effectue le guidage final à la voix pour le PF. Cet exercice est réalisé ce jour avec un sac de 47 kg qu'il doit manipuler dans la soute afin de l'accrocher au treuil avant la descente.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Expertise de l'aérologie en montagne sur le lieu de l'évènement (cf. annexe 1)

L'expertise météorologique de Météo-France autour du lieu de l'évènement révèle les éléments suivants :

- pas de nuage bas présent entre le sol et 3 000 m ;
- développement de nuages orographiques¹³ marquant l'onde de relief vers 13 000 ft ;
- le vent se renforce rapidement avec l'altitude : 7 kt à 10 m du sol et 60 kt à 1 000 m au-dessus du relief ;
- présence de forts courants ascendants et descendants (> 3 m/s) en aval du relief en direction de la plaine de Solenzara ;
- turbulence modérée à sévère présente sur l'axe entre la BA 126 et le lieu de l'évènement ;
- à l'approche du relief, présence de fortes variations de vitesse verticale du vent (subsidence de 2,4 m/s en aval du lieu de l'évènement et ascendance de 4,4 m/s à la verticale du lieu).

L'expertise de Météo-France démontre une turbulence modérée à sévère ainsi que de fortes variations de la vitesse verticale du vent à l'approche du relief en ascendance et en descentance.

2.1.2. Expertise du CVFDR

2.1.2.1. Étude des paramètres moteurs

Les courbes présentant les paramètres moteurs extraits du FDR permettent de vérifier le bon fonctionnement de chaque moteur dans son domaine d'exploitation.

Les paramètres des deux moteurs sont dans les limitations prévues durant tout le vol.

2.1.2.2. Synthèse des données de vol au moment de l'évènement

La synthèse des paramètres permet une reconstitution de la trajectoire 3D du moment de l'évènement en corrélation avec les échanges radio de l'équipage. Cette vidéo est utilisée pour décrire la séquence de l'évènement.

Entre le moment où le PF subit une ascendance puis une descentance au point de début de chute de l'hélicoptère, il s'écoule seulement 30 secondes. De plus, l'écart de position est uniquement de 3 m en horizontal et 13 ft (4 m) en vertical. La valeur du couple est de 40% pendant l'ascendance puis augmente vers 60% peu avant la chute. La puissance alors affichée serait suffisante pour soutenir l'hélicoptère dans une aérologie stable mais ne permet pas d'éviter l'enfoncement qui résulte d'une forte descentance. La réserve de puissance (78% de couple max) est cohérente mais nécessite un délai pour être efficace et empêcher l'hélicoptère de chuter.

La synthèse des paramètres de vol montre le changement soudain et imprévisible d'une aérologie ascendante vers une aérologie descendante, en l'espace de 30 secondes et pour un écart de position de 3 m et 13 ft. La puissance affichée ne permet pas d'éviter l'enfoncement provoqué par la forte descentance.

2.1.2.3. Étude du bruit de l'impact et de la perception du choc (cf. annexe 2)

Sur l'enregistrement provenant du micro CAM (*Cockpit Aera Microphone*) et des micros PF et CDB, l'impact du patin avec la roche est audible. Il est également visualisable sur le spectre de l'enregistrement. Cependant, le bruit de cet impact ne se distingue pas nettement de l'ambiance sonore pour l'équipage, il est en partie masqué par le bruit généré par le rotor du Fennec et amplifié par l'ouverture de la porte latérale de l'aéronef.

¹³ Un nuage orographique est un nuage formé par le soulèvement de l'air dû au relief.

Ceci confirme la perception de l'équipage d'un bruit léger.

L'expertise confirme que le bruit de l'impact était peu audible pour l'équipage.

2.1.3. Expertise des fluides

Les résultats d'analyse des fluides prélevés sur l'aéronef montrent que :

- le carburant correspond à un carburéacteur de type F34 ;
- le fluide hydraulique correspond à un fluide de type H-515 ;
- le lubrifiant correspond à une huile moteur synthétique de type O-156.

Aucune pollution organique ou dégradation des fluides n'a été mise en évidence pour les fluides analysés.

Les fluides sont conformes à l'attendu.

2.2. Séquence de l'évènement



Figure 7 : reconstitution de la trajectoire 3D lors de l'évènement

Entre les points 1 et 2, en 25 secondes, le PF finit sa translation vers une position relative à droite du point de treuillage qui est confirmée par le treuilliste. Évoluant de 39 ft à 33 ft, le PF descend, en accord avec le treuilliste, pour un meilleur confort de pilotage. Au point 2, le vent ascendant porte l'aéronef qui ne veut pas descendre. Le PF réduit donc à 40% le couple pour entamer une descente lente et vers la gauche selon le guidage du treuilliste qui demande une translation de 3 m pour atteindre la verticale de la zone de treuillage. Le CDB lit sur l'indicateur une HRS de 40 ft estimée et le PF indique une hauteur satisfaisante pour le treuillage. La translation vers la gauche s'effectue vers le point 3 pendant 30 secondes avec une légère descente. Au point 3, à 20 ft de hauteur HRS, l'enfoncement est soudain, le CDB annonce une lecture de couple à 60% et se rend compte de la chute. Il demande au PF d'augmenter immédiatement la puissance au maximum pour contrer la forte descendance aérologique. Il reprend les commandes pour effectuer le dégagement vers la gauche. L'impact avec l'épéron rocheux a lieu au point 4 à 13h38'53'' et le dégagement se poursuit vers le point 5 de façon rectiligne.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

Aucune cause technique n'a été relevée durant l'enquête de sécurité. La recherche des causes de l'évènement se concentre donc sur les facteurs environnementaux et les facteurs organisationnels et humains.

2.3.1. Étude de l'environnement du lieu de l'évènement

L'expertise technique de Météo-France confirme une turbulence modérée à sévère et des variations fortes de vitesse verticale à l'approche du relief.

Une étude plus précise du relief entourant le point de treuillage permet également de préciser les points suivants :

- la faible surface (3 à 4 m de diamètre) de l'éperon rocheux empêche tout effet de sol pouvant renforcer la sustentation de l'hélicoptère à faible hauteur au-dessus de la roche ;
- la configuration escarpée et déchirée du relief favorise la multiplication de passages pour le vent et donc la multiplication des effets secondaires turbulents possibles dans cette zone réduite ;
- la variation du vent général en direction et en force rend l'aérogologie de cette zone particulièrement instable et imprévisible dans le temps et l'espace.

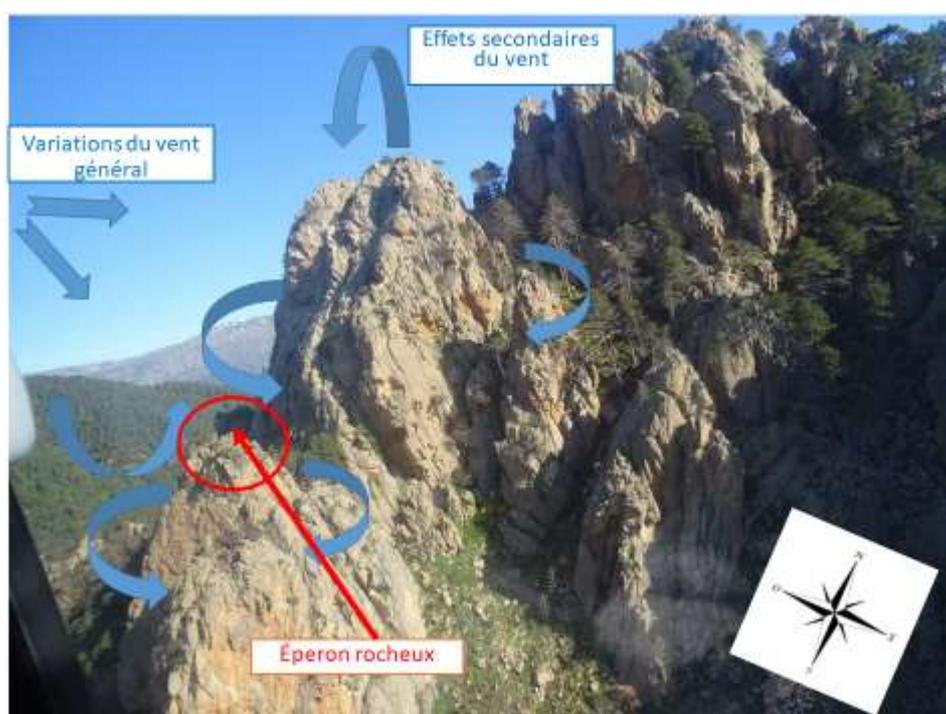


Figure 8 : schéma des effets variables du vent

Les conditions aérogologiques du jour entraînent des phénomènes instables autour des masses rocheuses du site choisi par l'équipage, caractérisés par des courants ascendants et descendants en un même lieu.

2.3.2. Étude des facteurs organisationnels et humains

2.3.2.1. Nature du vol

La mission est un vol d'entraînement en montagne comprenant des exercices de treuillage. Cette pratique est une tâche technique complexe en raison de la difficulté d'acquérir des références visuelles dans cet environnement escarpé afin d'assurer un pilotage de précision.

Par ailleurs, le jour de l'évènement, la présence de vents significatifs rend la mission de treuillage en montagne complexe et plus spécifiquement pour un hélicoptère léger plus sensible aux perturbations aérogologiques.

Les conditions aérogologiques du jour complexifient encore l'exercice du treuillage en montagne.

2.3.2.2. Faible expérience de l'équipage du vol en montagne

L'équipage est constitué d'un CDB expérimenté, d'un jeune pilote et d'un treuilliste nouvellement formé. Le PF n'a qu'une vingtaine d'heures de vol en montagne sur Fennec. Le CDB possède une expérience hétérogène avec plus de 4 000 heures de vol en tant que pilote de chasse puis pilote d'hélicoptère sur Puma et sur Fennec. Cependant, son expérience du vol en montagne sur hélicoptère correspond à environ 130 heures sur une dizaine d'années dont seulement 70 heures sur Fennec. Par conséquent, l'expérience du vol en montagne reste faible pour cet équipage au regard des dangers que représente cette pratique exigeante.

De plus, cette faible expérience est en majorité acquise dans les zones montagneuses proches d'Orange. Les caractéristiques aérologiques et environnementales sont très différentes de celles présentes en Corse. L'opportunité de voler en Corse ne peut se présenter que pendant les rares campagnes de tir dont la durée est limitée. Cela ne permet pas d'acquérir une connaissance fine du milieu. Le vol de l'évènement est le premier vol pour l'équipage durant cette campagne de tir.

L'équipage a une expérience du vol en montagne relativement faible. L'évènement survient lors du premier vol de la campagne de tir en Corse.

2.3.2.3. Défaut d'anticipation du risque avant vol

2.3.2.3.1. Sous-estimation du niveau de risque de la mission

Pour les unités, une campagne de tir est un évènement dense et intense. L'organisation est complexe et nécessite une planification fine et des adaptations nombreuses en conduite en fonction des différentes contraintes. Dans ce contexte, l'accent est mis sur la gestion des missions de tir, prioritaires et à haut niveau de risque. Les missions complémentaires de valorisation de la campagne, comme le vol en montagne, peuvent alors être perçues par l'ensemble des acteurs comme étant moins risquées.

Le contexte de la campagne de tir peut avoir favorisé une sous-estimation du niveau de risque de la mission d'entraînement SATER en montagne par l'ensemble des acteurs de la campagne.

2.3.2.3.2. Préparation du vol incomplète

Des modifications de planification ont conduit à une désignation tardive du CDB pour le vol. Le briefing de mission a néanmoins pu être effectué en fin de matinée avant le repas pour le vol prévu en début d'après-midi. Cependant, une information donnée par un équipage en retour de vol sur Puma fait état de fortes turbulences sur la zone de travail initialement prévue par l'équipage. Le CDB décide finalement de changer de zone avant le départ pour le vol et d'adapter le programme en conséquence.

La méthode du manuel de vol en montagne du CIEH¹⁴ précise l'importance d'une préparation fine de la mission sur carte afin d'anticiper les phénomènes aérologiques dans le relief. Ce travail préparatoire n'a pas été mené après le changement de site.

En effet, un nouveau briefing sur carte retarderait significativement le décollage. La planification des vols impose une heure de poser précise au retour, tout retard au décollage entraîne donc une réduction du temps de vol. L'équipage a donc privilégié le temps de vol de la mission au détriment d'une préparation du vol adaptée.

Les circonstances du jour ont conduit l'équipage à effectuer une préparation incomplète de ce vol participant à un manque d'anticipation des phénomènes aérologiques dans le relief.

¹⁴ Édition n° 3 de février 2011 approuvée par le CFA.

2.3.2.4. Manque de progressivité de l'entraînement

Pour cette mission de vol en montagne, les conditions aérologiques sont instables et délicates. L'éperon rocheux choisi pour le treuillage a une surface faible qui ne permet pas de profiter de l'effet de sol à basse hauteur à la verticale de la roche facilitant le maintien de l'hélicoptère en stationnaire. L'hélicoptère ne peut donc pas bénéficier d'un effet de sustentation supplémentaire à l'approche du relief.

Par ailleurs, une fois à la verticale de l'éperon rocheux, celui-ci n'est plus visible par le PF et le CDB. Cette situation complexifie l'exercice de treuillage car le PF ne peut prendre que des repères éloignés pour stabiliser sa position.

Les conditions du jour et la zone de treuillage choisie par l'équipage révèlent un manque de progressivité de l'entraînement.

2.3.2.5. Conscience erronée de la situation

2.3.2.5.1. Conscience erronée du risque aérologique sur la zone de treuillage

Absence d'outil d'aide à l'appréciation du vent

Le système GPS permet d'obtenir des informations sur le vent en direction et en force en croisière. Ces informations ne sont pas fiables pendant les phases de réduction de vitesse et de stationnaire. Les courbes ci-dessous présentent en effet une instabilité marquée, rendant les informations inexploitable durant les phases du vol à basse vitesse ou en stationnaire.

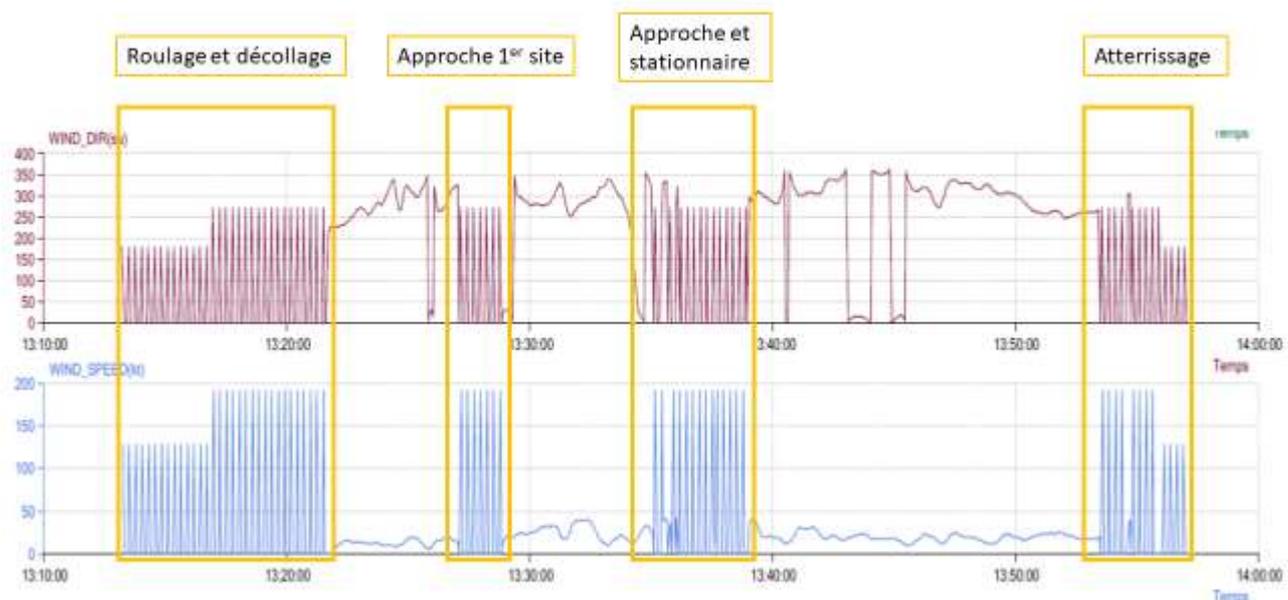


Figure 9 : données vent fournies par le GPS

Pendant les phases de basse vitesse ou de stationnaire, l'équipage ne dispose pas d'information de vent fiables fournies par le GPS.

Représentation erronée des conditions aérologiques de la zone

Ne visualisant pas de mouvement des arbres, l'équipage décide de réaliser une approche vers la zone afin de confirmer l'absence de turbulence. Par la suite, en stationnaire, l'équipage analyse les paramètres de puissance et anticipe de manière erronée les perturbations aérologiques potentielles autour du piton rocheux.

La faible expérience de l'équipage du vol en montagne et son manque de connaissances de la zone ont conduit l'équipage à choisir une zone de treuillage où l'évolution du vent autour du piton rocheux était imprévisible et complexifiait le treuillage. Ce risque n'a jamais été identifié et anticipé par l'équipage. Au contraire, pour lui, l'environnement rocheux devait les protéger des perturbations aérologiques en raison du sens du vent.

En raison d'un manque d'expérience et de connaissance de la zone, l'équipage n'a pas été en mesure de se créer une représentation correcte des conditions aérologiques.

Absence de passage stabilisé à la verticale du point de treuillage

Les trois membres d'équipage ont été formés au CIEH. Le manuel de vol en montagne prévoit un passage stabilisé vertical le point de poser ou de treuillage. Ce passage doit être réalisé à vitesse faible et constante (40 kt) et à une hauteur de 50 ft. Il doit permettre de préciser la force et les variations du vent sur le point, mais également avant et après, ainsi que la puissance nécessaire pour effectuer un stationnaire et déterminer les marges de puissance disponibles. Il doit être effectué selon un axe à 45° du vent estimé si le relief le permet afin de valider le défilement, la prise de repères, l'identification des risques et les dégagements possibles pour une prise de décision la plus juste en conscience des risques de l'opération de treuillage. Cette procédure permet également d'anticiper les actions en cabine du treuilliste afin de limiter les temps d'exposition et d'optimiser les ressources cognitives des membres d'équipage.

Lors de cette mission, l'équipage effectue une reconnaissance succincte autour du piton rocheux puis vient directement engager une approche sous environ 45°, en réduction de vitesse, pour s'arrêter en stationnaire sur le travers de l'éperon rocheux. L'équipage profite de ce stationnaire pour valider la puissance nécessaire, évaluer l'aérologie aux alentours du point et briefer la procédure de treuillage.

Cet écart à la procédure de passage stabilisé vertical est justifié par l'équipage en raison du vide à côté de l'éperon rocheux escarpé. Cela lui assure un dégagement en toute sécurité en cas d'urgence. Cette validation sécurisée du stationnaire est cependant réalisée avec un décalage horizontal d'une dizaine de mètres par rapport à la position souhaitée pour le treuillage. Lors de l'évènement, l'équipage n'a donc pas réalisé une analyse de la situation en passant à la verticale du point de treuillage. Or, en montagne, les conditions aérologiques peuvent être très différentes à quelques mètres près en raison du relief.

La méthode consistant à faire un stationnaire par le travers du point n'est pas décrite dans le manuel de vol en montagne. Acceptée par tous en unité, cette migration de pratique est aujourd'hui normalisée au sein des unités dans le cas où le dégagement est facilité par la pente.

La mise en stationnaire à proximité de la zone de treuillage est normalisée au sein des escadrons Fennec. Mais elle ne permet pas de s'assurer de la faisabilité d'un treuillage sur le point précis. Cette pratique s'écarte de la procédure d'analyse des vols en montagne. Il s'agit donc d'une migration des pratiques.

2.3.2.5.2. Conscience erronée de l'évolution de la hauteur

Absence d'instrument de mesure de hauteur fiable

Les pilotes limitent l'utilisation des données HRS jugées peu fiables en montagne en raison des variations de hauteur dues aux pentes fortes du relief sous l'hélicoptère. Ces informations dépendent de la position des capteurs de la sonde et de la forme du relief. Néanmoins, le CDB a utilisé cet outil à deux reprises pour annoncer une hauteur à 50 ft et à 40 ft.

Après ces annonces, le PF déclare être à la hauteur souhaitée de treuillage et le guidage est transféré au treuilliste. Durant les 20 dernières secondes avant l'évènement, ni le CDB ni le PF ne consultent à nouveau la radiosonde. Pourtant cette dernière affiche des valeurs décroissantes. Lors de cette phase finale de guidage, le PF est alors focalisé sur ses références visuelles extérieures et son pilotage qui se doit d'être extrêmement précis. Quant au CDB, il est préoccupé par les paramètres de puissance. Ceux-ci commencent à être faibles, ce qui traduit une aérologie ponctuellement favorable pouvant à tout moment disparaître.

En situation de forte charge cognitive, l'équipage étant obligé de réaliser des arbitrages sur l'orientation de ses ressources attentionnelles, délaisse les informations peu fiables.

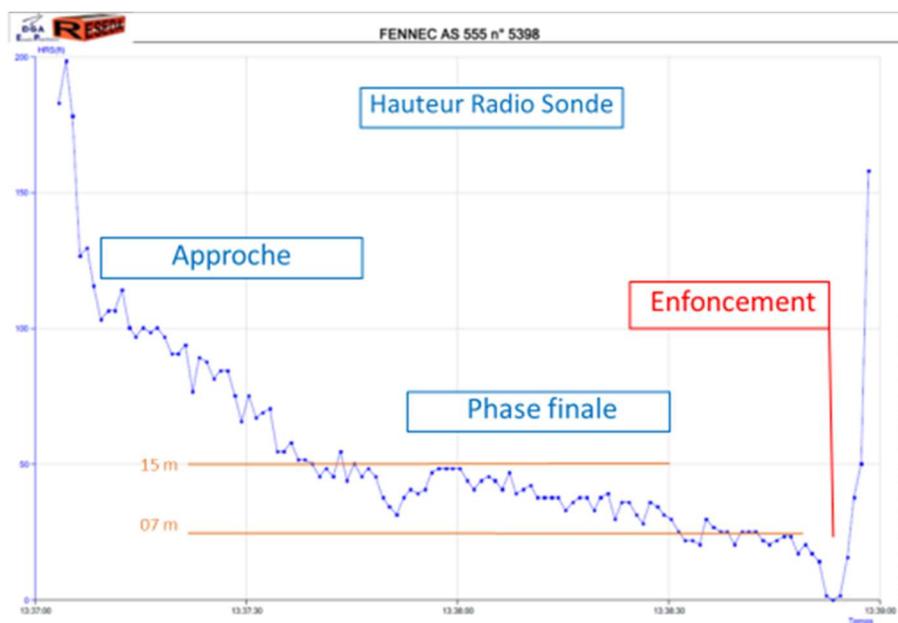


Figure 10 : Hauteur Radio Sonde (HRS) pendant la mise en place à la verticale de l'éperon rocheux

Le manque de fiabilité de l'HRS en montagne associée à une charge cognitive importante liée au treuillage est à l'origine de la non utilisation de cet instrument. L'équipage n'a pas perçu la diminution de hauteur sur la HRS.

Ergonomie du cockpit

Le cockpit du Fennec est d'ancienne génération. Les informations ne sont pas centralisées par thème sur des écrans. Cela contraint l'équipage à mettre en place un circuit visuel de contrôle complexe et changeant. On peut noter l'éloignement des données HRS de celles présentant les paramètres moteurs ainsi que le manque de précision de l'aiguille HRS pour une hauteur faible. Cette configuration augmente la charge cognitive des pilotes.

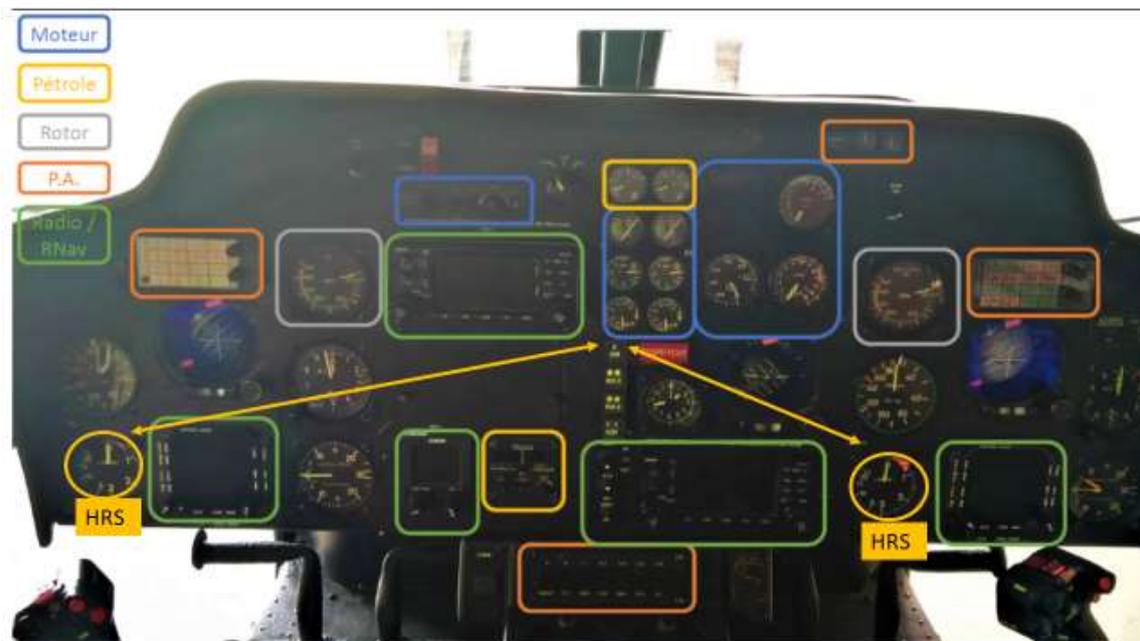


Figure 11 : ergonomie du cockpit

L'ergonomie perfectible du cockpit augmente sensiblement la charge cognitive du PF et du CDB et rend plus difficile la recherche des informations en cabine.

2.3.2.6. Conscience de la situation non partagée

2.3.2.6.1. Absence d'annonce de hauteur

Une fois en stationnaire, l'équipage décide de réaliser le treuillage à hauteur d'aisance sans définir la valeur exacte qui sera adoptée. Le treuilliste n'a donc pas connaissance de la hauteur recherchée par le pilote pour le treuillage.

Le treuilliste, en place à la porte sur le marchepied, est le seul à apprécier la position latérale et la hauteur de l'aéronef par rapport au point choisi. Il effectue le guidage final du PF et s'en tient à un guidage horizontal. Il est en accord avec le PF pour descendre afin de permettre un treuillage plus court. Cependant, le treuilliste ne fait pas d'annonce de hauteur par rapport au relief alors qu'à cet instant il est le seul à posséder une conscience exacte de la situation.

Lors d'un treuillage, le PF et le treuilliste travaillent en étroite collaboration, chacun ayant une conscience de la situation partielle et complémentaire. La communication est donc essentielle pour assurer un bon partage de conscience de situation. Lors de l'évènement, seul le treuilliste avait conscience d'être à une hauteur de 5 à 6 m du sol. Pour le PF, la dernière hauteur annoncée par le CDB était autour des 12-15 m.

Le manque de communication autour de la hauteur de l'hélicoptère au-dessus du rocher est à l'origine d'une conscience non partagée de la situation.

2.3.2.6.2. Formation CRM

Les formations aux facteurs humains de type CRM permettent d'améliorer entre autres la communication et la synergie de l'équipage. Les formations CRM ne sont dispensées qu'aux pilotes de l'escadron, les treuillistes n'y participent pas. En tant que mécaniciens, ils bénéficient pour leur part d'une formation MRM. Or, en vol, le treuilliste est un membre d'équipage qui participe à la synergie globale de l'équipage. L'absence de participation des treuillistes aux formations CRM ne semble pas en adéquation avec leur rôle au sein de l'équipage, notamment lors des treuillages. Cette absence des treuillistes aux formations CRM peut avoir favorisé les défauts de communication identifiés lors de l'évènement et avoir conduit à une absence de partage de conscience de situation.

L'absence d'un socle commun de formation CRM de l'équipage incluant les treuillistes a probablement favorisé les défauts de communication relevés lors de l'évènement.

2.3.2.7. Modification de l'emploi du treuil

2.3.2.7.1. Baisse des hauteurs de treuillage

Le treuil électrique de l'hélicoptère AS555 est de type 76370. La limitation du nombre de treuillages dans une période maximum de 45 minutes a évolué en mars 2021. Cette limitation évolue en fonction de la longueur de câble déroulé lors de chaque treuillage selon les directives du tableau ci-dessous qui est validé par *Airbus Helicopters* (AH) et Goodrich¹⁵ :

DESCENTES			MONTÉES
Charge (limite de masse)	Longueur (câble déroulé)	Nombre de descentes (charge max autorisée selon la limite de masse indiquée)	Nombre de montées (charge max autorisée jusqu'à la masse max de 135 kg)
0 kg (à vide)	≤ 40 m	6 à vide	6 En charge ou à vide
≤100 kg	≤ 10 m	6 en charge ou à vide	
	≤ 20 m	3 en charge + 3 à vide (*)	
	> 20 m	1 en charge + 5 à vide (*)	
>100 kg	≤ 10 m	4 en charge + 2 à vide (*)	
	≤ 20 m	2 en charge + 4 à vide (*)	
	> 20 m	1 en charge + 5 à vide (*)	

*Dont une descente autorisée avec une charge inférieure à 20 kg (civière vide, charge légère, etc.)

Ces descentes et montées successives peuvent être réalisées six fois consécutivement en respectant un arrêt d'utilisation du treuil de 45 minutes entre chaque phase explicitée dans le tableau. Cette nouvelle limitation a fait l'objet d'une discussion au sein de l'équipage en début de mission.

La gueuse d'entraînement pour cette mission pèse 47 kg. Dans ce cas, les possibilités d'entraînement au treuillage pour le vol, dont la durée prévue est de 1 heure 10, dépendent de la hauteur des treuillages :

- treuillage ≤ 10 m : 6 descentes en charge sont possibles pour une phase ;
- 10 m < treuillage ≤ 20 m : 3 descentes en charge sont possibles pour une phase ;
- > 20 m : 1 descente en charge est possible pour une phase.

¹⁵ Goodrich Corporation est une entreprise américaine spécialisée dans le matériel aéronautique civil et militaire.

Comme dans toute mission, l'objectif du CDB est d'adapter l'entraînement afin de réaliser un nombre de treuillages significatif en tenant compte des limitations. Cette modification d'emploi du treuil peut donc avoir une influence sur le choix de la hauteur de treuillage, que les pilotes réduisent pour rester dans les normes d'emploi du treuil. Cette pratique tend à réduire les marges de dégagement possibles.

Les nouvelles limitations d'emploi du treuil conduisent à une dérive des pratiques amenant les pilotes à diminuer la hauteur des treuillages en entraînement.

2.3.2.7.2. Modification des repères acquis en treuillage

Le CDB et le PF sont qualifiés sur Fennec depuis plusieurs années. L'équipage de conduite a acquis et consolidé son expérience à des hauteurs de treuillage plus importantes et sans cette nouvelle limitation d'emploi du treuil. Un treuillage à 5-6 m était alors considéré comme rare. L'équipage a donc une faible expérience du treuillage à des hauteurs aussi faibles. À basse hauteur, les repères et habitudes de travail sont modifiés. Cette modification n'a pas fait l'objet d'une analyse de gestion du risque opérationnel (GRO) spécifique.

La volonté des équipages de privilégier les treuillages à une hauteur inférieure à 20 m modifie soudainement les pratiques et repères acquis par les équipages les années précédentes sans évaluation du risque ni actualisation des procédures par l'organisation.

2.3.2.8. Absence de remise en question du plan d'action

L'évaluation du risque d'une situation par les équipages se fait en partie par comparaison avec des expériences précédentes et en particulier des expériences récentes. Sur le transit et sur la première zone, l'équipage a subi de nombreuses turbulences. Sur la zone de treuillage de l'évènement, les conditions aérologiques semblaient favorables. Cette situation peut avoir favorisé une sous-évaluation du risque et un sentiment erroné d'aisance qui a entravé le processus d'analyse de la situation.

L'équipage n'a pas perçu la dégradation progressive de la situation. L'apparition de perturbations aérologiques a conduit le PF à prendre la décision de diminuer sa hauteur de treuillage en raison du danger perçu pour réduire le temps d'exposition, alors que le guidage avait déjà commencé. La diminution significative de la puissance préoccupe cependant le CDB. Ces indices n'ont pas permis d'alerter l'équipage quant à l'instabilité aérologique de la zone, favorisant une possible remise en question du plan d'action initial.

La sous-évaluation du risque sur la zone de treuillage par l'équipage peut avoir altéré ses capacités d'analyse de l'évolution de la situation.

2.3.2.9. Surcharge cognitive et retard dans la réaction

Dans la phase de guidage, le PF doit piloter l'aéronef avec précision aux ordres du treuilliste, tout en contrôlant sa hauteur, à l'aide de repères visuels extérieurs, ainsi que les paramètres de puissance. Les ressources cognitives allouées sont extrêmement importantes. Dans cette situation, le PF n'a pas perçu la perte d'altitude soudaine de l'hélicoptère. À l'inverse, le treuilliste et le CDB, trois secondes avant la perte franche d'altitude, annoncent à trois reprises la tendance à descendre. Le CDB, qui n'a pas les commandes, demande de tirer la puissance à trois reprises avant de finalement les reprendre. Ce délai avant le dégagement a contribué au heurt du patin.

Le PF, surchargé cognitivement, n'a pas ressenti l'enfoncement de l'hélicoptère. Cette situation a retardé la manœuvre de dégagement qui a nécessité la reprise des commandes par le CDB.

2.4. Facteurs n'ayant pas trait à l'évènement

2.4.1. Suivi des compétences

Le CFA est responsable de la formation et du maintien en conditions opérationnelles du personnel. Il édite les textes organiques afférents :

- les consignes permanentes d'instruction du personnel navigant sur hélicoptères (CPIP NH) forment un référentiel d'instruction qui définit les processus permettant aux membres d'équipage d'acquérir des compétences individuelles sur hélicoptère. Les CPIP NH définissent trois niveaux de compétences individuelles :
 - compétence basique : une compétence du PN est dite basique lorsqu'elle est nécessaire à la conduite de tout type d'aéronef, sans considération contextuelle tactique ou technique ;
 - compétence technique : une compétence du PN est dite technique lorsqu'elle est liée à une procédure spécifique qui s'inscrit dans un contexte de mission spécifique ;
 - compétence tactique : une compétence du PN est dite tactique lorsqu'elle permet de lier des compétences techniques par la connaissance théorique et l'application de procédures en vue de réaliser une mission spécifique ;
- les directives de préparation opérationnelle (DPO) définissent les processus de maintien en condition opérationnelle des membres d'équipage. Il existe deux types de maintien en condition opérationnelle :
 - récurrence opérationnelle : il s'agit de suivre un entraînement régulier pour une compétence donnée d'un PN garantissant son niveau opérationnel et conditionnant sa capacité d'engagement. Cette récurrence est un objectif qui fixe le volume et le type d'activité nécessaire aux membres d'équipage ;
 - maintien en condition minimale : il s'agit d'un processus issu d'une analyse de risque opérationnel et visant à garantir un niveau d'entraînement seuil sous lequel une remise en condition spécifique est obligatoire.

Le vol en montagne appartient au périmètre des compétences techniques. Les DPO prévoient une récurrence opérationnelle à 90 jours sans seuil de maintien de compétence minimal.

Le défaut de seuil minimal pour la compétence de vol en montagne pourrait contribuer à limiter le niveau moyen d'expérience pour ce type de vol.

2.4.2. Gestion post-évènement

2.4.2.1. Habitudes de travail

L'équipage est persuadé d'avoir subi un léger frottement sur le patin gauche. N'ayant pas ressenti l'impact, l'équipage est convaincu que les dégâts sont minimes.

Cependant, en cas d'évènement inhabituel en vol, les équipages d'hélicoptère habitués à transporter un mécanicien à bord appliquent souvent une procédure de lever de doute. Celle-ci consiste à poser rapidement l'aéronef dans un champ pour permettre au mécanicien de contrôler visuellement l'état de l'hélicoptère et décider de la poursuite ou non de la mission. Cette pratique est partagée par tous et mise en œuvre par tous les équipages. Focalisé sur la recherche d'un champ, l'équipage n'envisage ni un contrôle visuel en vol de l'état des patins par le treuilliste, ni un retour sur la base pourtant à proximité.

Par habitude, l'équipage a rapidement décidé de chercher un champ et s'est focalisé sur cette tâche sans prise en compte des risques potentiels de l'atterrissage liés aux dommages potentiels sur les patins.

2.4.2.2. Défaut de procédure de poser en cas de dommages patins

Après avoir détecté les dégâts sur le patin droit, l'équipage a conduit une réflexion sur la procédure de poser sur la BA 126 en raison de l'importance des dommages constatés et des risques associés. En l'absence de « berceau de crash¹⁶ » pour ce type d'appareil et en coordination avec le DV, la décision est prise de poser sur une zone herbeuse en face des hangars pour éviter tout risque de résonance. En effet, le sol meuble permet d'amortir le phénomène. Les dommages sur la partie avant du patin ont néanmoins permis au CDB de poser l'hélicoptère sur l'herbe avec précaution. Il est certain que le risque encouru est important en l'absence de dispositif palliatif adapté pour les hélicoptères à patins. Il existe un « berceau de crash » pour les hélicoptères à train rentrant comme le Puma. Pour pallier l'absence de berceau de crash et dans la circonstance, le CDB assure avec discernement l'évacuation en sécurité des deux membres d'équipage en soutenant l'aéronef au pas collectif, limitant ainsi les risques de perte de contrôle de l'hélicoptère au sol.

Il est certain que le risque de poser un hélicoptère avec des dommages sur les patins est important sans dispositif palliatif de recueil au sol.

¹⁶ Dispositif de secours permettant de stabiliser l'hélicoptère au sol en cas de dommages sur le train d'atterrissage.

3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle temporaire d'un Fennec pendant un exercice de treuillage entraînant un endommagement du patin droit.

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

L'équipage est constitué d'un CDB expérimenté, d'un jeune PF et d'un treuilliste nouvellement formé. Il effectue un premier vol de SATER en montagne durant une campagne de tir valorisée sur la BA 126. Un vent fort de l'ouest crée des conditions aérologiques instables en montagne.

Après un premier exercice de treuillage infructueux en raison de l'instabilité rencontrée, l'équipage repère un autre site d'exercice à proximité d'un piton rocheux. Il effectue une reconnaissance succincte de zone. Puis il réalise une approche pour effectuer un stationnaire à proximité de la verticale de l'éperon rocheux choisi comme point de treuillage afin de vérifier les paramètres de puissance de l'hélicoptère et l'aérologie.

Après avoir briefé la procédure, le PF se dirige lentement vers la verticale de l'éperon puis demande un guidage de précision au treuilliste. Étant décalé sur la droite et subissant une ascendance, le PF demande à descendre pour limiter le temps d'exposition aux risques en stationnaire au regard des conditions aérologiques instables. À la fin de cette descente lente de 3 m vers la gauche et à la verticale de l'éperon rocheux, le CDB détecte un enfoncement soudain et reprend les commandes pour effectuer un dégagement. L'aéronef heurte le rocher avec le patin droit. Celui-ci est partiellement arraché et tordu vers l'extérieur. La trajectoire de l'aéronef n'est pas perturbée par l'impact. L'équipage n'a perçu qu'un léger bruit et est persuadé d'avoir subi un frottement avec la roche sur le patin gauche. Par habitude, la décision est prise de rechercher une zone de poser pour que le treuilliste puisse inspecter visuellement l'aéronef. Le PF découvre en vol la déviation de l'avant du patin droit vers l'extérieur. Les dégâts sont confirmés par le treuilliste après inspection visuelle en vol. Le CDB coordonne son retour avec le DV. Il décide de maintenir l'hélicoptère en puissance au plus proche du sol au-dessus d'une zone herbeuse afin de permettre l'évacuation des deux membres d'équipage.

L'équipage est indemne et l'aéronef est endommagé.

3.2. Causes de l'évènement

Les causes de l'évènement relèvent du domaine environnemental et des facteurs organisationnels et humains. La cause environnementale retenue est liée à la forte instabilité aérologique à proximité du relief.

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

- vol techniquement complexe :
 - vol en montagne ;
 - conditions aérologiques perturbées ;
- faible expérience de l'équipage du vol en montagne ;
- défaut d'anticipation du risque avant le vol :
 - sous-estimation du risque de la mission SATER vis à vis des missions de tir ;
 - préparation du vol incomplète ;
- manque de progressivité de l'entraînement ;
- élaboration d'une conscience erronée de la situation :
 - conscience erronée des conditions sur la zone de treuillage (absence d'instrument fiable, anticipation et analyse erronée sur la zone) ;
 - conscience erronée de l'évolution de la hauteur (absence d'instrument fiable, conscience de la situation non partagée) ;
- modification récente de l'emploi du treuil :
 - migration des pratiques consistant à abaisser les hauteurs de treuillage ;
 - modification soudaine des pratiques sans une analyse de risque des conséquences d'une telle modification ;
- sous-estimation du risque ayant contribué à une non remise en question du plan d'action ;
- surcharge cognitive du PF ayant entraîné un retard dans la récupération et le contrôle de l'aéronef.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Procédure de mise en place pour le treuillage

La formation des pilotes d'hélicoptères de l'armée de l'Air et de l'Espace effectuée au CIEH prévoit, dans le manuel de vol en montagne, une procédure de passage vertical stabilisé sur le point de treuillage ou de poser. Cette procédure n'est pas toujours appliquée par les équipages en fonction des conditions environnementales du site. La procédure de vol stationnaire décalé du point de treuillage n'est pas explicitée dans la documentation de formation du CIEH.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de mettre en cohérence la documentation et la formation des équipages avec les pratiques opérationnelles du vol en montagne et du treuillage.

R1 – [A-2021-11-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.2. Procédure de mise en place pour le treuillage

Le changement récent des limitations d'emploi du treuil peut modifier les habitudes sur les hauteurs de treuillage en entraînement. Cette situation tend à favoriser progressivement une augmentation du niveau de risque accepté en entraînement en diminuant les hauteurs de treuillage sans étude de risque préalable de l'organisation.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de mettre en place une gestion du risque opérationnel sur l'emploi du treuil en entraînement avec les nouvelles contraintes imposées par l'industriel.

R2 – [A-2021-11-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.3. Formation dialogue en équipage

Le CDB et le PF suivent une formation CRM permettant d'appréhender l'impact du facteur humain dans le dialogue équipage afin d'améliorer l'efficacité du travail en collaboration. En revanche, le treuilliste, qui est mécanicien à l'origine, ne reçoit qu'une formation MRM adaptée aux mécaniciens. Cette différence de formation ne permet pas d'optimiser le dialogue dans l'équipage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace d'étudier un rafraîchissement commun de la formation facteurs humains, incluant l'ensemble des membres de l'équipage des aéronefs.

R3 – [A-2021-11-I] *Destinataire : CEMAAE*

4.1.4. Partage des expériences du vol en montagne

Le manque d'expérience du vol en montagne de l'équipage peut induire une sous-évaluation du risque lié au type de relief et à l'aérologie. L'expérience des unités hélicoptères des différentes autorités d'emploi est très variable en fonction des missions et de leur localisation. L'armée de Terre dispose par exemple d'un centre de formation EALAT¹⁷ de vol en montagne ouvert aux autres autorités d'emploi.

Les unités de la Gendarmerie nationale et de la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises sont des experts du vol en montagne dans leur zone de compétence.

¹⁷ École de l'aviation légère de l'armée de Terre.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi concernées de mettre en place un partage des expériences du vol en montagne dans le cadre de délocalisations temporaires d'équipages ou d'unités hélicoptères en zone montagneuse.

R4 – [A-2021-11-I] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM

4.1.5. Gestion du risque en campagne spécifique

Le contexte d'une campagne spécifique, dont les campagnes de tir, concentre l'attention des unités sur les risques associés à cette activité particulière et temporaire. Cependant, les missions de valorisation, effectuées notamment en montagne en Corse, représentent également des risques importants.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de sensibiliser ses unités hélicoptères participant à des campagnes spécifiques, dont les campagnes de tir, d'accorder une attention particulière aux risques encourus lors des missions de valorisation.

R5 – [A-2021-11-I] Destinataire : CEMAAE

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

4.2.1. Procédure d'urgence de poser dans un champ

En cas de doute sur l'intégrité de l'hélicoptère, les équipages appliquent une procédure de poser dans un champ afin de faire inspecter visuellement l'aéronef par le treuilliste. Dans le cas particulier de dommages sur les patins, cette procédure présente un risque, car l'hélicoptère pourrait se retourner une fois au sol. Ainsi, en cas de doute sur les patins, il convient de se rapprocher d'une plateforme sur laquelle l'équipage pourra faire évaluer les dégâts et bénéficier le cas échéant d'une assistance pour réaliser un poser en sécurité.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi concernées d'étudier le cadre d'emploi sur hélicoptère de la procédure de poser dans un champ spécifiquement en cas de doute sur l'intégrité des patins.

R6 – [A-2021-11-I] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, DGGN, DGDDI

4.2.2. Procédure de secours en cas de dommages sur les patins

Pour les hélicoptères à train rentrant, il existe un dispositif appelé « berceau de crash » disponible en cas de dommages avérés sur le train. En revanche, aucune procédure de secours n'est prévue dans l'armée de l'Air et de l'Espace pour les hélicoptères à patins. Pourtant, des procédures sont mises en place dans l'armée de Terre qui utilise des sacs de sable. L'équipage a donc effectué un poser de précaution sur l'herbe afin de minimiser les risques de renversement suite aux dommages sur le patin droit. Sans dispositif permettant de soutenir l'hélicoptère, cette manœuvre présente des risques élevés.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi concernées d'étudier les possibilités de dispositif de secours permettant de minimiser les risques de basculement au poser d'un hélicoptère en cas de dommages sur les patins.

R7 – [A-2021-11-I] Destinataires : CEMAAE, DGGN, DGDDI, DGSCGC

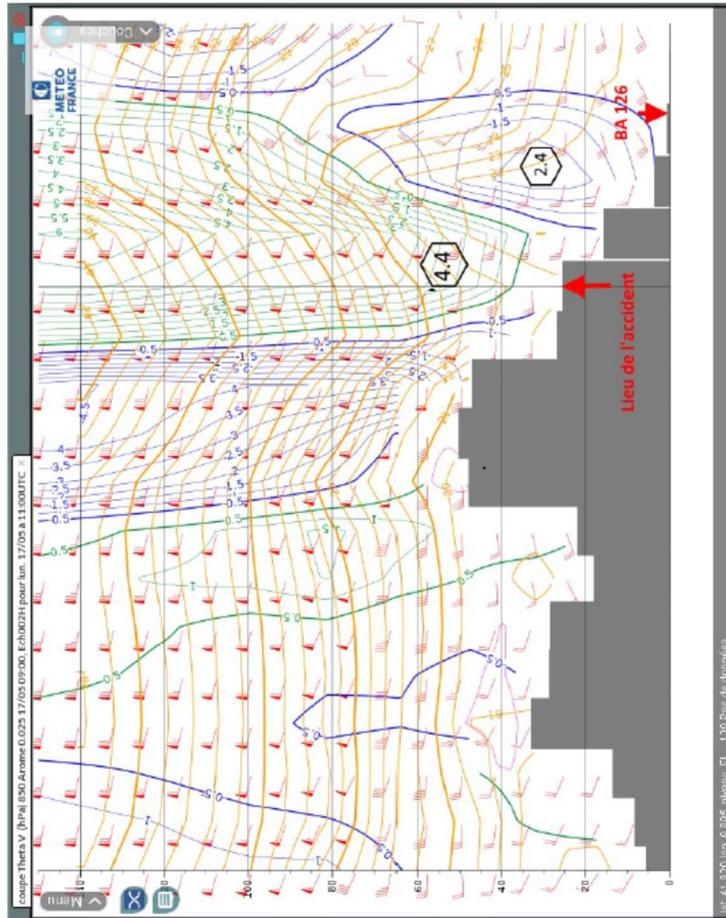
ANNEXES

ANNEXE 1 EXPERTISE MÉTEO-FRANCE.....	36
ANNEXE 2 EXPERTISE SON RESEDA.....	38

Annexe F -

Champ de Vitesse verticale et ThetaV

Modèle AROME 0.025 (maille 2.5 km) Date 17/05/21 – Run 0900 UTC pour 1100 UTC



Légende : isolignes cotées en m/s.

Courant ascendant en vert
Courant subsident en bleu

$VW2 < 1.0$ m/s	FAIBLE
$1.0 \leq VW2 < 3.0$ m/s	MODEREE
$3.0 \leq VW2$ m/s	FORTE

Commentaires :

A l'approche du relief, présence de fortes variations de vitesses verticales (subsidence de 2,4m/s en aval du lieu de l'accident / ascendance de 4,4 m/s à la verticale du lieu de l'accident).

ANNEXE 2 EXPERTISE SON RESEDA

1. SYNTHÈSE

Dans le cadre de l'évènement, DGA EP/DESA/EA/RESEDA a été sollicitée par le BEA-É pour réaliser l'exploitation et l'analyse des enregistrements audio extraits de l'enregistreur de vol P&G MPFR du FENNEC AS555 AN N° 5398 F-RAVF. Cet enregistreur de vol a été fourni par le BEA-É au département Examen et Analyse de DGA Essais Propulseurs le 20 mai 2021.

L'analyse a permis de révéler que la porte latérale était ouverte lors de l'impact du patin. Cette porte ouverte amplifie les bruits générés par l'hélice du Fennecc à l'intérieur du cockpit et ne permet donc pas de distinguer avec précision l'impact sur l'enregistrement audio CAM (*Cockpit Area Microphone*). Sur les deux pistes audio enregistrant les micros des pilotes/copilotes, l'impact est audible et visible sur le spectre. Personne ne parle à ce moment-là, il n'y a pas de communication radio. Cependant, le bruit ambiant ne permet pas de faire ressortir davantage l'impact. En effet, l'impact est un évènement succinct avec une différence de niveau sonore faible par rapport à l'ambiance sonore à ce moment.

2. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET RÉSULTATS DÉTAILLÉS

2.1 Enregistreur de vol

L'enregistreur présent à bord du Fennecc n° 5398 est un CVFDR Penny & Gilles MPFR enregistrant les données de vols et également les micros des pilotes, les communications radio, les alarmes ainsi qu'un micro enregistrant dans le cockpit de l'hélicoptère appelé CAM.

À partir des données de vol et notamment les données du couple moteur, un recalage des données de vol avec les enregistrements audio a été effectué. Le recalage des données de vols avec les enregistrements audio a permis notamment d'identifier le moment de l'impact sur les trois pistes audio.

2.2 CAM

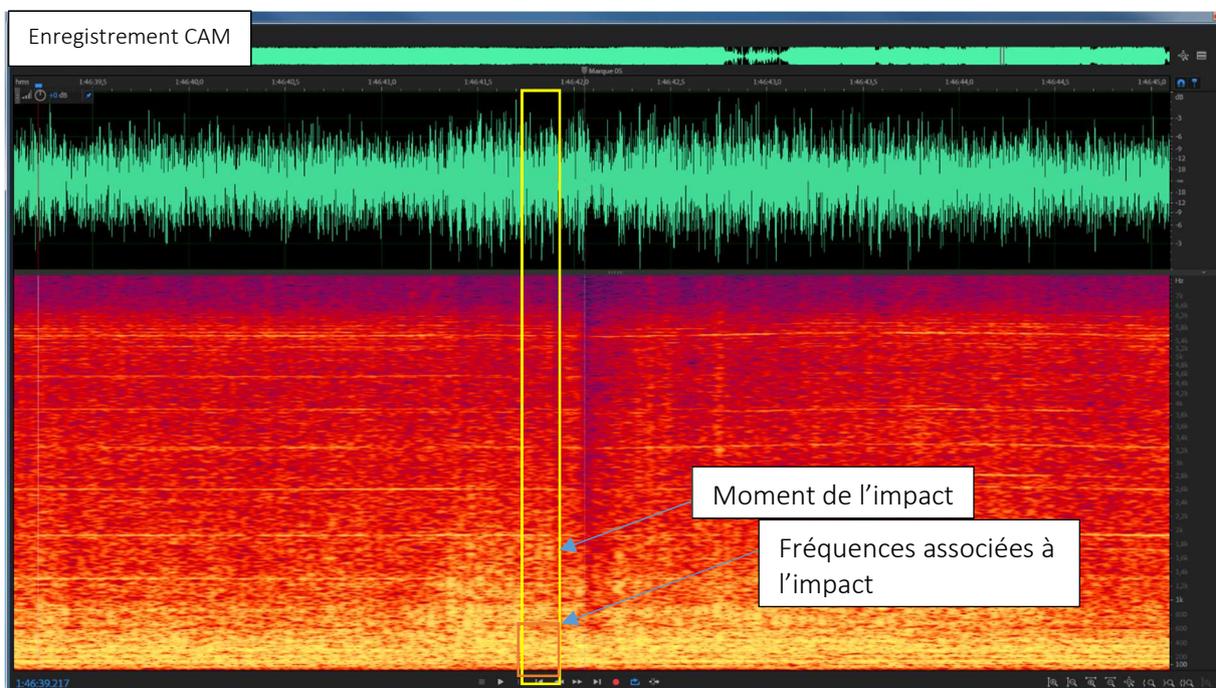


Figure 1 : Spectre de l'enregistrement CAM du FENNEC au moment de l'incident

Micro « CAM » positionné dans le cockpit du Fennecc de Solenzara. C'est un enregistrement audio codé sur 16 bits avec une fréquence d'échantillonnage de 16 kHz. L'audio ne présente pas de coupure, c'est un enregistrement en continu. Il dure 2h04min53,9s. Le niveau sonore a une moyenne proche de -6 dB (niveau correct, le niveau maximal d'enregistrement est de 0 dB). Il y a peu de saturation dans l'enregistrement.

Au moment de l'impact du patin, un bruit bref est situé dans les basses fréquences. Ce bruit est également visible sur le spectre et uniquement dans les basses fréquences, il est masqué au-delà de 250 Hz. Ce bruit étant masqué sur une plage de fréquences de 250 Hz à 8 kHz (maximum), il ne ressemble pas acoustiquement parlant au bruit d'un impact. Effectivement, un impact comme celui d'un patin doit faire apparaître un dirac en fréquence, présent sur l'ensemble du spectre avec une intensité sonore supérieure aux niveaux sonores ambiants. Dans notre cas, le bruit est bien associé à l'impact et est principalement masqué par le bruit généré par le rotor du Fenec en raison notamment de la porte latérale ouverte.

2.3 CV2/CV3

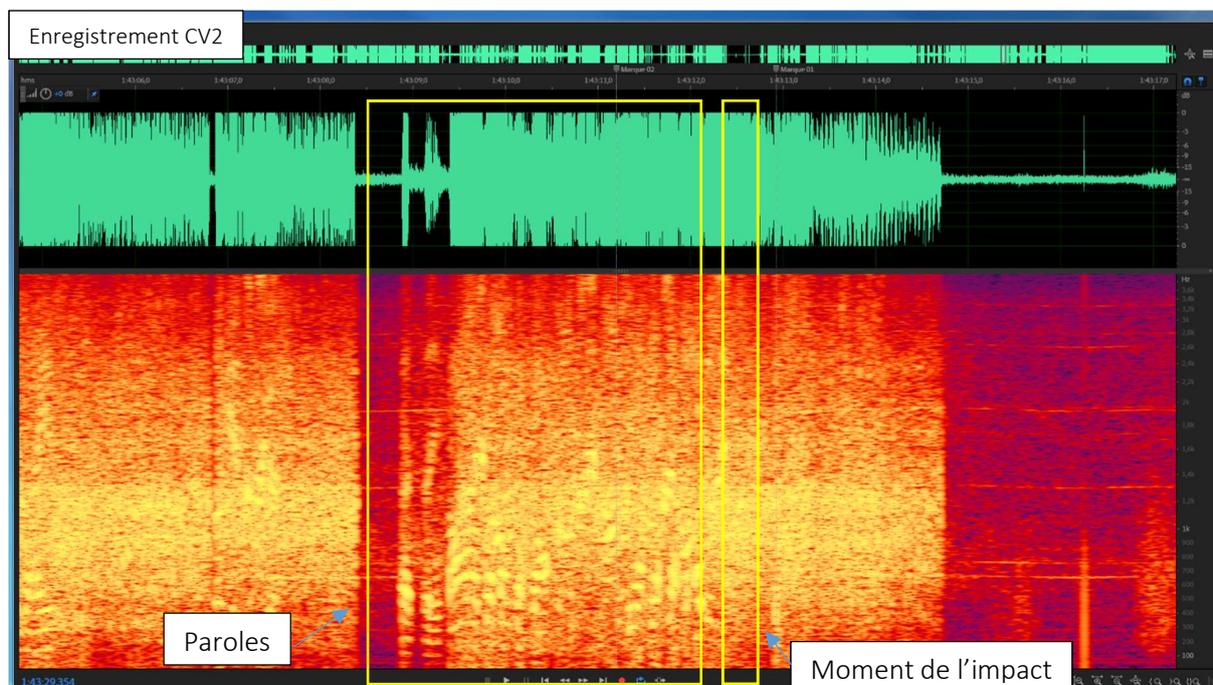


Figure 2 : Spectre de l'enregistrement CV2 du FENNEC au moment de l'incident

Enregistrement CV2, enregistrant un mix de la voix du pilote, du copilote et du treuilliste. C'est un enregistrement en continu de 2h01min24,8s codé sur 16 bits avec une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz. Avec la porte latérale ouverte, le niveau sonore du bruit ambiant est plus élevé. Lorsqu'il parle, le niveau d'enregistrement sonore de l'enregistrement est au maximum, 0dB.

Lors de l'écoute de l'enregistrement, nous entendons un impact, que nous distinguons sur le spectre. L'impact a généré un bruit court, situé sur l'ensemble de la plage de fréquence (Dirac) avec un niveau sonore de l'enregistrement au maximum à 0 dB comme pour la parole. Entre la dernière parole du pilote avant l'impact et l'impact, le niveau sonore reste élevé environ -3 dB de moyenne, c'est-à-dire que la différence de niveau sonore entre les bruits ambiants et l'impact est faible.

Seulement les fréquences situées dans le bas du spectre ressortent visuellement. En effet, la porte étant ouverte, le bruit généré par la rotation de l'hélice du Fenec masque l'impact sur une plage de fréquences allant de 600 Hz à 2 kHz. Malgré ce principe de masquage dans les fréquences médiums, nous distinguons bien à l'écoute et visuellement cet impact.

Pour ce qui est de l'enregistrement CV3, il est très proche de l'enregistrement CV2.

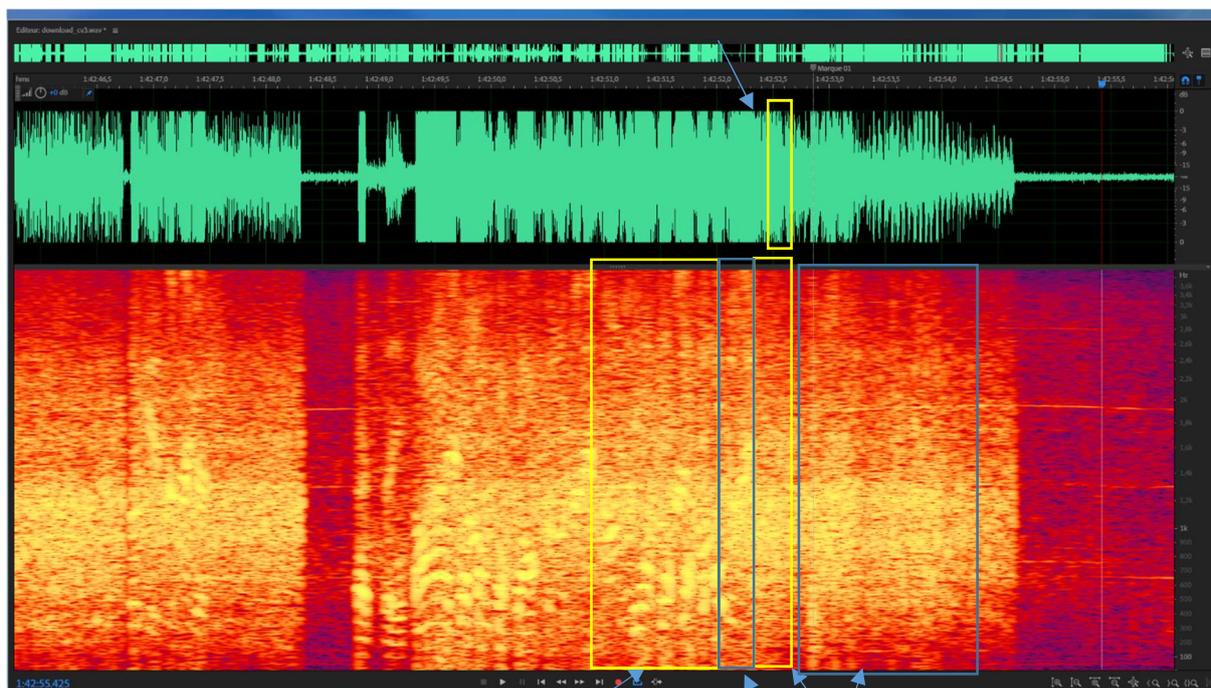


Figure 3 : Spectre enregistrement CV3 du FENNEC au moment de l'incident

« Tire, tire, tire, hop ! »

Impact

Pas de paroles

3. CONCLUSION

Sur l'enregistrement provenant du micro CAM comme sur l'enregistrement des micros pilotes/copilotes CV2 et CV3, l'impact est audible et visualisable sur le spectre de l'enregistrement. Cependant, le bruit de l'impact ne se distingue pas de l'ambiance sonore, il est en partie masqué par le bruit généré par le rotor du Fenec dû à la porte latérale ouverte.