



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-S-2014-022-I

Date de l'évènement	14 novembre 2014
Lieu	2 km au large de Carry-le-Rouet (13)
Type d'appareil	EC 145
Immatriculation	F-ZBPN - n° 9023
Organisme	Sécurité civile
Unité	Base hélicoptère sécurité civile de Marignane

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

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

Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre.

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

UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : DGA/CEV

Photos :

- Page 10 : SDIS 13
- Pages 16 à 19 : sécurité civile

Illustrations :

- Pages 8, 9 et de 24 à 27 : BEAD-air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	6
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Tués et blessés	9
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.7. Conditions météorologiques	15
1.8. Aides à la navigation	15
1.9. Télécommunications	15
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	16
1.11. Enregistreurs de bord	16
1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur les pales endommagés	16
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	19
1.14. Incendie	20
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	20
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	21
1.18. Renseignements supplémentaires	22
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	22
2. Analyse	23
2.1. Expertises	23
2.2. Séquence d'évènements ayant conduit à l'incident	23
2.3. Recherche des causes de l'incident	27
3. Conclusion	31
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	31
3.2. Cause de l'évènement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	33
ANNEXES	34
ANNEXE 1 EXTRAIT DU GUIDE D'EXECUTION DES MISSIONS EN MER DU GHSC - JANVIER 2007	35
ANNEXE 2 ECHELLE D'EVALUATION DE L'ETAT DE LA MER – ECHELLE DE DOUGLAS	36
ANNEXE 3 ECHELLE D'EVALUATION DU VENT – ECHELLE DE BEAUFORT	38
ANNEXE 4 EXTRAIT DU RAPPORT D'EXPERTISE CABLE	39

GLOSSAIRE

ADF	<i>air directional finder</i>
AM	<i>amplitude modulation</i> - modulation d'amplitude
CEMPN	centre d'expertises médicales du personnel navigant
CODIS	centre opérationnel départemental d'incendie et de secours
CPEC	consignes permanentes d'entraînement et de contrôle
CVFDR	<i>cockpit voice & flight data recorder</i> - enregistrer de voix et paramètres de vol
DGGN	direction générale de la gendarmerie nationale
DGSCGC	direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
FM	<i>frequency modulation</i> - modulation de fréquence
FMS	<i>flight managment system</i>
Ft	<i>feet</i> - pied (1 ft \approx 0,30 mètre)
GRIMP	groupement de reconnaissance et d'intervention en milieu périlleux
GTM	groupe turbomoteur
GHSC	groupement d'hélicoptères de la sécurité civile
IMO	instructeur missions opérationnelles
IMOB	instructeur mécanicien opérateur de bord
JVN	jumelle de vision nocturne
KT	<i>knot</i> - nœud (1 kt \approx 1,852 km/h)
MOB	mécanicien opérateur de bord
NSI	niveau de soutien industriel
NSO	niveau de soutien opérateur

PCB	pilote commandant de bord
PF	pilote en fonction
SAMAR	sauvetage maritime
SATER	sauvetage terrestre
SAV3	chef de bord côtier
SDIS	service départemental d'incendie et de secours
STEP	<i>Sequential timed events plotting procedures</i>
VHF	<i>very high frequency</i>
UHF	<i>ultra high frequency</i>

SYNOPSIS

Date de l'événement : 14 novembre 2014 à 09 h 48

Lieu de l'événement : 2 km au large de Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône)

Organisme : sécurité civile

Commandement organique : groupement d'hélicoptères de la sécurité civile (GHSC)

Unité : base hélicoptère sécurité civile de Marignane

Aéronef : EC 145

Nature du vol : exercice de treuillage en mer sur embarcation

Nombre de personnes à bord de l'hélicoptère : 6 (4 membres d'équipage, 2 partenaires)

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Dans le cadre d'un exercice semestriel de treuillage en mer, le 14 novembre 2014 à 09 h 45, un EC 145 de la sécurité civile rejoint un bateau semi-rigide du centre du service départemental d'incendie et de secours des Bouches-du-Rhône (CSDIS13) au large de Carry-le-Rouet. La mer est agitée. Lors de la dépose du premier sauveteur, le crochet se coince à l'arrière de l'embarcation, le câble se tend et se rompt. L'hélicoptère rejoint la base de Marignane et se pose.

Les pales de l'hélicoptère sont endommagées. Les occupants sont indemnes.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense - air (BEAD-air)
- Un enquêteur de premières informations (EPI)
- Un pilote ayant une expertise sur EC 145
- Un mécanicien de bord treuilliste ayant une expertise sur EC 145
- Un médecin breveté de médecine aéronautique

Autres experts consultés

- Laboratoire de restitution d'enregistreur d'accidents de la direction générale de l'armement (RESEDA)
- Laboratoire technique aéronautique de la direction générale de l'armement (DGA TA)

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu de l'incident le vendredi 14 novembre 2014 à 11 h 35 par le bureau des moyens aériens de la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC). Un EPI de Nîmes est désigné et se rend aussitôt sur les lieux.

Le directeur d'enquête se met en route vers l'aéroport de Marseille - Provence le lundi 17 novembre. Le groupe d'enquête est réuni le même jour.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Contexte du vol

Dans le cadre du maintien des compétences de ses personnels amenés à travailler en mono pilote, la base hélicoptère de la sécurité civile de Marignane planifie une mission d'entraînement semestriel au treuillage sur bateau (code mission TRSBK) contrôlée par un IMO (instructeur missions opérationnelles).

Ce jour-là, le pilote en place droite et le MOB sont respectivement évalués par l'IMO et par l'IMOB (instructeur mécanicien opérateur de bord). Ce contrôle a été planifié en fonction de la disponibilité des participants qui ne sont pas tous basés sur Marignane.

1.1.2. Mission

Indicatif mission : DRAGON 131

Type de vol : VFR

Type de mission : entraînement semestriel à l'hélitreuillage SAMAR de jour

Dernier point de départ : crique travers ouest Sausset-les-Pins (Bouches-du-Rhône)

Heure de départ : 09 h 37

Point d'atterrissage prévu : base hélicoptère de la sécurité civile de Marignane

1.1.3. Déroulement

1.1.3.1. Préparation du vol

L'équipage de DRAGON 131 se regroupe au sein de la base hélicoptère de Marignane. Le briefing de la mission réunit le moniteur PCB-IMO, le PF qui occupera la place droite, l'IMOB instructeur treuilliste et le MOB. Un second briefing est prévu à Sausset-les-Pins avec les sauveteurs du SDIS13 qui vont participer à la mission. Il est prévu de présenter deux équipements : la corde antirotation, dont l'emploi est conseillé en cas de treuillage de civière, et une « valise enfant » spécifique au sauvetage d'enfant en milieu marin.

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

Conformément à la planification, l'hélicoptère décolle de la base de Marignane à 09 h 37 et rejoint le lieu de rendez-vous à une hauteur supérieure à 1 000 ft. Il se pose à 09 h 54 et la séance de briefing avec les sauveteurs est réalisée. A 10 h 26, l'hélicoptère redécolle avec 2 plongeurs sauveteurs destinés à être hélitreuillés en mer dans le cadre de la mission. L'hélicoptère transite en très basse altitude et recherche un secteur où la houle est moins importante. Une fois la zone identifiée, deux 360 d'attente sont pratiqués pour laisser le temps au bateau semi-rigide de rejoindre la position. La mer chahute durement l'embarcation de 7,5 mètres de long. Son pilote est contraint de réduire sa vitesse pour ne pas trop malmener les occupants.

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

Une fois en position, le pilote prend une route approximativement face au vent et descend à une cinquantaine de pieds mer. Une fois stable, il prend une légère vitesse d'avancement. Le bateau vient se placer en dessous et le premier plongeur sauveteur est descendu à l'aide du treuil. Une fois le plongeur proche de l'eau, le bateau manœuvre pour que celui-ci prenne pied à bord. Une fois sur le pont, le plongeur détache son interface et accompagne vers le haut le crochet qui, sur un mouvement de mer, lui échappe. Animé par un mouvement de balancier, le crochet va se coincer à l'arrière du bateau entre les deux moteurs et leur barre de protection. Le bateau redescend sur une vague plus importante que les autres. Malgré les efforts de l'équipage, les mobiles s'écartent l'un de l'autre. Le câble se tend et casse soudainement.

Le câble amputé de quelques centimètres remonte violemment vers le rotor principal. L'équipage ne ressent aucune vibration ou difficulté concernant le pilotage de la machine et décide de mettre le cap sur Marignane où il atterrit à 10 h 43. Le MOB met à profit ce trajet pour enrouler le câble jusqu'à la première partie endommagée.



Reconstitution de la trajectoire de l'EC 145 effectuée à partir des enregistrements du CVFDR¹

¹ Cockpit voice & flight data recorder.

1.1.4. Localisation

- Lieu : 2 km au large de Carry-le Rouet
 - pays : France
 - département : Bouches-du-Rhône
 - commune : Carry-le-Rouet
 - coordonnées géographiques : N 43°18'53'' ; E 005°05'39''
 - hauteur : 50 ft/mer
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement : aéroport de Marignane (16 km)



Vue aérienne de la trajectoire suivie par l'EC 145

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	4+2 (plongeurs)	2	2 dans le bateau semi-rigide

1.3. Dommages à l'aéronef

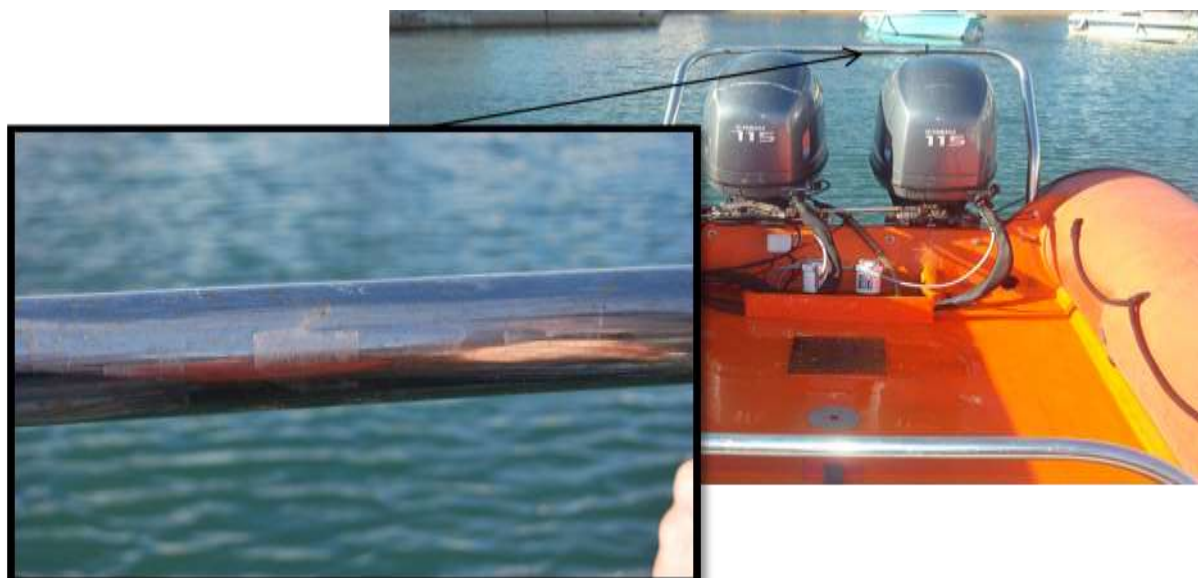
Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
EC 145 n°9023			X	

1.4. Autres dommages

Présence d'une abrasion provoquée par le câble sur l'embarcation des pompiers du SDIS 13.



Vue d'ensemble du bateau semi-rigide



Zoom sur l'abrasion relevée sur la barre de protection des moteurs du bateau semi-rigide

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord (IMO)

- Age : 55 ans
- Unité d'affectation : base hélicoptère de la sécurité civile de Cannes
- Fonction dans l'unité : pilote et instructeur pilote
- Formation : pilote d'hélicoptère militaire ALAT
 - qualifications :
 - *Type Rating Examiner (TRE)*
 - *Instrument Rating Examiner (IRE)*
 - *Flight Instructor Examiner (FIE)* sur EC 145
 - école de spécialisation : école d'application de l'aviation légère de l'armée de terre (EAALAT)
 - année de sortie d'école : 1981
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont EC 145	sur tout type	dont EC 145	sur tout type	dont EC 145
Total (h)	8 106	2 500	223	223	13	13

- Date du dernier vol de jour sur EC 145 : 13 novembre 2014
- Nombre de treuillages : plus de 4 300

1.5.1.2. Pilote en fonction (PF)

- Age : 47 ans
- Unité d'affectation : groupe de soutien opérationnel de Nîmes (personnel de complément sur 20 bases potentielles hors montagne)
- Fonction dans l'unité : pilote
- Formation : pilote d'hélicoptère militaire Marine
 - qualifications :
 - CPL IR sur EC 145
 - instructeur pilote professionnel
 - instructeur IFR
 - école de spécialisation : cursus pilote d'hélicoptère Marine
 - année de sortie d'école : 1993

- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	Sur EC 145	sur tout type	Sur EC 145	sur tout type	Sur EC 145
Total (h)	5 000	2 200	100	100	10	10

- Date du dernier vol de jour le 01 novembre 2014
- Nombre de treuillages : plus de 7 450

1.5.1.3. Mécanicien opérateur de bord

- Age : 42 ans
- Unité d'affectation : base hélicoptère de la sécurité civile de Marignane
- Fonction dans l'unité : mécanicien opérateur de bord
- Formation :
 - qualification : mécanicien opérateur de bord
 - école de spécialisation : BTS de maintenance hélicoptère. Mécanicien hélicoptère civil engagé sécurité civile en 2002 enrichie d'une formation MOB sous forme de stages réalisés au centre de formation de Nîmes. Depuis 2003 sur EC 145
 - année de sortie d'école : 2003
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	Dont EC 145	sur tout type	Sur EC 145	sur tout type	Dont EC 145
Total (h)	2 300	2 300	160	160	16	16

- Date du dernier vol de jour : 12 novembre 2014
- Nombre de treuillages : plus de 3 400

1.5.1.4. Instructeur mécanicien opérateur de bord

- Age : 61 ans
- Unité d'affectation : base hélicoptère de la sécurité civile de Perpignan
- Fonction dans l'unité : mécanicien opérateur de bord depuis 2004 sur EC145
- Formation : mécanicien de bord puis mécanicien navigant dans l'ALAT, mécanicien de bord au SDIS.
 - qualification : instructeur mécanicien de bord
 - école de spécialisation : école du matériel ALAT à Bourges puis à Le Cannet-des-Maures pour devenir navigant
 - année de sortie d'école : 1973

- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	Sur EC 145	sur tout type	Sur EC 145	sur tout type	Sur EC 145
Total (h)	7 000	2 500	200	200	30	30

- Date du dernier vol de jour : 13 novembre 2014
- Nombre de treuillages : plus de 7 700

1.5.2. Pilote de l'embarcation

- Age : 38 ans
- Unité d'affectation : SDIS Martigues
- Fonction dans l'unité : chef de bord côtier (SAV3) – chef d'unité GRIMP (IMP3)
- Formation : pompier volontaire professionnel depuis 1997, sans restriction d'emploi
 - qualification : SAV3 et IMP3
 - école de spécialisation : tronc commun réalisé, pas d'école spécifique
 - année de sortie d'école : sans objet
- Activité : 3 à 4 sorties en mer par an. Pas de minima d'activité après obtention de la licence

1.5.3. Sauveteur plongeur pompier, hélitreuillé lors de l'incident

- Age : 40 ans
- Unité d'affectation : SDIS Vitrolles
 - fonction dans l'unité : sauveteur plongeur
- Formation : 5 ans au bataillon des marins pompiers de Marseille, puis engagement au SDIS en 1998 pour devenir plongeur sauveteur. Sur EC 145 depuis 2006

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : sécurité civile
- Commandement organique d'appartenance : groupement d'hélicoptères de la sécurité civile (GHSC)
- Base de stationnement : aéroport de Marseille - Provence
- Unité d'affectation : base hélicoptère sécurité civile de Marignane
- Type d'aéronef : BK117 C2 commercialisé sous l'appellation EC 145
 - configuration : treuil à droite, banquette cargo à gauche, flottabilité (SAMAR)
 - armement : néant

- Caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol total	Heures de vol depuis visite 50h	Heures de vol depuis Visite 800h
Cellule	BK11C-2F	9023	5 282	40	449
Moteur droit	ARRIEL 1E2	18650	2 834	40	449
Moteur gauche	ARRIEL 1E2	18857	3 471	40	449

	Type - série	Numéro	Temps de fonctionnement total	Nombre de cycles	Nombre de cycles depuis
Treuil	44301-10-4	150	135 h 48	1 287	Vérif. à 1 258
Câble	44301-353	S10-13	7 h 18	362	-

1.6.1. Maintenance

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

1.6.2. Performance

L'appareil ne fait l'objet d'aucune restriction ayant un rapport avec l'incident.

1.6.3. Masse et centrage

La masse au décollage est calculée à 3 289 kg et le centrage à 4,453 m. La masse calculée au moment de la rupture du câble est de 3 069 kg. Ces valeurs témoignent d'un emploi de l'appareil dans les normes de masse et de centrage.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : TR0 F34
- Quantité de carburant au décollage : 400 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 280 kg

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1.1. Prévisions

En surface et dans l'étage inférieur :

Champ de pression atmosphérique inférieur au standard, en baisse lente, associé à un assez rapide courant jet de secteur est-sud-est en basses couches, d'environ 600 m d'épaisseur, advectant de l'air moyennement humide propice à la formation de cumulus faiblement à modérément développés sur le continent. En mer ces cumulus ne sont a priori pas présents. Très bonne visibilité malgré une luminosité amoindrie par une couche nuageuse d'étage supérieur.

1.7.1.2. Observations

Conditions météorologiques estimées au lieu de l'évènement :

- vent moyen du 115 au 120° pour 23 kt, rafales à 33
- visibilité supérieure à 10 km
- nébulosité : couvert au niveau 150, quelques nuages à 2 600 ft
- pression au niveau de la mer : 1 010 hectopascal (hPa)
- température de l'air : 18 °C

Etat de la mer :

- état de la mer : 4
- vagues H 1/3 : 1,20 à 1,30 m
- vagues H maxi : > à 2 m ; (LE PLANIER 2,30 a 2,40 m à 18 km dans le 140)
- longueur d'onde 32 à 36 m
- train d'ondes venant du 120°
- température de surface : 19°C

Les conditions météorologiques observées par l'équipage sont conformes à ces données exceptées pour ce qui concerne la direction du train de houle rapporté du 150.

1.8. Aides à la navigation

L'EC 145 de la sécurité civile est équipé dans sa version de base de :

- FMS² CMA 3000
- 2 VOR + 1 ADF
- Radar météorologique RDR 1400

1.9. Télécommunications

- 2 radios VHF/AM
- 2 radios FM :
 - un poste 85 MHz (air-sol sapeurs-pompiers (SP))
 - un poste 150 MHz (air-sol Marine) (NAT)
- 1 radio P2G permettant liaison numérique ANTARES avec SP

² Flight management System

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

L'EC 145 est équipé :

- d'un enregistreur d'accident de type CVFDR de marque Honeywell International Inc. Celui monté sur l'aéronef impliqué dispose d'une capacité d'enregistrement audio de 2 h 00 et d'une capacité d'enregistrement des données de vol de 50 h 00 ;
- d'un enregistreur de *maintenance usage and monitoring system – solid state quick access memory* (UMS-SSQAR, système de surveillance de l'utilisation – enregistreur à mémoire statique des données de vol) qui enregistre les alarmes et dépassements, les paramètres moteurs ainsi que les paramètres de vol les plus importants.

Les données fournies par CVFDR ont pu être exploitées par le laboratoire de RESEDA.

1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur les pales endommagées

1.12.1. Examen de l'appareil

L'inspection minutieuse de la cellule ne révèle aucun endommagement ou éraflure.

1.12.2. Examen des pales et du treuil



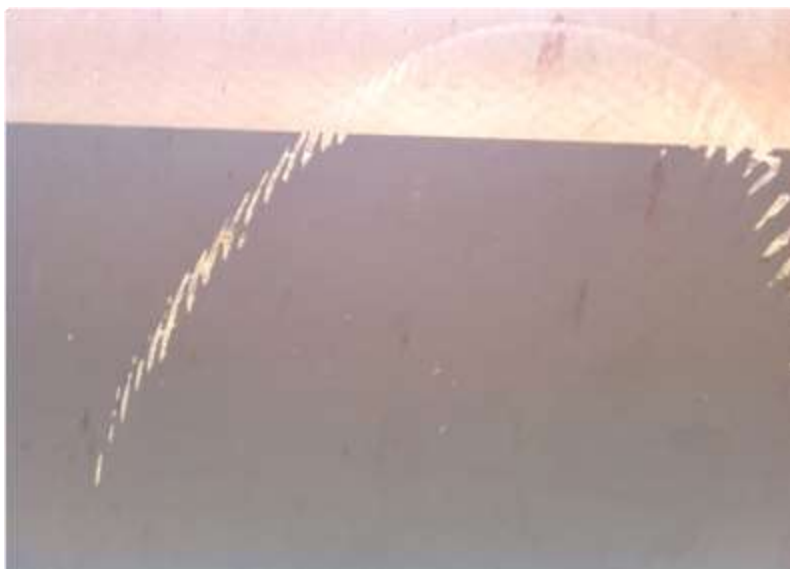
Eraflure intrados de la pale 1



Eraflure sur le bord d'attaque de la pale 1



Eraflure intrados pale 2



Eraflure intrados pale 3



Forme du câble après choc avec une pale



Zoom partie endommagée



Vue d'ensemble du crochet avec sa flottabilité



Vue du morceau de câble encore présent

Vue de la plaque supérieure du crochet

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

Conformément aux consignes permanentes de la sécurité aérienne (CPSA) applicable aux hélicoptères de la sécurité civile, les pilotes doivent satisfaire aux normes de la JAR-FCL3 reprises pour la France dans l'arrêté du 27 janvier 2005 amendé en 2013 relatif à l'aptitude physique et mentale du personnel navigant technique professionnel de l'aéronautique civile (FCL 3).

1.13.1.1. Commandant de bord (PNF-IMO)

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN
 - date : 21 mai 2014
 - résultat : apte pilote classe 1
 - validité : douze mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

1.13.1.2. Copilote, PF place droite

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN
 - date : 4 mars 2014
 - résultat : apte pilote classe 1
 - validité : douze mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

1.13.1.3. MOB

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN
 - date : 10 juillet 2014
 - résultat : apte MOB
 - validité : douze mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

1.13.1.4. IMOB

- Dernier examen médical :
 - type : CEMPN
 - date : 19 juin 2014
 - résultat : apte MOB
 - validité : six mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

1.13.2. Autres personnels

1.13.2.1. Pilote du bateau

Apte à la mission.

1.13.2.2. Pompier sauveteur treuillé

Apte à la mission.

1.14. Incendie

Néant.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16. Essais et recherches

Expertises réalisées à la direction générale de l'armement techniques aéronautiques (DGA TA) à Toulouse :

- la totalité du toron de câble resté encore solidaire du treuil après l'incident ;
- le reliquat du câble et son grain serti extrait du crochet.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. Renseignements relatifs au GHSC³

1.17.1.1. Positionnement du GHSC au sein de la sécurité civile

Les aéronefs de la sécurité civile sont regroupés au sein du groupement des moyens aériens (GMA). Il se compose, d'un échelon central de direction et de coordination, installé en région parisienne, d'un échelon régional sur Marignane qui héberge la base d'avions de la sécurité civile (BASC) et le GHSC basé à Nîmes-Garons.

Le GHSC comprend un échelon central, qui assure le commandement, la coordination et la mise en condition des moyens alloués aux bases hélicoptères. Son commandement s'exerce sur vingt-trois bases (sites permanents) et sur cinq détachements saisonniers, dont quatre sont situés en montagne.

1.17.1.2. Hélicoptères en service

Le GHSC met en œuvre 35 hélicoptères de type EC 145. L'appareil est employé au sein de la sécurité civile depuis 2002. Il est mis en œuvre par des équipages pilote et mécanicien de bord de la sécurité civile.

EC 145 est l'appellation commerciale du BK-117-C2. Il a été fabriqué par la société Eurocopter qui est devenue Airbus Helicopters. Il s'agit d'un hélicoptère biturbine de la classe des 4 tonnes. Il dispose d'une instrumentation moderne du type glass-cockpit ou seuls les instruments secours sont des instruments classiques. Son avionique se compose principalement d'un PA⁴ dit 3 axes (tenue d'attitude), d'un radar météorologique, d'un FMS permettant de réaliser tous types de ratissages en cohérence avec la mission.

Lors de l'emploi de l'hélicoptère pour des missions au-dessus de la terre et de la mer, le treuil est monté du côté droit de la machine sauf en montagne où il est monté à gauche.

1.17.1.3. Renseignement relatif au service départemental d'incendie et de secours des Bouches-du-Rhône (SDIS-13)

Le SDIS-13 assure les opérations de secours à la personne et la gestion de crise en cas de catastrophes majeures, naturelles ou techniques. Il comprend des équipes spécialisées dans différents domaines : « sauvetage-déblaiement », risque chimique, secours en montagne, service nautique et milieu périlleux avec le groupe de recherche et d'intervention en milieu périlleux (GRIMP).

Pour assurer le sauvetage côtier dans la bande des 300 m du littoral, il forme des sauveteurs plongeurs côtiers (SAV2) et des chefs de bords sauveteurs côtiers (SAV3).

1.17.1.4. Positionnement et administration du SDIS13

Le SDIS-13 est administré par un conseil d'administration et un bureau composés de représentants du département, des communes et des établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière de secours et de lutte contre l'incendie.

³ Données établies en décembre 2014.

⁴ Pilote automatique.

La présidence en est assurée par le président du conseil général qui peut soit assumer cette fonction, soit la déléguer à l'un des membres du conseil d'administration.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Principales caractéristiques de l'embarcation utilisée :

- bateau de type semi-rigide ;
- 7,5 mètres de long ;
- 3 m de large ;
- 2 moteurs de 115 CV ;
- masse évaluée au moment de l'évènement : 1 450 kg.

1.18.2. Principales caractéristiques du treuil monté sur EC 145 :

Les EC 145 sont équipés d'un treuil électromécanique à vitesse variable, capable de lever une charge nominale maximale de 289 kg. Le jour de l'évènement ce treuil était monté à droite de la machine.

Il dispose de nombreuses sécurités dont un débrayage automatique à friction chargé de laisser dérouler du câble si la tension devient supérieure de 2,0 à 2,5 fois la charge nominale maximale, soit de 578 à 680 kg.

Il est aussi équipé d'un dispositif de cisaillement pyrotechnique du câble, actionnable soit par le pilote au niveau du manche collectif, soit par le MOB au niveau de sa poignée de commande de treuil.

1.18.3. Principales caractéristiques du câble utilisé et rôle dans l'évènement :

Le câble utilisé est un câble en acier inoxydable de type anti rotation. Sur EC 145, il offre une longueur utilisable de 91 mètres. Il est formé de 19 torons de 7 brins et présente un diamètre de 4,92 millimètres. Sa résistance à la traction maximale dans l'axe est donnée pour 1 481 daN. Il est fabriqué suivant la norme MIL-W-83140.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Néant.

2. ANALYSE

L'évènement est une manœuvre non maîtrisée en stationnaire ayant provoqué la rupture du câble lors d'un exercice de treuillage en mer.

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

2.1. Expertises

2.1.1.1. Synthèse des résultats de l'expertise du câble

Les travaux réalisés dans les laboratoires de DGA TA à Toulouse ont permis de démontrer :

- que la structure physique du câble est conforme à la norme MIL-DTL-83140B du 3 juillet 2004 ;
- que le câble a rompu parce qu'il a été soumis à un effort qui a dépassé la charge limite pour laquelle il a été conçu.

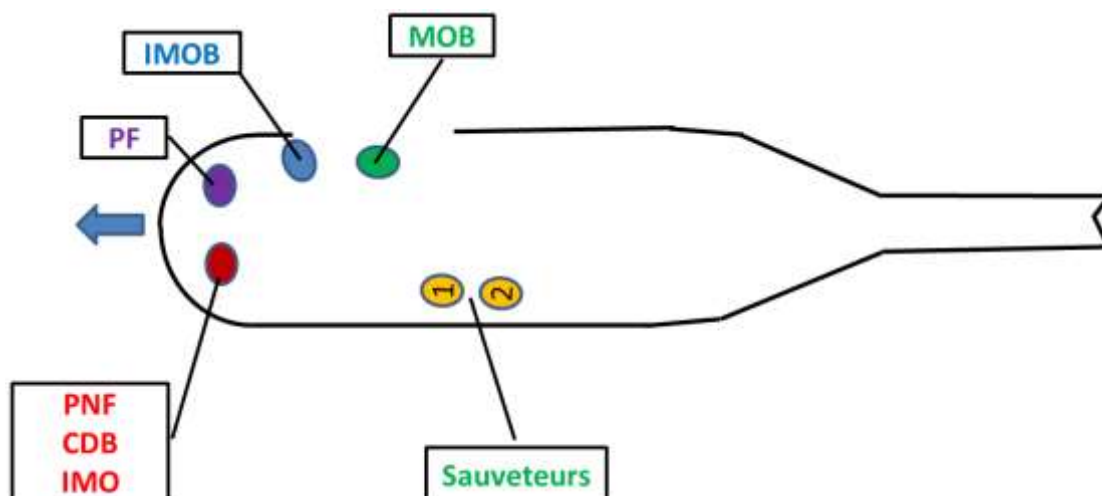
2.1.1.2. Extraction des données du CVFDR

Il a été possible de reconstituer en trois dimensions la totalité du vol grâce à l'exploitation des données du CVFDR.

2.2. Séquence d'évènements ayant conduit à l'incident

Un STEP (*sequential timed events plotting procedures*) est établi à partir des données du FDR croisées avec les témoignages de l'équipage. Les rectangles bleus matérialisent les actions avec entre guillemets les paroles. Le temps décroît jusqu'à l'instant (T0) où le câble rompt.

2.2.1. Positions des personnels dans l'hélicoptère

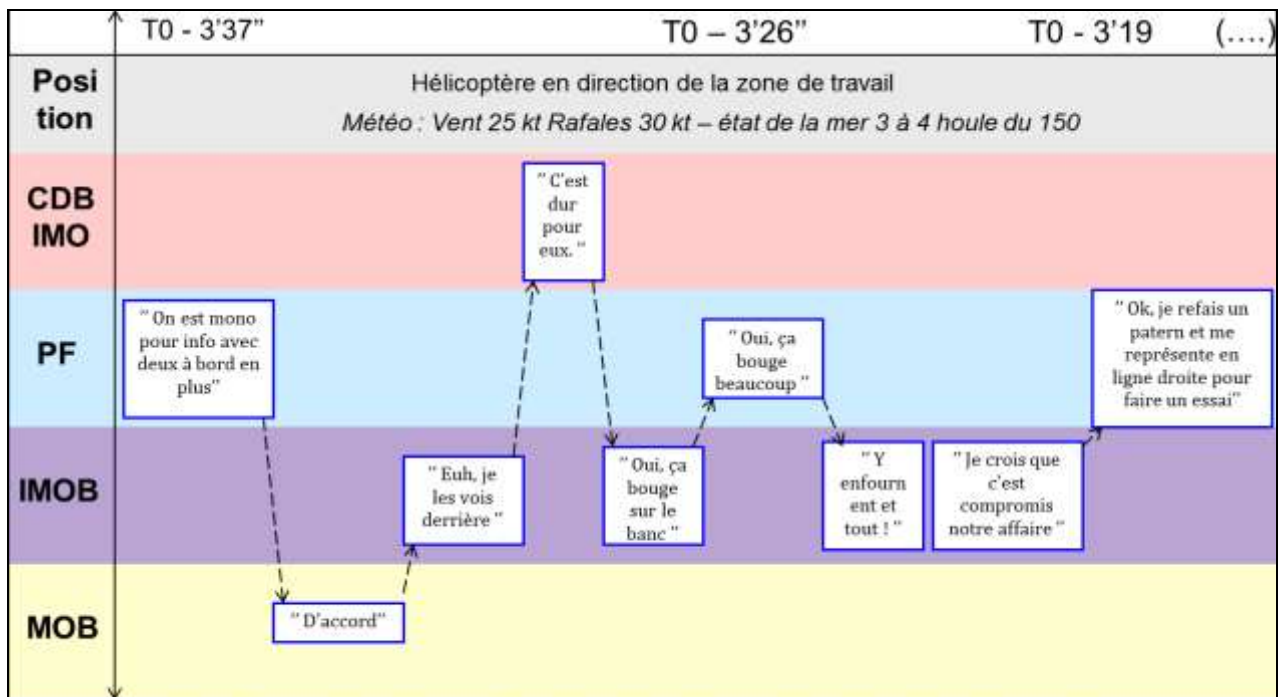


2.2.2. Approche de la zone de treuillage

À 10 h 26, après avoir redécollé de la DZ⁵ proche de Carry-le-Rouet, l'équipage de l'hélicoptère se dirige vers une zone au large où la houle semble moins importante. Pendant le transit, les échanges à bord font état d'une mer agitée qui chahute l'embarcation. Des embruns levés par le vent balaient par moment le pont du bateau. Le pilote du bateau semi-rigide rend compte qu'il est contraint de réduire sa vitesse pour limiter la gêne aux occupants.

2.2.3. Séquence des évènements ayant directement conduit à celui-ci

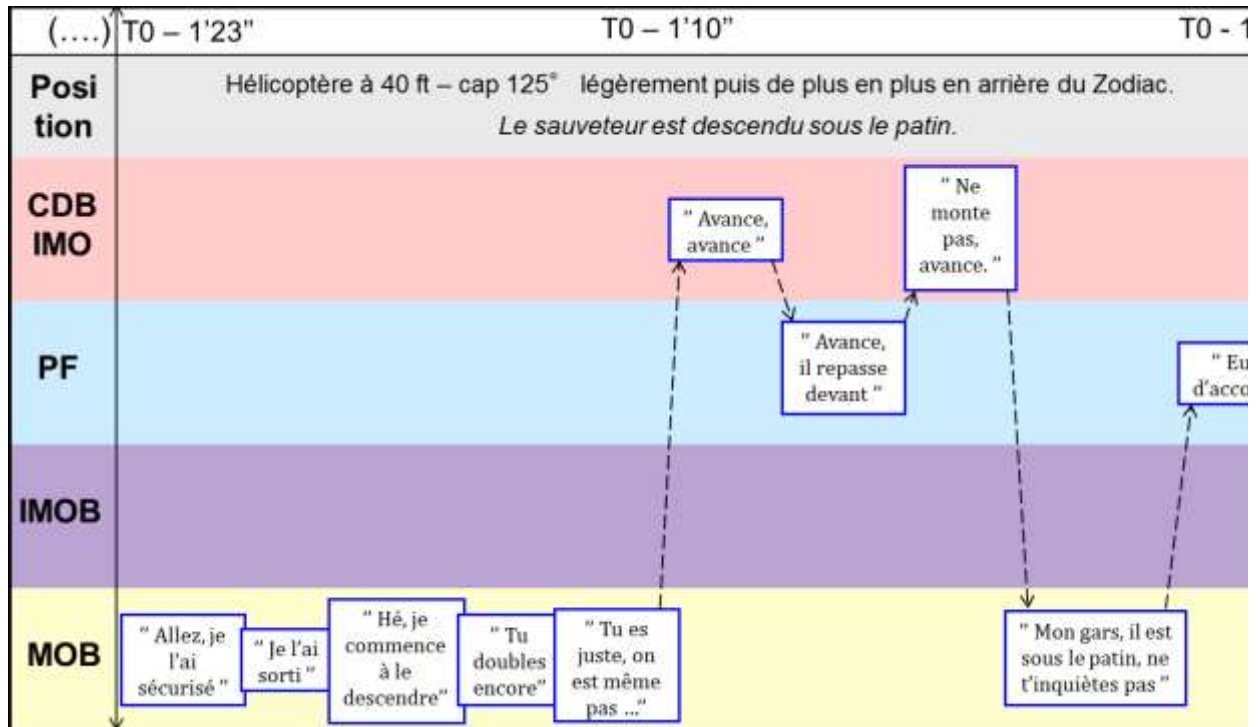
Le vent moyen souffle du 125 à une vitesse moyenne de 25 kt avec des rafales à 30 kt. La mer est de niveau 3 à 4 et le bateau avance face à la houle du 150.



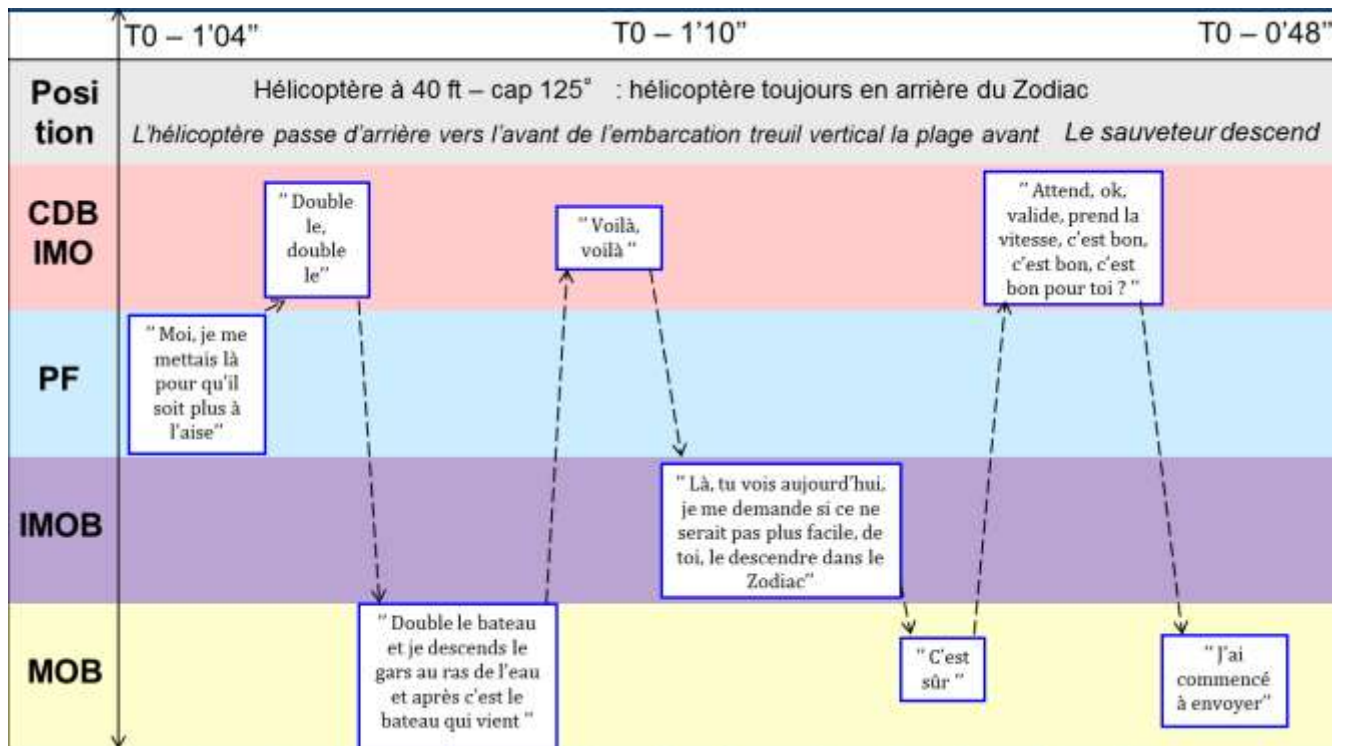
STEP séquence 1/6

De 3'13'' à 1'23'' le pilote de l'hélicoptère réalise un 360 pour laisser le temps au bateau semi-rigide de rejoindre la zone convenue. Le bateau conserve le 150, l'équipage effectue un rapide briefing treuillage et convient de treuiller à 40 ft face au vent. Après accord du PF, le MOB réalise l'ouverture de la porte latérale et débute la procédure de treuillage.

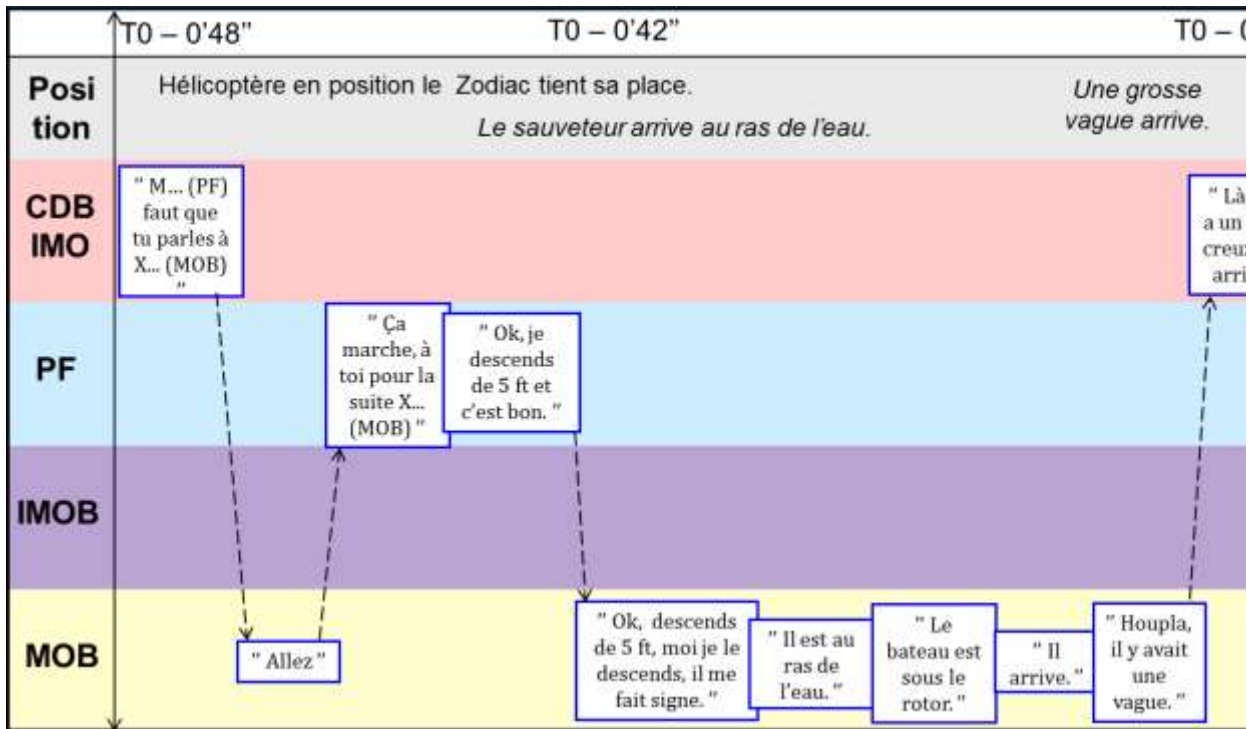
⁵ Drop zone : ici zone de posé



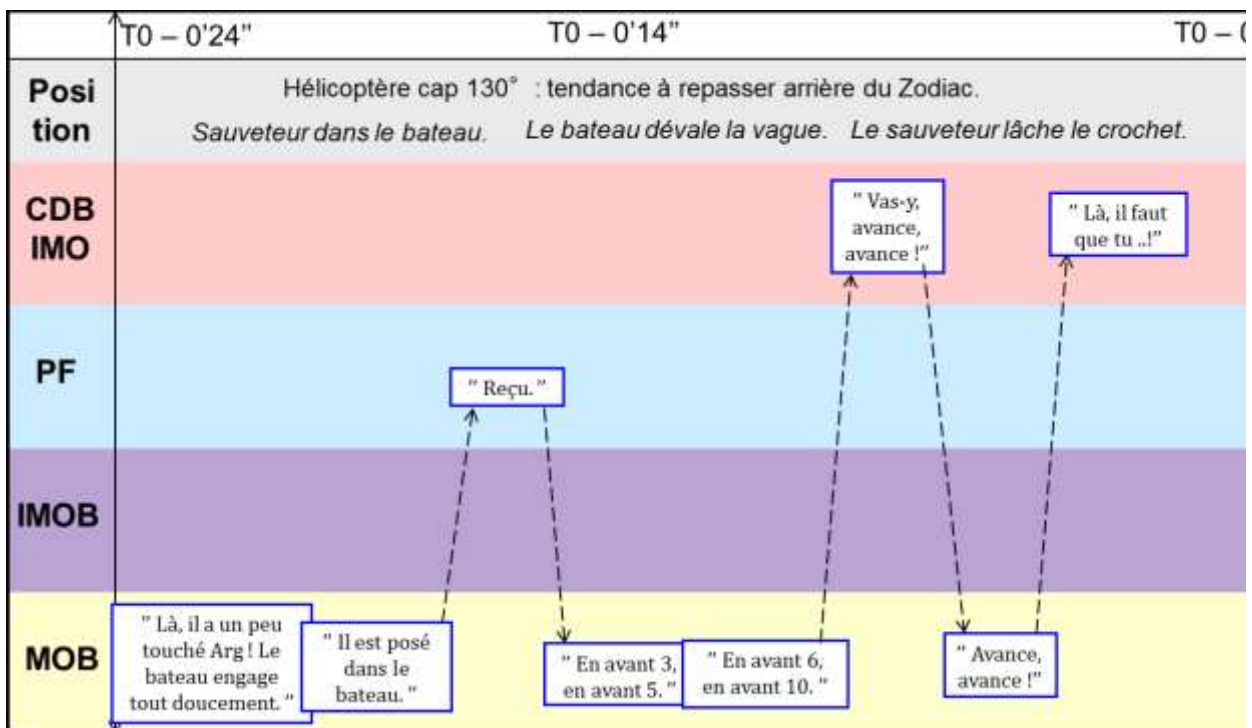
STEP séquence 2/6



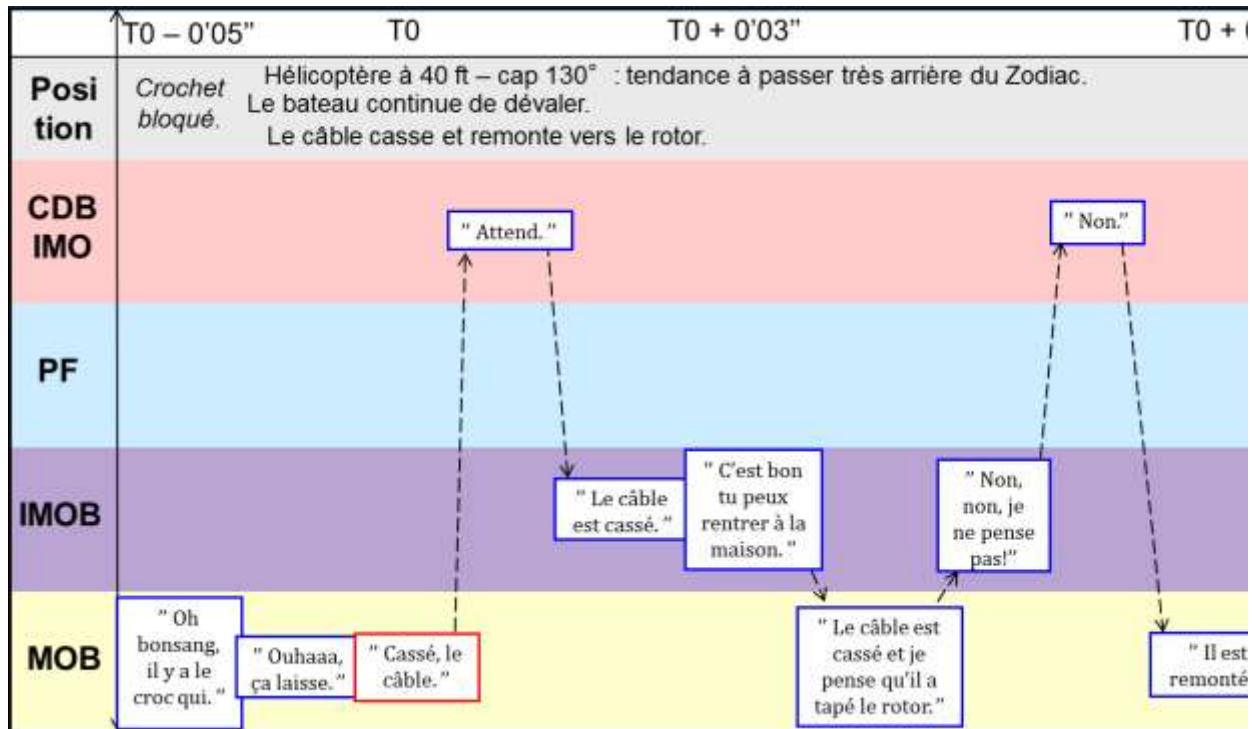
STEP séquence 3/6



STEP séquence 4/6



STEP séquence 5/6



STEP séquence 6/6

Par la suite, l'équipage conclut que le câble en réaction à sa rupture est remonté violemment et a touché le rotor principal. Le pilote ne constate aucune vibration ou modification du pilotage de l'aéronef. L'équipage convient d'un retour direct sur le terrain de Marignane.

2.3. Recherche des causes de l'incident

2.3.1. Causes environnementales

Les conditions météorologiques étaient conformes aux prévisions.

2.3.2. Causes techniques

2.3.2.1. Concernant l'aéronef

Les investigations et le témoignage de l'équipage n'ont révélé aucun dysfonctionnement des commandes de vols ou de la motorisation.

2.3.2.2. Concernant le treuil

Lors de l'événement, les MOB relatent un « coup de fouet » qui correspond à une mise en tension brutale du câble. Dans ce cas, l'embrayage qui est conçu pour protéger le câble des surcharges appliquées progressivement, n'a pas eu le temps de rentrer en action.

2.3.2.3. Concernant le câble

Lors de l'évènement, l'extrémité du câble s'est retrouvée coincée sous la barre de protection des moteurs du bateau semi-rigide. Le bateau a été soumis à un mouvement de mer qui a entraîné son déplacement rapide et a tendu brutalement le câble.

Cet effort de tension s'est transformé en effort de cisaillement au niveau du point de contact avec la barre.

Le câble a cassé car il a travaillé dans une configuration non prévue, en parti enroulé autour de la barre, ce qui explique qu'il ait rompu, au point de contact, siège de l'effort de cisaillement.

En raison de l'énergie emmagasinée, brutalement libérée lors de la rupture, la partie de câble restée libre est remontée violemment, en réaction, en direction du treuil de l'hélicoptère et l'a dépassé pour toucher les pales du rotor principal.

La rupture du câble n'est pas due à une défaillance technique.

Nota : L'annexe 4 présente les résultats de l'expertise du câble incriminé.

2.3.3. Domaines relevant des facteurs humains et organisationnels

2.3.3.1. Nature du vol

Il s'agit d'un vol d'instruction visant à remettre en carte le PF et le MOB. Le vol est réalisé dans le cadre d'un exercice semestriel de treuillage en mer de jour sur embarcation.

2.3.3.2. Composition de l'équipage

Les membres d'équipage de l'hélicoptère appartiennent tous à une unité différente :

- l'IMO est affecté sur la base hélicoptère sécurité civile de Cannes ;
- le PF est affecté au groupe de soutien opérationnel de Nîmes pour apporter un renfort sur les bases du sud-est de la France ;
- le MOB est affecté sur la base hélicoptère de Marignane ;
- l'IMOB est stationné sur la base de Perpignan.

Les membres d'équipage de l'embarcation sont tous pompiers. Le pilote du bateau semi-rigide est affecté à Martigues et le plongeur à Vitrolles.

La diversité des unités d'affectation des participants (cultures locales) est particulièrement marquée. Par ailleurs, ceux-ci n'ont jamais travaillé ensemble et ne se connaissent pas.

La variété des unités d'affectation et le fait que les membres d'équipage ne se connaissent pas peut avoir fragilisé la synergie de l'équipage.

2.3.3.3. Préparation du vol

Deux briefings ont été réalisés : un premier avec l'équipage de l'hélicoptère et un deuxième entre l'équipage de l'aéronef et celui du bateau. D'après les témoignages recueillis, les briefings ont été réalisés de manière approfondie et complète.

La préparation du vol n'appelle pas de remarque particulière.

2.3.3.4. Déroulement du vol

Choix de la procédure

Lors de la planification de l'exercice, l'IMO décide d'appliquer la procédure 3 (cf. annexe 1) où il est prescrit que cette procédure est conseillée lorsque « le vent est nul » et que le souffle de l'hélicoptère risque de gêner l'embarcation secourue.

Le jour de l'évènement, le vent souffle à 25 nœuds, avec des rafales à 30 nœuds et la mer est formée.

L'IMO décide de mettre en œuvre une procédure d'entraînement non adaptée aux conditions météorologiques du jour.

La notion de « vent nul » reste floue, notamment dans un environnement maritime. Cela peut inciter les membres d'équipage à s'adapter en réalisant seuls leur propre évaluation des conditions météorologiques et de faisabilité de la mission.

La documentation disponible ne fixe pas de valeurs chiffrées de vitesse de vent et d'état de la mer, laissant les équipages fixer eux-mêmes leurs limites.

Communication à bord de l'hélicoptère

La mission d'hélicoptère débute. Le premier pompier hélicoptère est déposé sur le bateau sans encombre. L'IMO, qui surveille la mer, annonce un « gros creux ». Quelques secondes plus tard, le bateau prend la houle puis dévale la vague et dépasse de quelques mètres en avant l'hélicoptère.

L'hélicoptère n'est plus à la verticale du bateau. Le pilote du bateau, malgré ses efforts aux commandes, ne peut reprendre sa position. Sur plein réduit, son bateau avance à une vitesse supérieure à celle de l'hélicoptère.

Pour se remettre à la verticale du bateau, le MOB demande au PF d'avancer « en avant 3, en avant 5, en avant 6, en avant 10, avance, avance... ».

Le PF corrige sa vitesse mais de manière trop lente pour réduire l'écart de distance entre les deux mobiles. A cet instant, le câble se coince sur le bateau provoquant la tension de ce dernier puis sa rupture.

Une action plus rapide du pilote visant à réduire l'écart entre le bateau et l'hélicoptère aurait pu éviter la rupture du câble.

Le PF réalise un exercice difficile puisqu'il s'agit d'un stationnaire hors effets de sol et sans référence visuelle :

- il ne voit pas ce qu'il se passe en dessous de lui ;
- il ne se rend pas compte de l'espace qui s'est créé entre l'hélicoptère et le bateau. Les échanges entre les membres d'équipages ne lui ont pas permis d'avoir une bonne compréhension de la situation.

La conscience de la situation est différente pour chaque membre de l'équipage. Cette différence de perception induit des comportements au sein de l'équipage qui vont amener l'hélicoptère dans une situation délicate et conduire à l'incident.

Nature de la mission

Le pilote effectue des corrections de faible amplitude afin de récupérer l'écart de distance entre les deux mobiles. Ce type de pilotage est adapté aux missions de treuillage.

Il peut en outre s'expliquer pour les raisons suivantes :

- évaluation (présence de deux instructeurs à bord) ;
- pratique deux fois par an seulement hors intervention réelle ;
- stationnaire délicat, hors effets de sol et sans référence visuelle sur le bateau ;
- vent soufflant en rafale au-dessus d'une mer agitée ;
- équipage qui ne se connaît pas.

La complexité des éléments contextuels a pu inciter le PF à piloter avec souplesse en limitant ses actions aux commandes.

Qualifications simultanées

L'objectif de cette mission était de reconduire la certification d'un pilote et d'un MOB. Cette séance se déroulait sous le contrôle d'un IMO responsable de mission et commandant de bord de l'aéronef. Le MOB a effectué la séance de treuillage, sous l'œil vigilant d'un instructeur (IMOB).

Le souci d'optimiser le vol au regard des contraintes liées à la disponibilité technique et celle du personnel semble avoir motivé cette double certification.

Le cumul des tâches associé à deux objectifs de formation (certification de deux membres d'équipage sur une même phase de vol) peut générer une surcharge cognitive.

L'instruction au profit de deux membres d'équipage au cours d'une même phase de vol peut contribuer à altérer la synergie de l'équipage.

3. CONCLUSION

L'évènement est une manœuvre non maîtrisée en stationnaire ayant provoqué la rupture du câble lors d'un exercice de treuillage sur une mer agitée.

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

La mission du jour est planifiée pour le contrôle semestriel du PF et du MOB.

L'équipage est expérimenté et provient de lieux de stationnement différents.

La méthode retenue pour déposer les plongeurs dans le bateau est adaptée aux conditions de vents et de mers calme, alors que le vent est fort et la mer agitée.

Au moment de la dépose sur l'embarcation du premier sauveteur, l'hélicoptère se décale et ne maintient pas son stationnaire à la verticale du bateau.

Les corrections effectuées par le pilote ne permettent pas de combler cet écart.

A l'issue de la dépose de ce sauveteur, le crochet part vers l'arrière dans un mouvement de balancier et se coince entre les deux moteurs, sous la barre de protection.

Le décalage existant entre l'hélicoptère et l'embarcation provoque la tension du câble.

Le câble rompt alors qu'il n'est pas vertical et travaille en appui sur la barre de protection.

Le système de débrayage du treuil n'a pas eu le temps de fonctionner au vu de la soudaineté et de la violence du phénomène.

3.2. Cause de l'évènement

Les causes de cet événement relèvent du domaine environnemental et des facteurs humains et organisationnels :

- Causes environnementales :
 - conditions de mer agitée, facteur contributif de cet événement.
- Causes liées aux facteurs humains et organisationnels :
 - défaut de synergie au sein de l'équipage dû au fait qu'il n'a pas l'habitude de travailler ensemble ;
 - choix inadapté de la procédure d'entraînement face aux conditions météorologiques ;
 - consignes imprécises sur les conditions météorologiques admissibles pour ce type d'exercice ;
 - communication insuffisante à bord lors de la phase critique ;
 - une conscience de la situation différente parmi les membres d'équipage, induite par la communication insuffisante ;
 - renouvellement de qualification simultanée pour deux des personnels qui a pu contribuer à altérer la synergie de l'équipage.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Procédure et documentation

L'équipage de l'hélicoptère n'a pas anticipé la difficulté que représenterait le treuillage sur un bateau semi-rigide sur une mer agitée à forte (cf. annexe2). Les textes en vigueur conseillent d'utiliser le mode opératoire 3 lorsque le vent est nul (cf. annexe 1).

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

à la DGSCGC, dans le cadre des missions de treuillages sur embarcation de jour ou de nuit, de mettre en place des limitations de vents et de mer.

Communication, synergie et gestion des ressources au sein de l'équipage

La sécurité d'exécution d'une mission de treuillage en mer repose sur un dialogue efficient et rigoureux au sein de l'équipage.

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

à la DGSCGC de poursuivre l'effort entrepris en matière de formation CRM et d'assurer la plus large diffusion de ce rapport, afin de sensibiliser son personnel sur le risque encouru lorsque les membres d'un équipage ne partagent plus la même conscience de la situation, en particulier dans des phases de vol critiques (près du sol ou de l'eau).

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

Néant.

ANNEXES

ANNEXE 1	Extrait du guide d'exécution des missions en mer du GHSC - Janvier 2007	35
ANNEXE 2	Echelle d'évaluation de l'état de la mer – Echelle de Douglas	36
ANNEXE 3	Echelle d'évaluation du vent – Echelle de Beaufort.....	38
ANNEXE 4	Extrait du rapport d'expertise câble.....	39

ANNEXE 1

Extrait du guide d'exécution des missions en mer du GHSC - Janvier 2007

Treuillage sur embarcation légère (type ZODIAC, ...)

Les méthodes suivantes sont à adopter dans le cas de treuillage sur embarcations légères :

- 1) L'embarcation est stoppée, moteur au point mort et si possible en travers du vent.
L'hélicoptère se présente à la verticale de l'embarcation, à une hauteur suffisante afin de réduire au maximum le souffle du rotor qui peut chasser l'embarcation durant la procédure.

Cette méthode dite du treuillage sans référence est délicate et doit être réalisée suivant les conditions du treuillage sans référence traité ci-après.
- 2) L'hélicoptère se place en stationnaire à proximité immédiate du BLS*.
Le pilote du BLS* vient se positionner à la verticale de l'appareil et effectue les corrections nécessaires pour maintenir cette position.
Méthode conseillée lorsque le souffle généré par l'hélicoptère est défléchi sur l'arrière et ne gêne pas la manœuvre du BLS*.
- 3) L'hélicoptère maintient une route face au vent avec une faible vitesse.
Le pilote du BLS* vient se positionner à la verticale de l'appareil et effectue les corrections nécessaires pour maintenir cette position.
Méthode conseillée lorsque le vent sur l'eau est nul et que le souffle de l'hélicoptère gêne la manœuvre du BLS*.

Nota : Les procédures 1 et 3 ne seront pratiquées qu'avec des Bâtiment léger de Sauvetage (BLS) manœuvrés par du personnel habilité SAV3.

* BLS = Bâtiment léger de sauvetage.

Particularités du treuillage sans référence de jour

Le treuillage sans référence sur but flottant est délicat.

Il faut toujours privilégier un axe de présentation offrant le maximum de référence sur le bâtiment.

Dans certains cas le treuillage sans référence est envisageable sous certaines conditions :

- 1) Le bâtiment devra être stoppé ou maintenir sa position (moteur simplement embrayé mouillage, ...);
- 2) Le guidage doit être précis et le pilote doit anticiper son axe de présentation qui sera l'axe de treuillage final. Tous les ordres de guidages se font par rapport à la ligne de foi de l'hélico;
- 3) La phase de treuillage doit être rapide et la durée de la verticale du point de treuillage doit être minimale;
- 4) Le pilote exécutera les ordres de guidage en prenant comme référence tout repère visible à la surface de l'eau.

Danger du souffle rotor :

La hauteur du treuillage devra être choisie en sachant que pour le treuillage sur un petit bateau sans être, le souffle du rotor aura tendance à le chasser et sur un bateau ancré, celui-ci risque de tourner autour de son point d'ancrage.

ANNEXE 2

Echelle d'évaluation de l'état de la mer – Echelle de Douglas

Treuillage sur embarcation légère (type ZODIAC,...)

Les méthodes suivantes sont à adopter dans le cas de treuillage sur embarcations légères :

- 1) L'embarcation est stoppée, moteur au point mort et si possible en travers du vent.
L'hélicoptère se présente à la verticale de l'embarcation, à une hauteur suffisante afin de réduire au maximum le souffle du rotor qui peut chasser l'embarcation durant la procédure.

Cette méthode dite du treuillage sans référence est délicate et doit être réalisée suivant les conditions du treuillage sans référence traité ci-après.
- 2) L'hélicoptère se place en stationnaire à proximité immédiate du BLS*.
Le pilote du BLS* vient se positionner à la verticale de l'appareil et effectue les corrections nécessaires pour maintenir cette position.
Méthode conseillée lorsque le souffle généré par l'hélicoptère est défléchi sur l'arrière et ne gêne pas la manœuvre du BLS*.
- 3) L'hélicoptère maintient une route face au vent avec une faible vitesse.
Le pilote du BLS* vient se positionner à la verticale de l'appareil et effectue les corrections nécessaires pour maintenir cette position.
Méthode conseillée lorsque le vent sur l'eau est nul et que le souffle de l'hélicoptère gêne la manœuvre du BLS*.

Nota : Les procédures 1 et 3 ne seront pratiquées qu'avec des Bâtiment léger de Sauvetage (BLS) manœuvrés par du personnel habilité SAV3.

* BLS = Bâtiment léger de sauvetage.

Particularités du treuillage sans référence de jour

Le treuillage sans référence sur but flottant est délicat.

Il faut toujours privilégier un axe de présentation offrant le maximum de référence sur le bâtiment.

Dans certains cas le treuillage sans référence est envisageable sous certaines conditions :

- 1) Le bâtiment devra être stoppé ou maintenir sa position (moteur simplement embrayé, mouillage, ...) ;
- 2) Le guidage doit être précis et le pilote doit anticiper son axe de présentation qui sera l'axe de treuillage final. Tous les ordres de guidages se font par rapport à la ligne de foi de l'hélico ;
- 3) La phase de treuillage doit être rapide et la durée de la verticale du point de treuillage doit être minimale ;
- 4) Le pilote exécutera les ordres de guidage en prenant comme référence tout repère visible à la surface de l'eau.

Danger du souffle rotor :








La hauteur du treuillage devra être choisie en sachant que pour le treuillage sur un petit bateau sans être, le souffle du rotor aura tendance à le chasser et sur un bateau ancré, celui-ci risque de tourner autour de son point d'ancrage.

Degré	Qualification de l'état de la mer	Hauteur des vagues
0	Mer calme : mer sans ride	hauteur nulle, mer complètement dépourvue de vague
1	Mer calme : mer ridée	des rides ou vagues jusqu'à 0,10 m de hauteur
2	Mer belle : se couvrant de vaguelettes	de 0,10 m à 0,50 m inclus
3	Mer peu agitée	de 0,50 m à 1,25 m
4	Mer agitée	de 1,25 m à 2,50 m
5	Mer forte	de 2,50 m à 4 m
6	Mer très forte	de 4 m à 6 m
7	Mer grosse	de 6 m à 9 m
8	Mer très grosse	de 9 m à 14 m
9	Mer énorme	plus de 14 m

Nota : Les vagues sont formées par le vent. Quand ce dernier faiblit ou quand les vagues se propagent en dehors de la zone exposée au vent, c'est ce qu'on appelle la houle.

ANNEXE 3

Echelle d'évaluation du vent – Echelle de Beaufort

Force	Termes	Symboles (1)	Vitesse en nœuds	Vitesse en kilomètres par heure	État de la mer	Effets à terre
						(à 10 m de hauteur, en terrain plat et à découvert)
0	Calme		moins de 1	moins de 1	La mer est comme un miroir, lisse et sans vague.	La fumée monte verticalement. Les feuilles des arbres ne témoignent aucun mouvement.
1	Très légère brise		1 à 3	1 à 5	Quelques rides ressemblant à des écailles de poisson, mais sans aucune écume	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.
2	Légère brise		4 à 6	6 à 11	Vaguelettes ne déferlant pas	On sent le vent sur le visage. Les feuilles s'agitent. Les girouettes s'orientent.
3	Petite brise		7 à 10	12 à 19	Très petites vagues. Les crêtes commencent à déferler. Écume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars	Les drapeaux flottent au vent. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.
4	Jolie brise		11 à 16	20 à 28	Petites vagues, de nombreux moutons	Les poussières s'envolent. Les petites branches plient.
5	Bonne brise		17 à 21	29 à 38	Vagues modérées, moutons, éventuellement embruns	Le tronc des arbustes et arbrisseaux en feuilles balance. La cime de tous les arbres est agitée. Des vaguelettes se forment sur les eaux intérieures.
6	Vent frais		22 à 27	39 à 49	Crêtes d'écume blanches, lames, embruns	On entend siffler le vent. Les branches de large diamètre s'agitent. Les parapluies sont susceptibles de se retourner.
7	Grand frais		28 à 33	50 à 61	Trainées d'écume, lames déferlantes	Tous les arbres balancent. La marche contre le vent peut devenir difficile.
8	Coup de vent		34 à 40	62 à 74	Tourbillons d'écumes à la crête des lames, trainées d'écume	Les branches sont susceptibles de casser. La marche contre le vent est très difficile, voire impossible.
9	Fort coup de vent		41 à 47	75 à 88	Lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns	Le vent peut légèrement endommager les bâtiments : envols de tuiles, d'ardoises, chutes de cheminées.
10	Tempête		48 à 55	89 à 102	Conditions exceptionnelles : Très grosses lames à longue crête en panache. L'écume produite s'agglomère en larges bancs et est soufflée dans le lit du vent en épaisses trainées blanches. Dans son ensemble, la surface des eaux semble	Dégâts importants aux bâtiments. Les toits sont susceptibles de s'envoler.
11	Violente tempête		56 à 63	103 à 117	Conditions exceptionnelles : Lames exceptionnellement hautes (les navires de petit et moyen tonnage peuvent, par instant, être perdus de vue). La mer est complètement recouverte de bancs d'écume blanche élongés dans la direction du vent. Partout, le bord de la crête des lames est soufflé et donne de la mousse. Visibilité réduite.	Ravages étendus et importants.
12	Ouragan ou bombe météorologique au-dessus du 40° parallèle		égal ou supérieur à 64	supérieur à 118	Conditions exceptionnelles : L'air est plein d'écume et d'embruns. La mer est entièrement blanche du fait des bancs d'écume dérivants. Visibilité fortement réduite	Dégâts très importants de l'ordre de la catastrophe naturelle.

(1) Les symboles donnent la vitesse et la direction du vent en nœuds sur une carte. Ils ne sont pas directement liés à l'échelle de Beaufort.

ANNEXE 4

Extrait du rapport d'expertise câble

RAPPORT D'EXPERTISE N° IS-DGATA-MII-P1201621001014-1 F-A	DGA Techniques aéronautiques
---	------------------------------

Les prélèvements pour réaliser les essais de traction ont été effectués dans la zone la plus éloignée possible du dommage afin d'avoir la partie du câble la plus saine possible.

Trois essais de tractions ont été effectués sur la machine FINS 250-02. Les charges à rupture obtenues sont comprises entre 14,68 et 14,91 kN. Des fils se sont rompus avant d'atteindre la valeur de la charge minimale. Il n'a pas été possible de maintenir le palier de 5 secondes. Les courbes de ces essais se trouvent planche n°9.

En toute rigueur, le câble n'a pas respecté les conditions imposées par la norme MIL-DTL-83140B. La rupture des fils durant l'essai de traction est la conséquence du non maintien du palier de la charge. Toutefois ce câble a déjà été sollicité et ne peut être considéré comme un câble neuf. De ce fait les résultats obtenus doivent être interprétés avec précaution. Ils permettent d'avoir un ordre de grandeur sur la valeur de la charge à rupture mais ils ne peuvent avec certitude remettre en cause la conformité du câble avant l'incident.

6. CONCLUSIONS - DISCUSSION

Les différentes observations menées sur le câble de treuil d'EC145 ont permis de déterminer les caractéristiques suivantes du câble :

- Type I - 19x7.
- Ame centrale constituée de 7 torons de 7 fils enroulés à gauche.
- Couche extérieure constituée de 12 torons de 7 fils enroulés à droite.
- Diamètre 3/16inch.
- Poids 6,32pounds pour 100feet (valeur inférieure à environ 2,78%).
- Alliage S30400.

Le câble monté sur le treuil de l'EC145 est le Type I – 19x7 de diamètre 3/16 inch. L'observation du faciès de rupture à cupules avec une déformation plastique importante permet de conclure que le câble s'est rompu sous un effort dépassant la charge limite pour lequel il a été conçu.

Les fils rompus sont concentrés sur une petite longueur de câble, certainement à cause d'une utilisation anormale ou à cause d'une agression mécanique locale. Les déformations de câble telles que torons détendus ou « cages à oiseaux » sont souvent attribuées à des effets dynamiques, choc ou rotation de câble autour de son axe.

Les essais de traction ne permettent pas de conclure sur la conformité ou la non-conformité du câble. Des essais devraient être conduits sur un câble neuf ou un câble en service n'ayant pas subi de charge à rupture afin de conclure sur les résultats des essais de traction. Il serait par ailleurs utile de récupérer les résultats des essais de vérification de conformité de ce câble ou a minima sa déclaration de conformité vis-à-vis des essais de lot spécifiés dans la norme MIL-DTL-83140B paragraphe 4.3.