

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2020-04-A

Date de l'évènement	29 avril 2020
Lieu	Biscarosse (Landes)
Type d'appareil	H-225 M Caracal
Organisme	Armée de l'Air et de l'Espace

AVERTISSEMENT

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 lois et des règlements et relève de la 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

	SIRPA Air	Page de garde
Figures 1 et 2	Géoportail et BEA-É	7 et 8
Figures 3 à 6	BEA-É	14 à 17
Figure 7	ArchiExpo	18
Figures 8 et 9	BEA-É	18 et 19
Figure 10	DGA TA et BEA-É	19
Figures 11 et 12	Goodrich	20
Figure 13	BEA- É	21
Figures 14 à 17	DGA TA et BEA-É	24 et 25
Figures 18 à 21	DGA TA	25 à 27
Figures 22 à 24	Section recherche de la gendarmerie de l'air (SRGA)	27 et 28
Figure 25	SRGA et BEA-É	28
Figure 26	Goodrich, SRGA et BEA-É	29
Figure 27	DGA TA	29
Figures 28 et 29	SRGA	30
Figures 30 à 32	BEA-É	33 à 37
Figure 33	RESEDA et BEA-É	51
Figures 34 et 35	AAE	58
Figures 36 et 37	Goodrich	59

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef et le treuil.....	11
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Télécommunications	13
1.9. Renseignements sur la zone d'entraînement	13
1.10. Enregistreurs de bord.....	13
1.11. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef.....	13
1.12. Renseignements médicaux de l'équipage	15
1.13. Questions relatives à l'organisation des secours.....	16
1.14. Essais et recherches	16
1.15. Renseignements sur l'organisme.....	16
1.16. Renseignements supplémentaires	17
2. Analyse.....	21
2.1. Expertises techniques.....	21
2.2. Séquence de l'évènement	31
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	31
3. Conclusion	41
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	41
3.2. Causes de l'évènement	41
4. Recommandations de sécurité	43
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	43
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	47
ANNEXES.....	50

GLOSSAIRE

AAE	Armée de l'Air et de l'Espace
AE	Autorité d'emploi
AH	Airbus Helicopters
BA	Base aérienne
CRFT	Compte rendu de fait technique
CVR	<i>Cockpit voice recorder</i> - enregistreur des voix du cockpit
DCT	Détenteur du certificat de type
DGA EM	Direction générale de l'armement - Essais missiles
DGA EP	Direction générale de l'armement - Essais propulseurs
DGA TA	Direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques
DMAé	Direction de la maintenance aéronautique
EALAT	École de l'aviation légère de l'armée de Terre
EH	Escadron d'hélicoptères
FDR	<i>Flight data recorder</i> - enregistreur de données de vol
FEA-É	Fiche d'évènement aéronautique d'État
IMES	Instructeur mécanicien de soute
INF	Infirmier
ISPH	Instructeur sauveteur plongeur héliporté
MEB	Manuel d'emploi de base
MEE	Manuel d'entretien équipement
MES	Mécanicien d'équipage de soute
PCB	Pilote commandant de bord
PE	Programme d'entretien
PEA	Programme d'entretien annuel
PF	Pilote en fonction
PMV	Procédures et manuel de vol
SA	Sécurité aérienne
SPH	Sauveteur plongeur héliporté
TB	Téléphone de bord
VSU	Visite systématique en unité

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 29 avril 2020 à 15h41
Lieu de l'évènement : Biscarosse sur le site Landes de DGA EM
Organisme : armée de l'Air et de l'Espace (AAE)
Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)
Unité : escadron d'hélicoptères (EH) 01.067 Pyrénées
Aéronef : H-225 M Caracal, immatriculé F-UGSK
Nature du vol : entraînement
Nombre de personnes à bord : 7

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le mercredi 29 avril 2020, un H-225 M Caracal de l'EH Pyrénées réalise une mission d'entraînement dans une zone du site Landes de DGA EM. Plusieurs exercices de treuillage sont réalisés. Lors du dernier treuillage, alors que deux membres de l'équipage sont à environ cinq mètres sous le marchepied, le treuil se bloque. Il n'est plus opérant en montée mais le reste en descente. L'équipage décide alors de se diriger au plus vite sur une zone dégagée située à proximité afin de déposer les treuillés au sol. Pendant cette manœuvre, le treuil est opéré en descente afin d'accélérer la dépose des treuillés. Après quelques secondes, le câble se rompt subitement entraînant la chute des deux militaires treuillés. L'équipage se pose alors à proximité pour porter secours aux victimes. Une fois les gestes de premiers secours effectués, les deux militaires victimes de la chute sont évacués sur la base aérienne de Cazaux. L'un d'entre eux est déclaré décédé à l'arrivée à Cazaux. L'autre décède dans la nuit.

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 enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur Caracal ;
- un mécanicien ayant une expertise sur Caracal ;
- un mécanicien d'équipage de soute (MES) ayant une expertise sur Caracal ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique ;
- un expert treuillage de direction générale de l'armement - Essais en vol (DGA EV).

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - Techniques aéronautiques (DGA TA) ;
- direction générale de l'armement - Essais propulseurs (DGA EP) ;
- RESEDA¹.

¹ RESEDA : restitution des enregistreurs d'accidents.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne militaire à vue (CAM V)

Type de mission : tenue machine (TM) et exercice de sauvetage terrestre (SATER)

Dernier point de départ : base aérienne (BA) 120 de Cazaux (LFBC)

Heure de départ : 14h05

Point d'atterrissage prévu : BA 120 de Cazaux (LFBC)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

Le mercredi 29 avril 2020, l'EH Pyrénées programme un vol d'entraînement en Caracal de type TM et SATER au site Landes de DGA EM.

L'équipage est constitué :

- d'un pilote commandant de bord (PCB) et d'un copilote de l'EH ;
- d'un mécanicien d'équipage de soute (MES) à l'instruction et d'un instructeur MES (IMES) de l'EH ;
- d'un sauveteur plongeur hélicoptéré (SPH) à l'instruction et d'un instructeur SPH (ISPH) de l'EH ;
- d'un infirmier (INF) de l'antenne médicale de Cazaux.

Le décollage est programmé à 14 heures. La séance de TM consiste en des simulations de « poser poussière ».

La séance de SATER consiste en différents treuillages permettant l'instruction du MES et du SPH.

L'équipage se retrouve à 13 heures pour le briefing avant vol puis embarque à 13h45. L'infirmier, prévenu tardivement, rejoint le reste de l'équipage à l'embarquement. Il est alors briefé par l'ISPH.

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

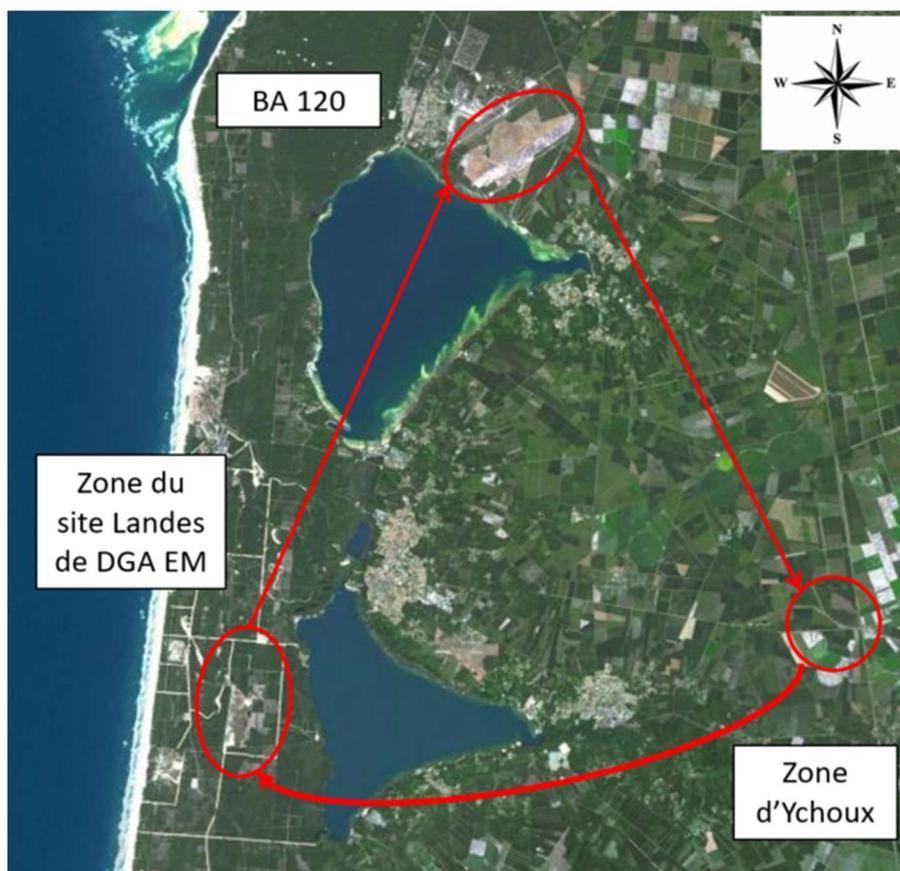


Figure 1 : trajectoire générale du vol

Le Caracal décolle de la BA de Cazaux à 14h05 et se dirige initialement vers la zone dite « d'Ychoux ». Sur cette zone, le MES réalise du travail au mini-manche² puis deux treuillages hydrauliques sans difficulté technique particulière afin de se mécaniser aux procédures. Ces treuillages sont réalisés dans des zones sans obstacle, à des hauteurs d'environ 110 pieds³ puis 130 pieds.

À l'issue, le Caracal se dirige vers le site Landes de DGA EM, dans la zone dite « du rail ».

Les huit treuillages hydrauliques suivants permettent de mettre en place un scénario d'entraînement au profit du MES et du SPH. Ce scénario consiste en la récupération depuis la fenêtre d'un des bâtiments du site Landes de DGA EM d'un mannequin simulant une personne blessée. Ces treuillages sont effectués à des hauteurs comprises entre 70 et 100 pieds. Pendant ceux-ci, une simulation de panne de treuil hydraulique nécessitant de recourir au treuil électrique est réalisée ainsi qu'une simulation de feu moteur.

Les deux derniers treuillages hydrauliques sont réalisés sur deux autres zones au profit du pilote commandant de bord (PCB) qui prend alors les commandes, à des hauteurs respectivement d'environ 70 puis 180 pieds.

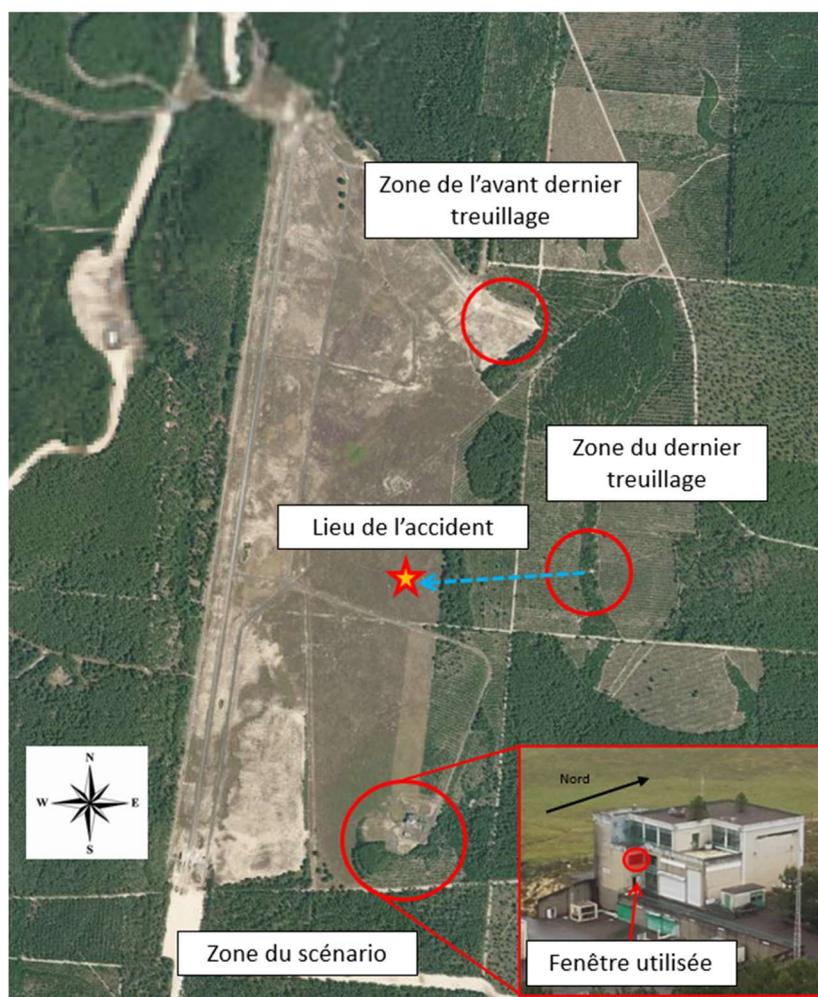


Figure 2 : travail dans la zone du rail, au sein du site Landes de DGA EM

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

Lors du dernier treuillage, le SPH et l'infirmier sont descendus dans une zone en devers proche de la zone dégagée du rail. À la remontée, l'IMES initie un exercice de panne de téléphone de bord (TB)⁴ en débranchant le casque audio du MES. Celui-ci poursuit alors le treuillage en communiquant avec sa main droite selon les signes prévus.

² Le MES dispose d'un mini-manche en soute lui permettant de prendre le contrôle de l'aéronef dans le plan horizontal pour le stabiliser au-dessus de la zone d'hélictreuillage.

³ Un pied vaut environ 0,3 mètre.

⁴ TB : le téléphone de bord est le réseau de communication interne permettant à l'équipage de communiquer.

Lorsque les deux treuillés sont à cinq mètres sous le marchepied, le treuil se bloque. Le MES rebranche alors son casque audio pour informer l'équipage de cette panne. Cependant, l'IMES, qui n'a pas conscience de la panne réelle du treuil, demande au MES de poursuivre sans TB. Le MES fait alors le signe prévu en cas de panne de treuil que l'IMES comprend. Ce dernier reprend le treillage à son compte et informe le reste de l'équipage de la panne réelle de treuil.

La décision est prise de translater vers la zone dégagée du rail pour poser les deux treuillés au sol.

Durant cette manœuvre, l'IMES applique la procédure et se rend compte que le treuil fonctionne en descente. Il propose de débiter le déroulement pour amener les deux treuillés au sol au plus vite. Après quelques secondes de descente, le câble rompt, entraînant la chute des deux militaires treuillés.

L'équipage se pose à une trentaine de mètres des victimes pour leur porter assistance. Les gestes de premiers secours leurs sont prodigués par une partie de l'équipage. Le PCB tente de contacter par radio l'approche de Cazaux et les opérations de l'EH, sans succès. Il contacte alors par téléphone portable le permanent de la section activité aérienne (SAA) de l'EH pour l'informer de la situation et demander les secours.

Afin de ne pas perdre de temps à attendre l'arrivée des secours dans cette zone peu accessible, l'équipage décide de ramener à bord les deux victimes et de rejoindre la base aérienne de Cazaux au plus vite. À l'arrivée, les deux victimes sont prises en charge par les pompiers et l'antenne médicale de la BA 120. Le SPH à l'instruction est déclaré décédé et l'infirmier est évacué par l'hélicoptère de la sécurité civile vers Bordeaux. Il décède dans la nuit.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Landes
 - commune : Biscarosse
 - coordonnées géographiques : N 44°20'40'' / O 001°13'50''
 - hauteur de l'hélicoptère au moment de l'évènement : environ 190 pieds
- Moment : jour
- Zone de poser la plus proche au moment de l'évènement : zone dite « du rail »

1.2. Dommages corporels

Le SPH et l'infirmier sont décédés.

1.3. Dommages à l'aéronef

Il n'y a pas de dommage sur la structure de l'aéronef. Seul le treuil est endommagé.

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. Pilote commandant de bord

- Âge : 34 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - école de spécialisation : école de l'aviation légère de l'armée de Terre (EALAT)
 - qualification : PCB sur Caracal en 2016

– Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225 ⁵	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	1 954	1 745	74	74	19	19

– Date du précédent vol sur H-225 : de nuit le 27 avril 2020

1.5.2. Copilote

- Âge : 32 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - école de spécialisation : EALAT
 - qualification : pilote opérationnel sur Caracal (2018)
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	1 442	398	46	46	15	15

– Date du précédent vol sur H-225 : de jour le 27 avril 2020

1.5.3. IMES

- Âge : 53 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - école de spécialisation : centre d'instruction des équipages de transport (CIET)
 - qualification : MES instructeur sur Caracal (2010)
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	5 632	986	144	144	12	12

– Date du précédent vol sur H-225 : de nuit le 28 avril 2020

1.5.4. MES

- Âge : 25 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - école de spécialisation : CIET
 - qualification : MES à l'instruction sur Caracal (2019)
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	170	170	88	88	12	12

Date du précédent vol sur H-225 : de jour le 27 avril 2020

⁵ Les heures de vol des membres de l'équipage indiquées dans les différents tableaux comprennent celles effectuées sur H-225 et H-225 M Caracal.

1.5.5. ISPH

- Âge : 51 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - école de spécialisation : escadrille d'instruction des SPH de Solenzara
 - qualification : SPH instructeur sur Caracal (2012)
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	2 318	1 000	55	49	4	4

- Date du précédent vol sur H-225 : de nuit le 20 avril 2020

1.5.6. SPH

- Âge : 25 ans
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées
- Formation :
 - qualification : licence de SPH à l'instruction sur Caracal (2019)
 - école de spécialisation : escadrille d'instruction des SPH de Solenzara
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	497	472	285	285	45	45

- Date du précédent vol sur H-225 : de nuit le 27 avril 2020

1.5.7. Infirmier

- Âge : 24 ans
- Unité d'affectation : antenne médicale de Cazaux
- Formation :
 - qualification : diplôme d'état d'infirmier
 - unité de rattachement pour la spécialisation hélicoptère : EH Pyrénées
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225	sur tout type	dont H-225
Total (h)	32	32	17	17	10	10

- Date du précédent vol sur H-225 : de jour le 3 avril 2020

1.6. Renseignements sur l'aéronef et le treuil

- Organisme : AAE
- Commandement d'appartenance : CFA
- Aérodrome de stationnement : BA 120 de Cazaux
- Unité d'affectation : EH 01.067 Pyrénées

– Aéronef :

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis la dernière visite
Cellule	H-225 M Caracal	2802	2 024	VP ⁶ : 66
Moteur gauche	Makila 2A	1035	2 106	VP : 387
Moteur droit	Makila 2A	1094	1 535	VP : 123

– Treuil :

	Type-série	Numéro	Cycles totaux	Cycles restants depuis la dernière visite
Treuil	Treuil à vitesse variable 75 mètres 76368-240-D	301	403	50 U ⁷ : 24
Câble treuil	710696-100	SC1228520-6	372	50 U : 24

1.6.1. Maintenance

1.6.1.1. Aéronef

La maintenance est conforme à l'attendu. L'aéronef est navigable.

1.6.1.2. Treuil

Les dernières opérations de maintenance réalisées par l'EH sur le treuil, le câble et la potence sont :

- pose du câble n° SC1228520-6 sur le treuil n° 301 le 15 janvier 2018 ;
- pose du treuil n° 301 sur la potence n° 2461 entre août 2018 et août 2019 ;
- pose du treuil n° 301 sur la potence n° 2626 en août 2019 ;
- visites 50 U, 500 U⁸ et 1000 U du treuil n° 301 et du câble n° SC1228520-6 le 8 janvier 2020 ;
- visite 50 U du treuil n° 301 et du câble n° SC1228520-6 le 3 mars 2020 ;
- pose de la potence et du treuil n° 301 sur l'EC 725 n° 2802 le 16 mars 2020.

Avant le vol du 29 avril, les opérations de vérifications suivantes ont été réalisées :

- visite liée au vol (VLV, visite réalisée tous les sept jours ou 15 heures de vol) ;
- visite avant vol journalière (VAVJ, visite réalisée avant le premier vol de la journée) ;
- vérification du câble de treuil et de la fonction compression suivant l'EASB⁹ EC725AP//25A040 (vérification réalisée avant le premier vol de la journée).

L'entretien du treuil est conforme au PEA¹⁰.

1.6.2. Performances

Compte tenu de la masse et des conditions de température et d'altitude de vol, l'appareil a des performances compatibles avec la réalisation du vol.

1.6.3. Masse et centrage

- Masse au moment de l'évènement : environ 8 500 kilogrammes
- Le centrage est dans les normes
- Au moment de l'évènement, la charge du treuil était d'environ 160 kg pour une charge utile maximale de 272 kg

⁶ VP : visite périodique.

⁷ 50 U : VP réalisée toutes les 50 utilisations ou tous les 6 mois (la première des deux limites).

⁸ 500 U : VP réalisée toutes les 500 utilisations ou tous les 12 mois ; 1 000 U : VP réalisée toutes les 1 000 utilisations ou tous les 24 mois (la première limite atteinte).

⁹ EASB : *emergency alert safety bulletin*, bulletin urgent d'alerte de sécurité.

¹⁰ PEA : programme d'entretien annuel.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 1 600 kg
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : 680 kg

1.6.5. Autres fluides

- Type de liquide hydraulique utilisé : H-537
- Quantité de liquide hydraulique au décollage : conforme pour le vol

1.7. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques le jour de l'évènement sont compatibles avec la réalisation de la mission et correspondent à une perturbation peu active, avec des pluies faibles et des plafonds élevés.

Au moment de l'accident, les informations météorologiques de l'aérodrome de Biscarosse donnent une visibilité supérieure à 10 kilomètres, un plafond élevé, un vent du sud-ouest d'une dizaine de nœuds et une température de 18 degrés¹¹.

1.8. Télécommunications

Le Caracal est équipé de trois boîtiers radio V/UHF¹². Au moment de l'accident, un boîtier radio permet de contacter le poste de commandement du site Landes de DGA EM, un autre l'approche de Cazaux et le dernier, les treuillés sur la fréquence 123,45 MHz ou celle des opérations de l'EH.

1.9. Renseignements sur la zone d'entraînement

Le site Landes de DGA EM est une vaste zone militaire exploitée par la DGA au sud-ouest de la ville de Biscarosse. Elle s'étend le long de la côte sur plus de 15 000 hectares et correspond à une bande de terre de 25 kilomètres de long sur sept kilomètres de large. Certaines unités de la BA 120 disposent d'un protocole avec la DGA pour y réaliser des activités d'entraînement. Le site, qui présente de nombreux bâtiments inexploités ainsi que de nombreuses zones boisées, est propice à l'entraînement de l'EH Pyrénées. Un contact téléphonique préalable pour connaître l'activité des zones ainsi qu'un contact radiophonique avant pénétration de l'espace aérien sont nécessaires.

1.10. Enregistreurs de bord

Le Caracal n° 2802 est équipé d'un enregistreur de paramètres de vol (*flight data recorder* FDR) et d'un enregistreur des voix du cockpit (*cockpit voice recorder* CVR).

1.11. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef

1.11.1. Examen de la zone de l'évènement

La zone où l'accident a eu lieu est une vaste zone déboisée et plane. Aucun débris n'est retrouvé sur place. Lors de l'évacuation des victimes de l'accident, l'équipage a récupéré leurs équipements de protection individuels ainsi que le morceau de câble rompu et le crochet.

¹¹ METAR LFWC 291330Z AUTO 20009KT CAVOK 18/12 Q1012.

¹² V/UHF : *very/ultra high frequency* : boîtier radio pouvant fonctionner en très haute fréquence ou en ultra haute fréquence.



Figure 3 : vue générale de la zone de l'accident

1.11.2. Examen de l'aéronef

L'aéronef n'a subi aucun dommage pendant l'accident.

1.11.3. Examen du treuil et du câble.

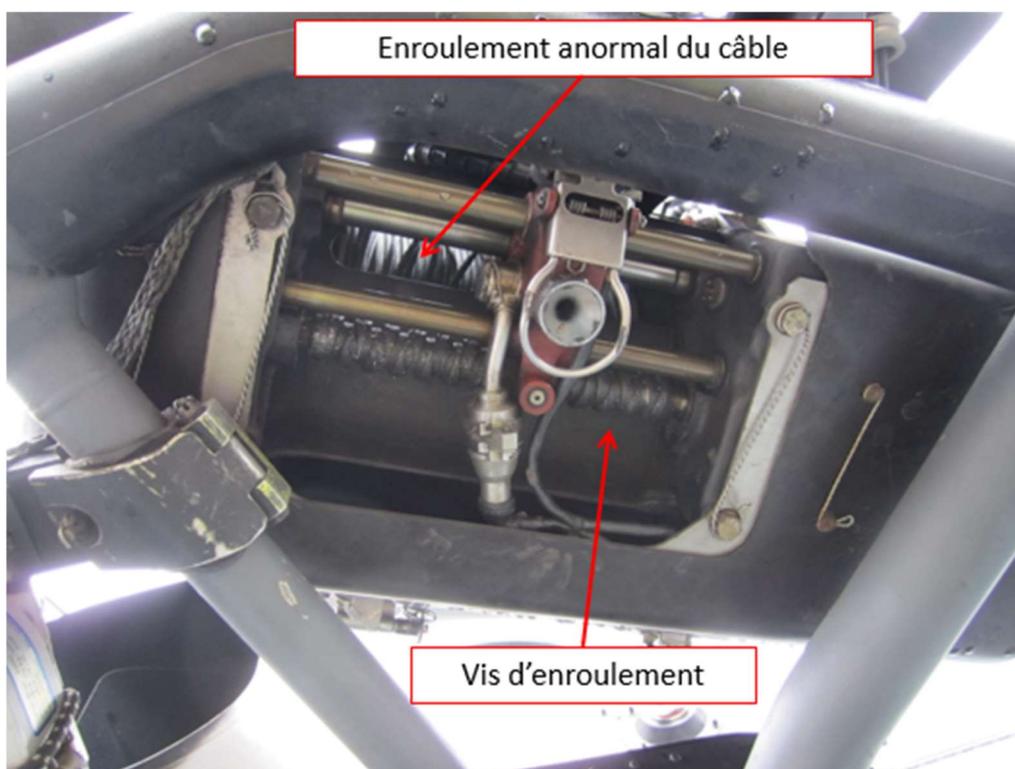


Figure 4 : treuil

Le morceau de câble resté fixé au treuil n'est pas correctement enroulé, au moins sur la rangée extérieure apparente. La vis sans fin est couverte de graisse et de particules.



Figure 5 : dernier mètre du morceau de câble rompu

Le morceau de câble rompu mesure 20,6 mètres. Il est marqué, plié et détoronné¹³ sur le dernier mètre. D'autres endommagements sont visibles sur toute sa longueur.

1.12. Renseignements médicaux de l'équipage

1.12.1. PCB

- Dernier examen médical :
 - type : visite systématique en unité (VSU) le 11 septembre 2019 (référence : certificat du centre d'expertise médicale du personnel navigant CEMPN du 29 janvier 2018 et classe 1 du 28 janvier 2019)
 - résultat : apte par dérogation
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

Le PCB n'est plus à jour d'aptitude médicale militaire depuis le 31 janvier 2020 et d'aptitude civile depuis le 27 janvier 2020 suite à une confusion dans la durée de validité des aptitudes. En effet, l'aptitude militaire est valable 24 mois (étendue à la fin du mois) alors que l'aptitude civile est valable 12 mois.

Toutefois, en raison des circonstances sanitaires de début d'année 2020, une prolongation exceptionnelle de la durée de validité des certificats médicaux a été décidée par le service de santé des armées¹⁴ : « la durée de validité des certificats de visite médicale périodique est automatiquement prolongée de six mois ». Le PCB était donc apte jusqu'au 30 avril.

1.12.2. Copilote

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 8 novembre 2019 (référence : CEMPN du 12 juin 2019)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.12.3. IMES

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 12 mars 2020 (référence : CEMPN du 10 septembre 2019)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

¹³ Détoronner : défaire les torons qui forment le câble. Un toron est un ensemble d'éléments unitaires textiles ou métalliques (ici fils ou durites) retordus ensemble pour former une corde, un câble.

¹⁴ Message officiel NEMO 2020/501/DCSSA du 17 mars 2020.

1.12.4. MES

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 5 mars 2020 (référence : CEMPN du 25 avril 2019)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.12.5. ISPH

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 3 avril 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

1.12.6. SPH

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 27 juin 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : mortelles

1.12.7. Infirmier

- Dernier examen médical :
 - type : VSU le 11 mars 2020
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : mortelles

1.13. Questions relatives à l'organisation des secours

Les membres d'équipage prodiguent les gestes de premiers secours aux victimes sur le lieu de l'accident.

Le SPH reçoit un massage cardiaque et l'infirmier est placé en position latérale de sécurité. Les deux victimes sont évacuées et le massage cardiaque est poursuivi pendant le vol retour.

À l'arrivée à Cazaux, les deux victimes sont prises en charge par les pompiers et par l'antenne médicale de la base aérienne. Le SPH est déclaré décédé. L'infirmier est évacué par un hélicoptère de la Sécurité civile vers l'hôpital Pellegrin de Bordeaux. Il décède dans la nuit.

1.14. Essais et recherches

Le treuil et le câble ont été expertisés par DGA TA afin de déterminer le type de rupture du câble et la séquence de l'endommagement du treuil et du câble ayant entraîné cette rupture.

Un prélèvement du liquide hydraulique de l'aéronef a été analysé par DGA EP pour s'assurer de sa conformité. Le FDR et le CVR ont été exploités par RESEDA.

1.15. Renseignements sur l'organisme

L'EH 01.067 Pyrénées est une unité navigante de l'AAE stationnée sur la BA 120 de Cazaux. Les missions de cet escadron sont multiples et s'inscrivent du temps de paix au temps de guerre, sur le territoire national comme en opérations extérieures. L'unité assure notamment une mission permanente de recherche et sauvetage (*Search and Rescue, SAR*) sur le territoire national.

L'effectif de l'unité est d'environ 270 personnes dont une centaine de navigants qui participent à la mise en œuvre de dix H-225 M Caracal (version militaire) et d'un H-225 (version civile) en location.

1.16. Renseignements supplémentaires

1.16.1. Description générale de l'équipement treuil

L'équipement treuil est composé d'un treuil hydraulique, d'un boîtier de commande et d'une poignée de commande. Sur le Caracal, le treuil est monté à droite sur une potence qui supporte également le treuil électrique de secours.

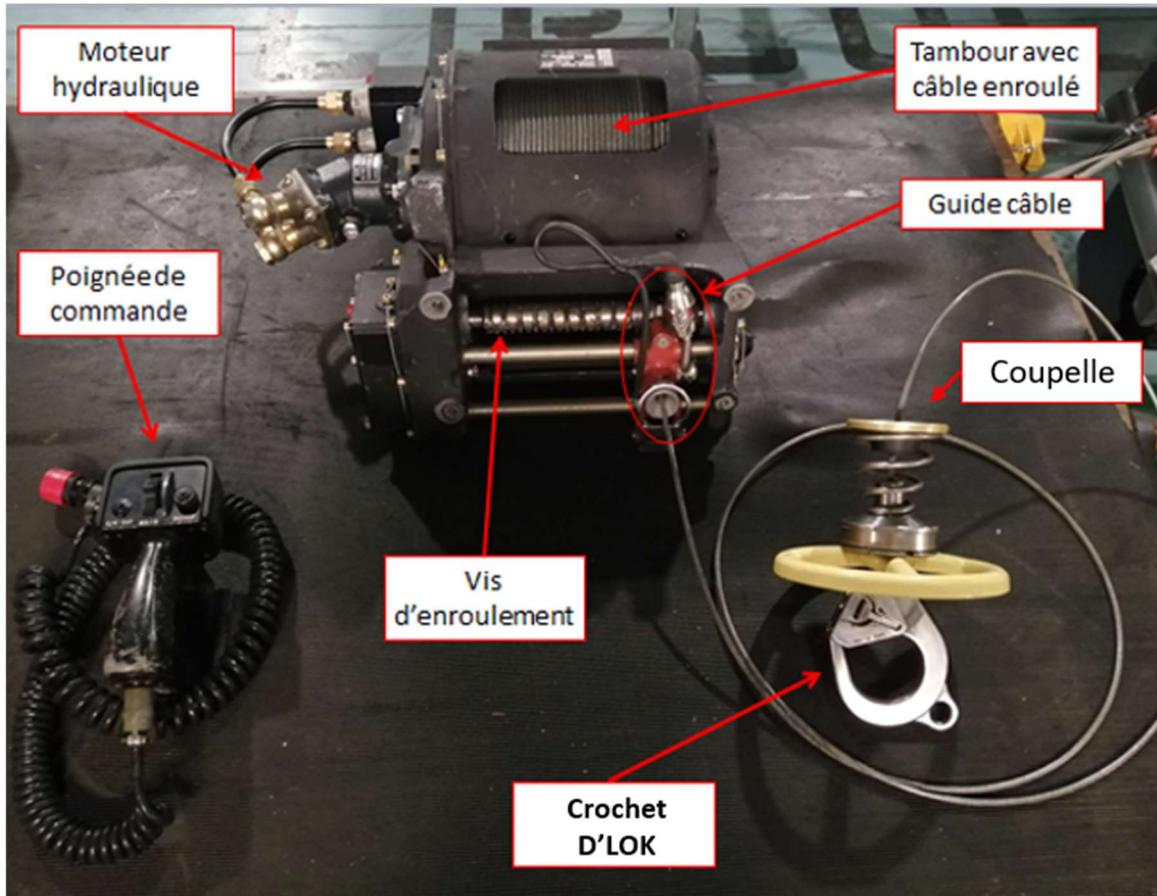


Figure 6 : présentation générale de l'équipement treuil démonté

Le treuil hydraulique à vitesse variable Goodrich de type 76368-240-D est conçu pour treuiller des personnes ou des charges n'excédant pas 267 daN (272 kilogrammes) à des vitesses comprises entre 0 et 0,9 mètres par seconde. La hauteur maximale de treuillage est de 75 mètres.

Le câble est en acier galvanisé, d'un diamètre de 4,76 millimètres. Il est composé de 19 torons de 7 fils. Sept torons constituent l'âme interne et douze torons constituent l'âme externe du câble. Sa charge de rupture est de 1 500 daN.

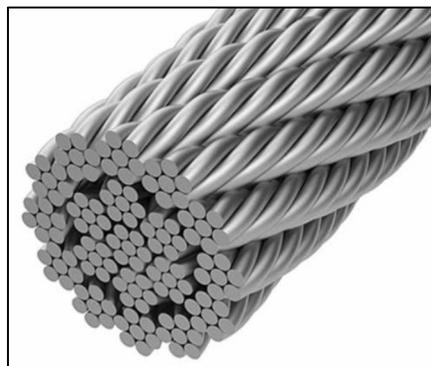


Figure 7 : détail des fils et torons du câble

En bout de câble se situe un ensemble crochet constitué d'un volant (permettant d'attraper l'ensemble) et d'un crochet de type D'LOK.

Pour des raisons de sécurité, le câble peut être coupé à bord de l'hélicoptère par un dispositif de cisaille pyrotechnique activé par trois interrupteurs situés sur les commandes de pas collectif des pilotes (deux interrupteurs) ou sur le tableau plafonnier du cockpit (un interrupteur).

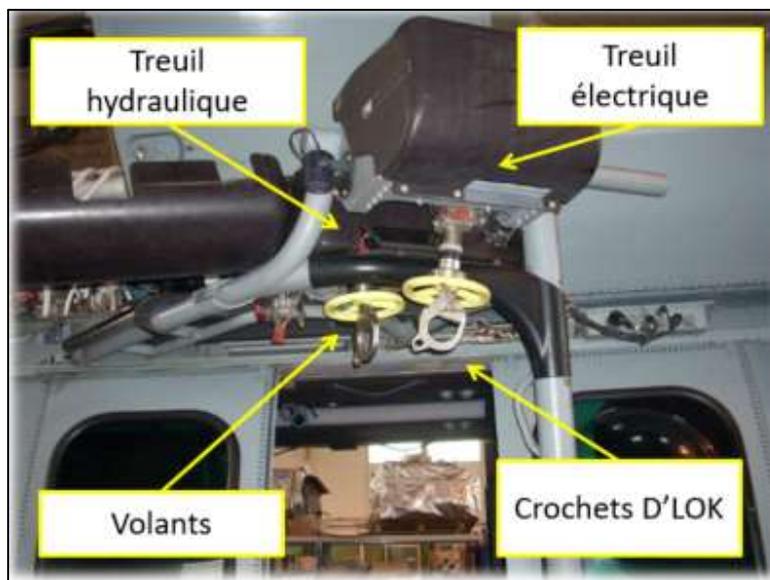


Figure 8 : vue générale des treuils sur la potence

1.16.2. Fonctionnement du treuil

Le treuil comprend notamment :

- un moteur hydraulique activé par le circuit hydraulique gauche du Caracal ;
- un tambour tournant sur deux paliers permettant de le positionner à l'intérieur du carter moteur et du carter principal. Une rainure hélicoïdale sur sa face extérieure permet l'enroulement correct du câble ;
- un câble et un ensemble crochet ;
- un frein évitant tout déroulement incontrôlé du câble ;
- un dispositif de guidage du câble en mouvement synchronisé avec celui du tambour, permettant l'enroulement et le rangement correct du câble. Il est constitué par le guide câble, les colonnes sur lesquelles il coulisse et la vis d'enroulement qui lui imprime un mouvement latéral de va-et-vient par l'intermédiaire du doigt de guidage ;
- un dispositif d'extraction du câble assurant une tension du câble en cas d'utilisation à vide. Il est constitué de deux galets d'extraction : un galet moteur entraîné en rotation par le moteur hydraulique du treuil et un galet libre soumis à la pression d'un ressort ;
- des dispositifs de ralentissement et de fin de course en montée et en descente ;
- un dispositif de cisaille pyrotechnique, logé dans le guide câble.

Le câble est enroulé sur le tambour en quatre rangées de 36 spires pour les trois premières et 31 pour la dernière.

Dans la suite du rapport, les rangées seront nommées de 1 à 4 dans le sens du tambour vers l'extérieur (cf. figure 9). La rangée 1 contient huit spires dites « mortes » qui ne sont jamais déroulées et servent à maintenir le câble lors du déroulement maximal de celui-ci.

La rangée 4 permet de dérouler le câble entre 0 et 18,9 mètres (0-62 pieds).

La rangée 3 permet de dérouler le câble entre 18,9 et 40 mètres (62-131 pieds).

La rangée 2 permet de dérouler le câble entre 40 et 60,2 mètres (131-197 pieds).

La rangée 1 permet de dérouler le câble entre 60,2 et 75 mètres (197-246 pieds).

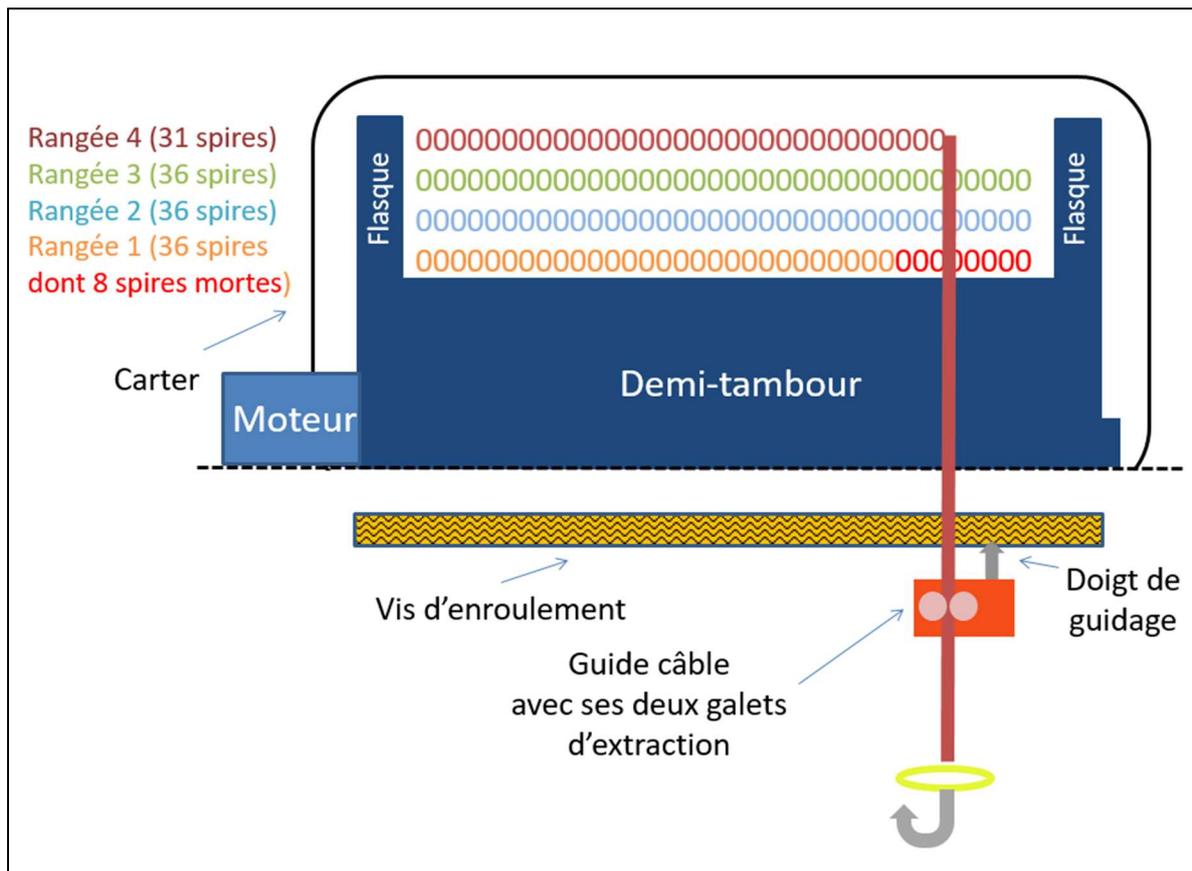


Figure 9 : illustration du treuil

La vis d'enroulement, vis à double filet, imprime au guide câble un mouvement de va-et-vient, synchronisé avec la rotation du tambour. Le doigt de guidage glisse le long des filets entre les « diamants » et change de sens lorsqu'il arrive aux extrémités sur les « pointes de retournement ».

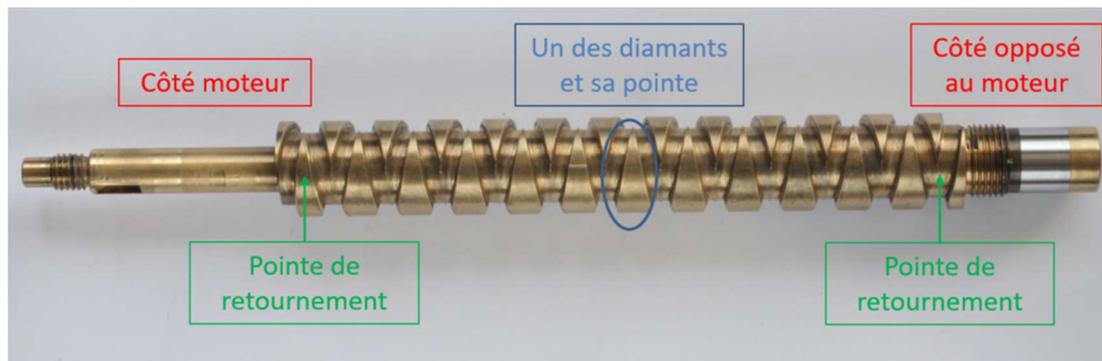


Figure 10 : vis d'enroulement



Figure 11 : doigt de guidage

1.16.3. Cas d'endommagements du câble

Le câble peut subir plusieurs types d'endommagements présentés sur la figure 12.

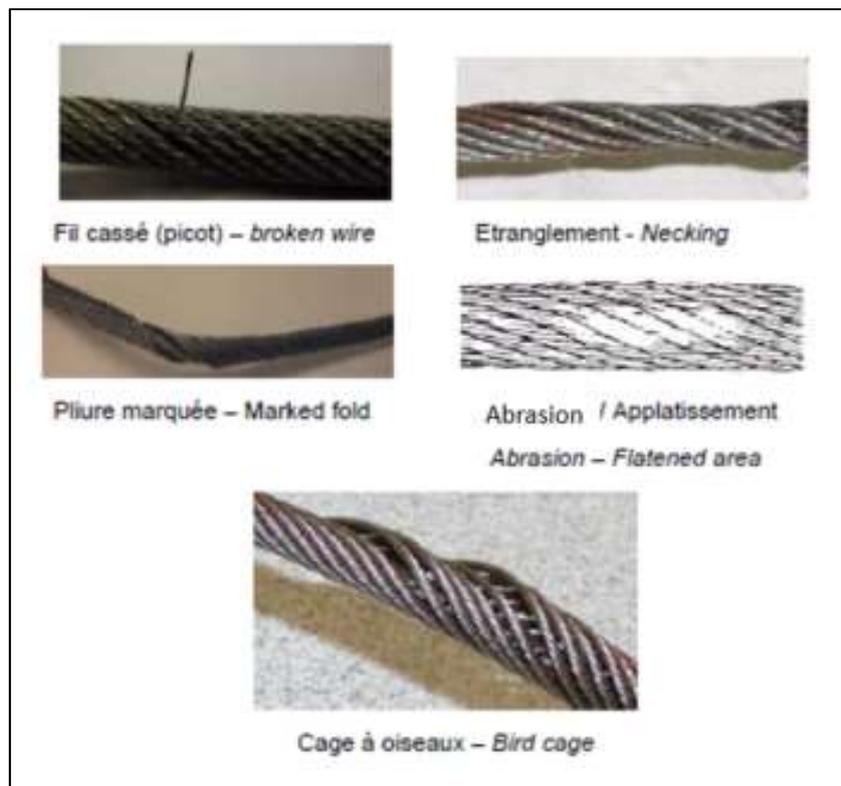


Figure 12 : illustration des endommagements possibles d'un câble

2. ANALYSE

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Séquence des treuillages

L'analyse du FDR et du CVR a permis de reconstituer l'enchaînement des différents treuillages effectués pendant le vol (cf. annexe 1). Au total, l'équipage a réalisé 12 treuillages hydrauliques et un treuillage électrique. Le PCB n'a indiqué que 9 treuillages sur le cahier d'ordre au retour du vol. Cette différence du nombre de cycles reportés pourrait s'expliquer par la charge émotionnelle subie par le PCB lors de l'évènement.

La figure 13 ci-dessous présente les différents treuillages et la longueur de câble déroulé. La hauteur reportée par la radiosonde évolue beaucoup lors des treuillages au-dessus du bâtiment du site Landes de DGA EM. Pendant ces phases, la radiosonde capte très certainement le haut du bâtiment, engendrant une baisse de la valeur de la hauteur de plusieurs dizaines de pieds. La longueur estimée de câble déroulé indiquée dans le tableau prend en compte cela ainsi que la hauteur de la fenêtre située au 1^{er} étage du bâtiment.

N°	Zone	Objectif	Descente	Montée	Hauteur radiosonde (pied ¹⁴)	Altitudes (pied)	Longueur estimée de câble déroulé (pied)
1	Ychoux, sur un chemin	Mécanisation des procédures	SPH et INF	SPH et INF	110	310-340	110
2	Ychoux, sur un enrouleur	Mécanisation des procédures	SPH et INF	SPH et INF	130	380	130
3	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	ISPH et mannequin	A vide	70	310	100
4	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	A vide	ISPH	60	300	90
5	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	SPH et INF	A vide	50-80	320	110
6	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	A vide	Interface	80-100	330	120
7	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	ISPH et civière	A vide	70	310	100
8	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario Simulation de panne de treuil	A vide	A vide	40-80	310-270	60-100
Elec	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	A vide	Civière et mannequin	50	290	80
9	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario	A vide	ISPH et INF	40	280	70
10	CEL, bâtiment désaffecté	Scénario Simulation de feu moteur	A vide	SPH	40	270	60
11	CEL, blocs de béton	Entraînement PCB	SPH	SPH	70	200	65
12	CEL, zone en devers	Entraînement PCB Simulation de panne de TB	SPH et INF	SPH et INF	130	300-320	190

Figure 13 : synthèse des différents treuillages

L'équipage a réalisé douze treuillages hydrauliques. Le dernier treuillage est réalisé en déroulant entre 180 et 200 pieds de câble. Tous les autres treuillages sont réalisés à moins de 130 pieds de hauteur.

2.1.2. Analyse du dernier treuillage

L'analyse de l'enregistreur des voix du cockpit et l'analyse des entretiens des membres de l'équipage a permis de reconstituer la séquence du dernier treuillage.

Lors du dernier treuillage, le PCB est le pilote en fonction (PF). Il annonce qu'il prendra une hauteur « volontairement » haute de l'ordre de 180 pieds. Le treuillage est réalisé sur une zone en devers pour entraîner le SPH à se poser sur une surface non plane.

La descente du plongeur et de l'infirmier débute à 15h35mn27s. La descente, la dépose au sol ainsi que la reprise de montée se déroulent correctement. Le MES donne les indications de guidage au PF au travers du TB.

Pendant la remontée, à 15h37mn16s, l'IMES débranche la prise audio du casque du MES afin de simuler une panne de TB et annonce cet exercice au reste de l'équipage.

Sa main gauche étant utilisée pour la commande du treuil, le MES poursuit le treuillage en réalisant les signes de guidage prévus avec sa main droite. Il doit donc lâcher le câble pour faire ces signes. L'IMES retranscrit ces signes au PF au travers du TB.

Les paramètres de fonctionnement du treuil n'étant pas enregistrés sur le FDR, il n'est pas possible de déterminer le moment exact de la panne de treuil. Cependant, vers 15h37mn40s, les hésitations de l'IMES indiquent qu'il y a un problème. À ce moment-là, le treuil est donc bloqué.

Constatant la panne, le MES a tenté à plusieurs reprises de poursuivre la montée mais n'a pas testé le fonctionnement du treuil en descente.

Le MES tente de faire comprendre à l'IMES qu'il y a une panne de treuil réelle. Il rebranche pour cela son casque à 15h38mn07s mais l'IMES, qui n'a pas encore conscience de la panne réelle, lui demande de poursuivre sans le TB.

À 15h39mn10s et après plusieurs hésitations, l'IMES indique à l'équipage sur le TB qu'il y a une panne réelle de treuil et que les treuillés sont bloqués à cinq mètres sous le marchepied. La longueur de câble déroulée à ce moment est donc d'environ sept mètres.

L'IMES reprend le treuillage à son compte. Il effectue une rapide recherche de panne comme prévu par la procédure de panne de treuil (cf. annexe 4). Pour cela, il teste le treuil en montée en actionnant le bouton de commande et en manipulant le levier de fin de course haute. Il confirme ainsi la panne. Il teste également le treuil en descente et constate son fonctionnement.

L'équipage décide de déposer les treuillés au sol comme prévu dans la procédure de panne de treuil.

Le PF dirige l'aéronef à 10 nœuds et 200 pieds environ vers la zone du rail située à environ 200 mètres en face de lui. Cette zone bien dégagée permettra de déposer les treuillés au sol en sécurité.

À 15h39mn56s, l'IMES indique au reste de l'équipage que le treuil fonctionne en descente. Le PCB annonce avoir reçu cette information. À 15h40mn03, l'IMES fait une nouvelle annonce dont la fin est inaudible sur le CVR. Toutefois, compte tenu du contexte et de l'analyse des entretiens avec l'équipage, on peut déduire que l'IMES annonce qu'une fois arrivé sur zone, il descendra les treuillés. Le PCB indique à nouveau avoir reçu cette information. L'objectif est de mettre les treuillés en sécurité au sol le plus rapidement possible et d'éviter qu'ils ne soient à cinq mètres sous l'hélicoptère au moment du poser.

Une fois les treuillés dégagés des obstacles, l'IMES indique au PF qu'il peut commencer à descendre.

À 15h40mn31s, le PF débute la descente de l'hélicoptère et à 15h40mn34s l'IMES fait de même avec le treuil.

À 15h40mn46s, l'IMES annonce que les treuillés sont tombés.

La longueur du câble retrouvé à terre est d'environ 20 mètres. Au moment de la rupture, les treuillés étaient donc environ 18 mètres sous le marchepied. La hauteur radiosonde enregistrée par le FDR est alors de 190 pieds, soit 58 mètres. La hauteur de chute des treuillés est donc d'environ 40 mètres.

L'équipage vérifie que les boutons de percussion du treuil permettant de cisailer le câble en cas d'urgence n'ont pas été actionnés.

Aussitôt, le PCB, sur demande de l'IMES, décide de poser le Caracal et la check-list adéquate est réalisée.

À 15h41mn19s, soit 33 secondes après l'annonce de la rupture du treuil, le Caracal est au sol. Le PCB autorise alors l'équipage en soute à quitter l'hélicoptère pour porter secours aux treuillés tombés à une centaine de mètres du lieu de poser.

- Le treuillage est réalisé volontairement à grande hauteur. C'est le seul réalisé à 190 pieds.
- À la remontée, une simulation de panne de TB est initiée. Le MES lâche alors le câble de sa main droite.
- Le treuil se bloque en montée lorsque les treuillés sont 5 mètres sous le marchepied. Il reste fonctionnel en descente.
- Le PCB décide de poser l'hélicoptère sur la zone du rail située à 200 mètres devant lui.
- L'IMES actionne le treuil en descente pendant une douzaine de secondes.
- Les treuillés chutent d'environ 40 mètres de haut.
- Environ 30 secondes après l'annonce de la rupture du câble, l'équipage en soute quitte le Caracal pour porter assistance aux victimes.

2.1.3. Expertise du circuit hydraulique du Caracal

Le circuit gauche du Caracal 2802, qui sert à faire fonctionner le treuil, a été testé avec un autre treuil intègre (le n° 478). Ce test n'a révélé aucune anomalie de fonctionnement du treuil installé, de l'interfaçage entre le treuil et l'hélicoptère ou du circuit hydraulique.

Le circuit hydraulique du Caracal 2802 n'est pas en cause dans l'évènement.

2.1.4. Analyse des échantillons de liquide hydraulique

L'analyse des échantillons de liquide hydraulique prélevés sur le Caracal indique que :

- le fluide hydraulique prélevé correspond bien à du fluide hydraulique de type H-537. Toutefois, on constate des traces de fluide hydraulique de type H-515/12 dans l'échantillon ;
- l'indice d'acide mesuré dans le fluide prélevé est à la limite de la valeur de la spécification en vigueur, ce qui traduit un signe non négligeable de vieillissement ;
- le fluide hydraulique prélevé révèle un taux de zinc qui traduit l'usure d'un revêtement zingué.

Le fluide hydraulique prélevé est bien du H-537. Il présente de légères pollutions dont une à la limite des normes, néanmoins ces éléments n'ont pas contribué à l'évènement.

2.1.5. Expertise du treuil

Après avoir retiré le câble du tambour du treuil n° 301 sans le couper et sans faire tourner le système, ce dernier a été mis en rotation à l'aide d'une manivelle spécifique fournie par l'industriel. Puis le carter a été déposé afin de pouvoir accéder aux éléments non visibles par l'extérieur.

2.1.5.1. Expertise du carter et du tambour

La face intérieure du carter du treuil présente des traces de frottement du câble sur toute sa circonférence et sur environ cinq centimètres du côté opposé au moteur. Une partie du flasque côté opposé au moteur est quasiment rompue. Elle se désolidarise pendant l'extraction du câble.

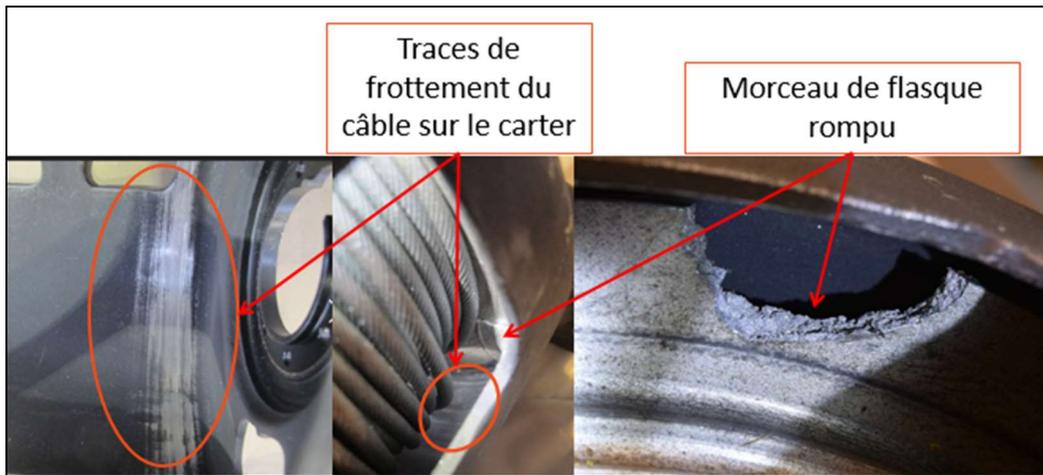


Figure 14 : expertise du carter et du tambour

Des traces de frottement et des transferts de matière provenant du câble sont présents sur ce morceau de flasque cassé.



Figure 15 : traces de frottement du câble sur le morceau de flasque rompu

La spire du câble située à quelques centimètres avant la zone de rupture est retrouvée passée derrière cette flasque.

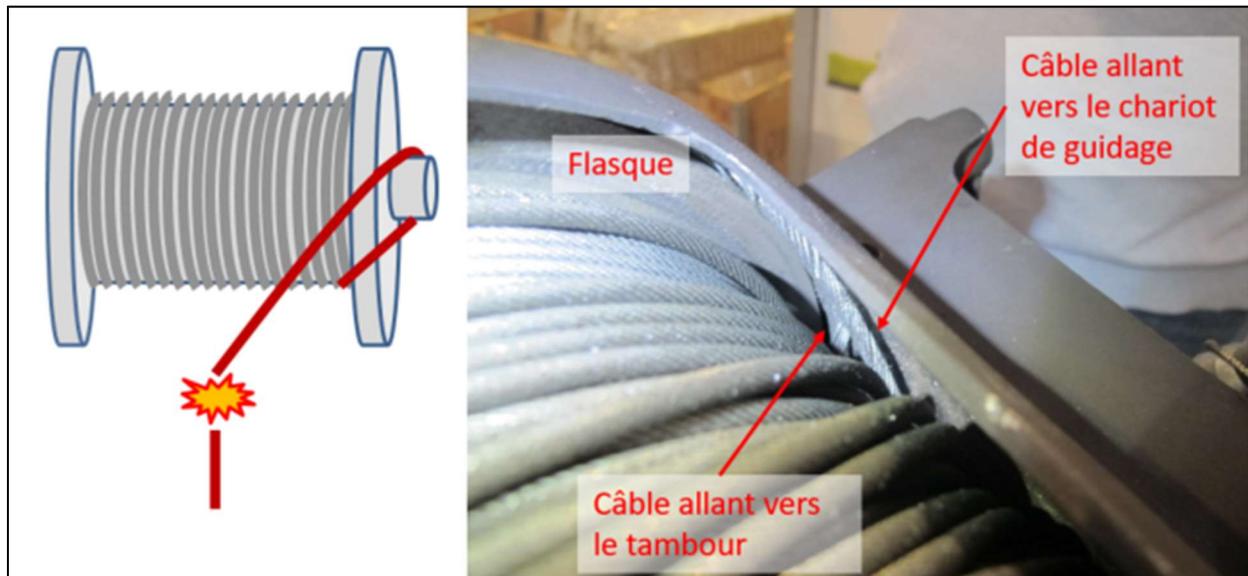


Figure 16 : vue schématique et photo de la spire passée derrière le flasque

La face intérieure du carter présente des traces de frottement du câble.
 La spire située avant la zone de rupture est retrouvée passée derrière le flasque côté opposé au moteur.
 Un morceau du flasque est rompu et présente des traces de frottement du câble.

2.1.5.2. Expertise du câble

Les rangées 1 et 2 sont bien enroulées. Un mauvais enroulement apparaît sur la rangée 3. Celui-ci est à l'origine des traces de frottement observées sur le carter ainsi que du passage d'une spire de l'autre côté du flasque.

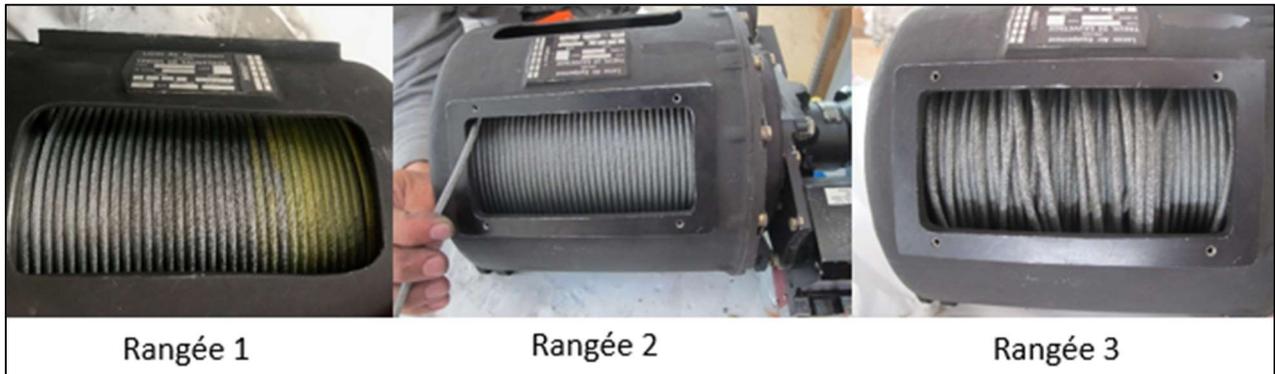


Figure 17 : vue de l'enroulement des rangées 1,2 et 3

La partie du câble tombée à terre est d'une longueur de 20,6 mètres mesurée entre la rupture et la coupelle du crochet. Cette longueur de câble correspond au déroulement des spires de la rangée 4 ainsi que de trois spires de la rangée 3.

Elle présente de nombreux endommagements de types picots (deux), abrasions et pliures (six).

Les deux picots sont situés à environ 11 et 20 mètres de la coupelle. Les quatre pliures les plus importantes ont un espacement régulier d'environ deux mètres.

Lors de la remontée des treuillés, les dernières spires enroulées ne sont donc pas rompues et les treuillés sont maintenus malgré le mauvais enroulement du câble.



Figure 18 : pliures (six) du câble tombé à terre

La partie du câble restée dans le tambour présente également plusieurs endommagements (picots, abrasions et pliures). Le premier d'entre eux est une pliure qui se situe à 35,75 mètres de la coupelle. Aucun défaut n'est observé sur la portion de câble correspondant aux rangées 1 et 2.

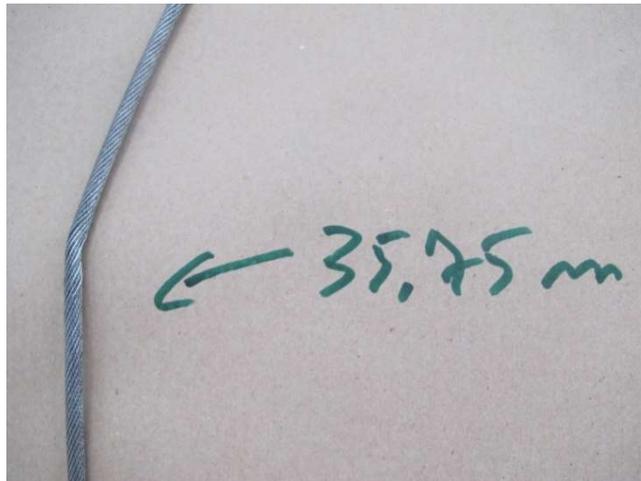


Figure 19 : premier endommagement du câble retrouvé dans le tambour

Les rangées 1 et 2 sont correctement enroulées. Le câble a perruqué¹⁵ lors de l'enroulement de la rangée 3 et 4. Les deux parties du câble présentent de nombreux endommagements de type picots, abrasion et pliures. Lorsque le treuil se bloque en montée, les dernières spires ne sont pas rompues et les treuillés sont maintenus.

2.1.5.3. Expertise de la zone de rupture

La zone de rupture se situe à environ 15 centimètres avant la spire passée de l'autre côté du flasque.

Elle s'étend sur plusieurs dizaines de centimètres. Les deux portions de câble ont été inspectées au microscope électronique à balayage.

Ces inspections montrent que le câble a été fragilisé par la rupture de plusieurs torons par abrasion sur le flasque puis qu'il s'est rompu de manière statique. Aucun endommagement antérieur à l'évènement (picot, corrosion, etc.) n'a été détecté.

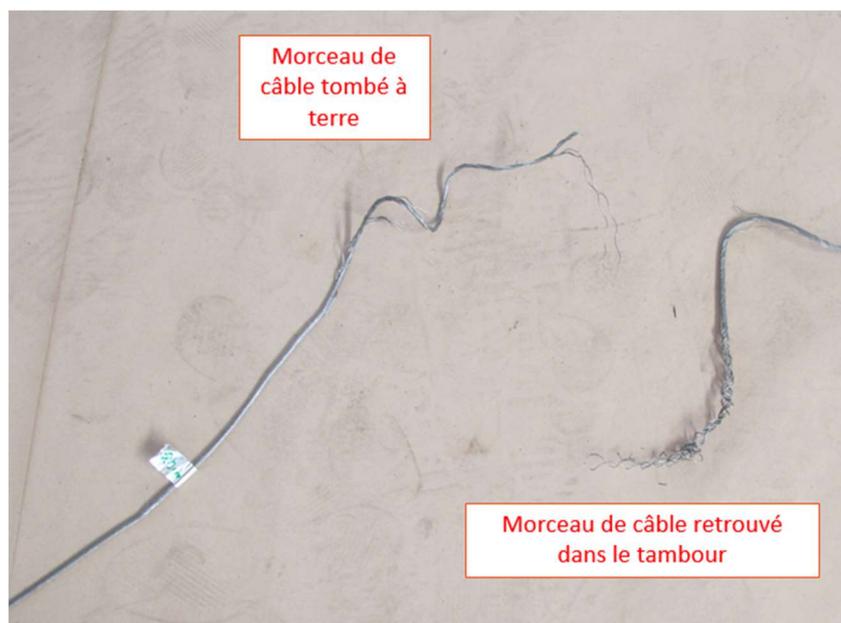


Figure 20 : portions du câble où a eu lieu la rupture

Le frottement du câble visible sur le flasque cassé est à l'origine de la rupture des torons de l'âme externe, dont plusieurs sont restés coincés dans le canon guide câble du guide câble.

¹⁵ Perruquer : terme couramment utilisé pour désigner un mauvais enroulement du câble.

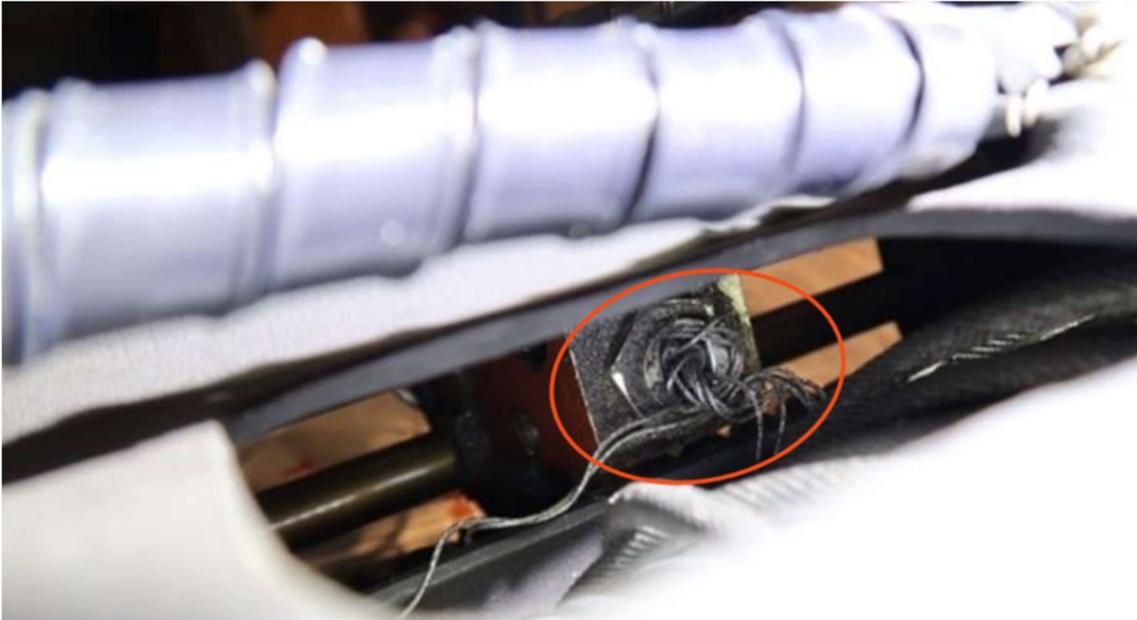


Figure 21 : torons coincés dans le canon guide câble

La rupture a eu lieu après cisaillement de plusieurs torons par abrasion sur le flasque. La zone de rupture de l'âme externe s'étend sur plusieurs dizaines de centimètres sur chaque morceau du câble.

2.1.5.4. Expertise du système de guidage

La position du guide câble au moment de la rupture ne correspond pas à la position théorique d'un déroulement de 20,6 m de câble, longueur du câble tombé à terre.

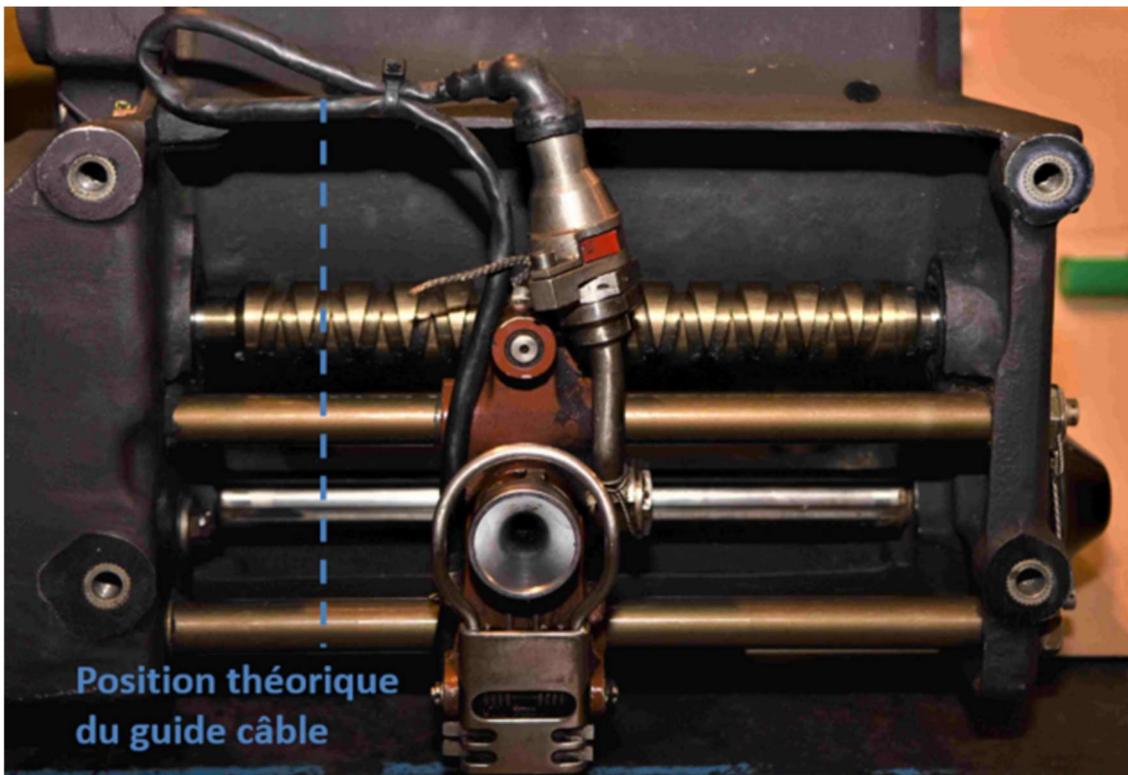


Figure 22 : position du guide câble au moment de la rupture du câble

En revanche, le curseur situé dans le boîtier du dispositif électromécanique de fin de course en descente et de ralentissement est bien dans la position correspondant à un déroulement de 20,6 m de câble.

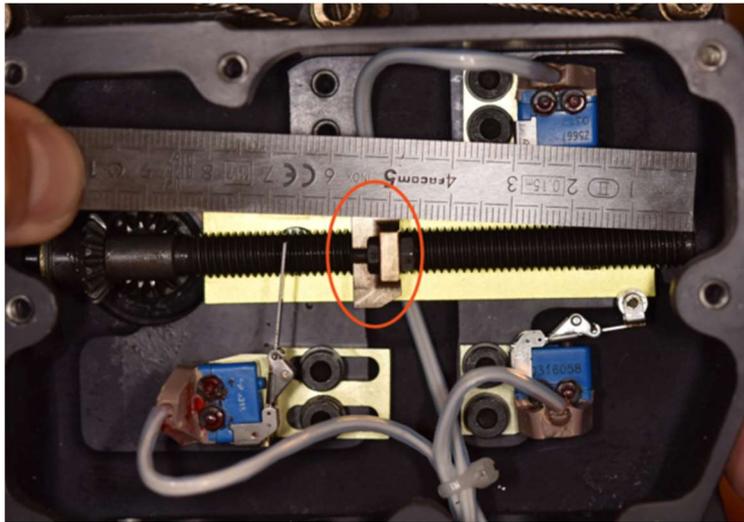


Figure 23 : position du curseur dans le boîtier micro switches

Une fois le câble retiré et toutes les constatations effectuées, le système a été mis en rotation à l'aide d'une manivelle spécifique insérée à la place du moteur hydraulique.

La synchronisation entre le tambour, le curseur et la vis d'enroulement est conforme. Mais lorsque le système est manœuvré dans le sens de l'enroulement, le guide câble reste coincé sur le côté opposé au moteur malgré la bonne rotation de la vis d'enroulement. À l'inverse, dans le sens du déroulement, le guide câble reprend son mouvement vers le côté du moteur (vers la gauche sur la figure suivante).



Figure 24 : position dans laquelle se bloque le guide câble dans le sens de l'enroulement

Lorsque le système est actionné en enroulement et lorsque le doigt de guidage est au niveau de la première pointe de diamant du côté opposé au moteur (pointe de retournement), le doigt de guidage reste dans le filet à droite de celle-ci au lieu de poursuivre dans le filet à gauche, provoquant le blocage du guide câble.

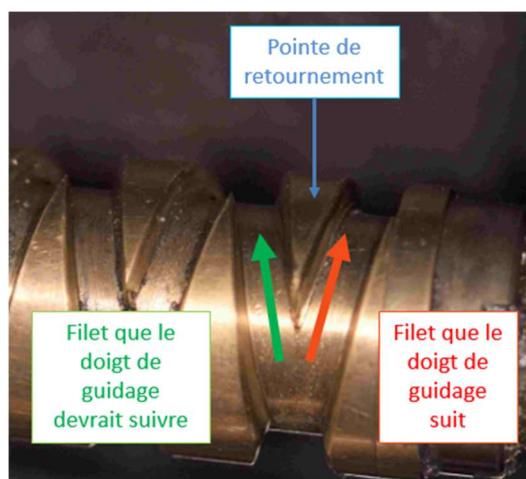


Figure 25 : filet suivi par le doigt de guidage

Le système d'extraction du câble fonctionne correctement en enroulement et en déroulement. Les deux galets ne sont ni endommagés ni marqués par le passage du câble.

Il est constaté que le faisceau étoupille¹⁶ n'est pas positionné correctement. Cela ne semble pas avoir d'impact sur cette installation mais, suivant le design de la potence supportant le treuil, ce positionnement peut entraîner une interaction entre le faisceau étoupille et la potence. Il y a alors un risque d'endommagement du système de guidage du câble.



Figure 26 : positionnements du faisceau étoupille

Le blocage du guide câble du côté opposé au moteur lors de l'enroulement du câble a entraîné la désynchronisation du tambour et du guide câble, le perruquage du câble ainsi que le passage d'une spire derrière le flasque du côté opposé au moteur. Le faisceau étoupille est mal positionné.

2.1.5.5. Expertise de la vis d'enroulement

La composition chimique des matériaux de la vis d'enroulement est conforme aux plans de fabrication. La vis d'enroulement a subi un contrôle dimensionnel. De nombreuses usures sont observées mais aucune preuve de non-conformité au plan. La figure 27 présente les résultats de ce contrôle. Les zones en rouge sont celles où il y a un surplus de matière, les zones en vert et bleu, celles où il manque de la matière.

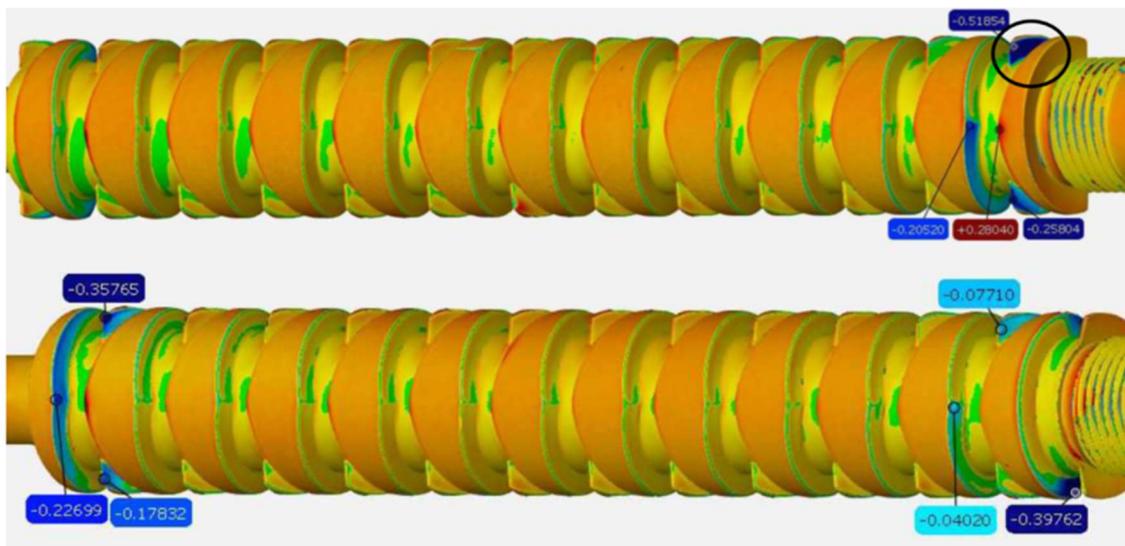


Figure 27 : résultat du contrôle dimensionnel de la vis d'enroulement

¹⁶ Câble permettant le fonctionnement du système pyrotechnique de cisaillement du câble.

Des bavures avec repoussement de matière (en rouge sur la figure 27) issue de l'utilisation du treuil sont présentes sur une bonne partie des arêtes des faces gauches des diamants. Elles sont ressenties au toucher. Les pointes de retournement situées sur les extrémités de la vis sont usées (manque de matière). Celle sur laquelle le doigt de guidage ne passe pas du bon côté (cercle noir sur la figure 27) entraînant le blocage du guide câble est particulièrement usée ($500 \mu\text{m}^{17}$).

Des marques anormales sont visibles (cf. figure 28) sur deux diamants opposés à l'endroit où le guide câble est positionné. Elles ressemblent à une marque d'outils et ne peuvent avoir été faites lorsque le treuil était en fonctionnement sinon elles auraient été hélicoïdales. Le doigt de guidage étant en contact avec le côté et non le dessus des diamants de la vis d'enroulement, ces marques n'ont pas d'impact sur le fonctionnement du treuil. En revanche, elles ont pu contribuer à l'usure du doigt de guidage.



Figure 28 : marques sur la vis d'enroulement

La graisse est conforme à la graisse de référence G-353. De nombreuses limailles (particules métalliques) sont présentes, principalement du côté opposé au moteur. Il s'agit de particules d'aluminium qui proviennent de l'abrasion du carter par le câble lors des frottements entre ces deux éléments. Il y a également des grains de sable collés à la graisse sur l'ensemble de la vis d'enroulement.



Figure 29 : vue de la graisse sur la vis après l'évènement

Les jeux entre la vis d'enroulement et les butées situées à ses extrémités sont corrects¹⁸.

**La vis d'enroulement présente de nombreuses traces d'usure, notamment au niveau des pointes de retournement.
Il y a des particules de limaille et des grains de sable collés dans la graisse sur la vis d'enroulement.
Des marques ressemblant à des marques d'outils sont présentes sur deux diamants opposés.**

¹⁷ μm : micromètre. Un μm est égale à 10^{-6} mètre.

¹⁸ Les jeux sur les côtés de la vis d'enroulement ont été déterminés comme étant à l'origine d'un dysfonctionnement d'un autre treuil (n° 311) en 2017 par une expertise menée par l'industriel.

2.1.5.6. Expertise du doigt de guidage

La composition chimique des matériaux du doigt de guidage est conforme aux plans de fabrication. Le doigt de guidage ne présente pas d'endommagement visible. De nombreuses usures sont observées mais aucune preuve de non-conformité au plan. Le doigt de guidage est usé des deux côtés, au niveau des faces en contact avec la vis, au maximum de 800 µm côté à droite et 500 µm côté à gauche. L'expertise a également relevé des transferts de matière de la vis d'enroulement sur le doigt ainsi que des incrustations de sable.

Le doigt de guidage est usé et présente des transferts de matière de la vis d'enroulement et de sable.

2.2. Séquence de l'évènement

Les expertises permettent de reconstituer la séquence de la rupture du câble, schématisée en annexe 2. Le dernier treuillage est réalisé à grande hauteur (190 pieds). C'est le seul réalisé à plus de 130 pieds. Au cours de la remontée, le guide câble sollicite pour la première fois la pointe de retournement côté opposé au moteur. L'usure de la vis sans fin et du doigt de guidage empêche le guide câble de faire demi-tour. Il reste coincé du côté opposé au moteur, ce qui entraîne un perruquage du câble lors de la remontée. Une spire passe derrière le flasque côté opposé au moteur entraînant des frottements susceptibles de cisailer des torons. Lorsque le perruquage est trop important, le câble frotte sur le carter et entraîne un blocage du système.

Les treuillés sont alors cinq mètres sous le marchepied.

Lorsque le treuil est actionné en descente, la vis d'enroulement change de sens de rotation et le guide câble reprend sa course vers la gauche (vers le côté du moteur). Le câble, bien que perruqué, se déroule initialement. Lorsqu'il arrive à la spire passée derrière le flasque, le câble se tend sous l'action du guide câble. Il frotte alors sur le bord du flasque, ce qui cisaille des torons externes par abrasion. Les fils cisillés des torons externes se coincent alors dans le canon guide câble du guide câble. Les torons qui n'étaient pas encore coupés par abrasion sont rompus par surcharge entraînant alors la chute des deux militaires treuillés.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

2.3.1. Causes techniques

L'expertise technique a montré que la vis d'enroulement et le doigt de guidage étaient anormalement usés, ce qui a conduit à la désynchronisation du guide câble et du tambour. L'enquête a identifié plusieurs causes possibles de cette usure, décrites dans les deux paragraphes suivants, sans que cela ne soit exhaustif.

2.3.1.1. Absence de contrôle des vis d'enroulement et des doigts de guidage.

Le programme d'entretien (PE)¹⁹ prévoit différents entretiens préventifs, communément appelés visite 50, 500 et 1000 U. Lors de ces opérations, réalisées par l'EH Pyrénées selon le manuel d'entretien équipement (MEE) 2^e niveau²⁰, la vis d'enroulement est graissée. Mais ni le PE, ni le MEE ne prévoit de contrôler l'état de la vis d'enroulement et du doigt de guidage. De même, lors des vérifications journalières, réalisées également selon le MEE 2^e niveau, il n'y a pas de contrôle de l'état des vis d'enroulement et des doigts de guidage. De plus, ces deux éléments sont difficilement accessibles. La vis d'enroulement n'est visible que partiellement, sur une seule face (sauf à faire tourner le système) et des endommagements tels que ceux retrouvés sur celle du treuil n° 301 sont difficiles à détecter sans un examen approfondi par un démontage du carter du treuil et un déroulement complet du câble. Le doigt de guidage, pour sa part, n'est pas accessible pour un contrôle des faces en contact avec la vis et susceptibles d'être usées.

¹⁹ Document n° 712942, synthèse des programmes d'entretien, temps limite d'utilisation et TBO pour systèmes treuil de sauvetage, révision 6, Goodrich Actuation Systems. TBO : *time between overhaul*, temps entre révisions.

²⁰ Document n° 25-64-98, manuel d'entretien équipement 2^e niveau de maintenance avec nomenclature illustrée, révision 3 (2016), Goodrich Actuation Systems.

Le PE fixe également un temps limite de 2 000 cycles ou quatre ans entre deux entretiens majeurs réalisés par Goodrich. Lors de ceux-ci, réalisés selon le MEE 3^e niveau²¹, chaque pièce doit être « soigneusement vérifiée notamment sur les points suivants : absence d'endommagement prononcé par usure, déformation, abrasion ». Ce document fixe également des critères d'usure et de mise au rebut des vis d'enroulement et des doigts de guidage. Les bavures détectées sur la vis d'enroulement du treuil n° 301 ainsi que sur d'autres vis d'enroulement, ne font pas partie des critères de rebut. Par contre, compte tenu des usures détectées lors de l'expertise (cf. § 2.1.5.5. et 2.1.5.6.), ces deux éléments auraient été remplacés en entretien majeur. Ces deux éléments n'ont donc aucune limite d'utilisation fixée et ne sont pas remplacés systématiquement durant les entretiens majeurs.

La vis d'enroulement et le doigt de guidage n'ont pas de limite d'utilisation. Ils ne sont contrôlés que lors des entretiens majeurs chez l'industriel et ne sont pas systématiquement changés. Cela a pu contribuer à l'absence de détection d'une usure importante de ces pièces.

2.3.1.2. Carence documentaire

Les particules retrouvées collées à la graisse de la vis d'enroulement du treuil n° 301 sont en partie des grains de sable. Sur d'autres treuils de l'EH Pyrénées, certaines vis d'enroulement présentent des dépôts de sable dans leur graisse. Les grains de sable mélangés à la graisse de la vis d'enroulement peuvent créer une pâte abrasive accélérant l'usure des pièces en friction (vis d'enroulement et doigt de guidage). Pourtant, la *declaration of design and performance* (DDP)²² précise que le treuil est utilisable en conditions poussiéreuses et sablonneuses²³.

La documentation ne précise pas la conduite à tenir en cas de présence de grains de sable collés à la graisse de la vis d'enroulement. Le MEE 2^e niveau indique seulement de « nettoyer le câble et les parties adjacentes afin d'éliminer les dépôts corrosifs (après mission marine et par vent de sable) ». Le terme parties adjacentes n'est pas explicité mais semble inclure la vis d'enroulement et le doigt de guidage.

Les Caracal de l'EH Pyrénées réalisent régulièrement des missions en conditions marines (sauvetage maritime SAMAR par exemple) ou en conditions sablonneuses (en Afrique par exemple, bien que le treuil soit rarement installé lors des vols au-dessus de ce territoire). Après ce type de vol, un rinçage du câble est effectué et un complément de graissage est réalisé en cas de besoin.

La présence de sable retrouvé sur le treuil n° 301 a pu contribuer à l'usure de la vis d'enroulement et du doigt de guidage. Pourtant, ce type de treuil peut être utilisé en conditions marines ou sablonneuses. La documentation n'est pas précise sur la conduite à tenir en présence de grains de sable collés à la graisse.

2.3.2. Causes relevant du domaine des facteurs humains et organisationnels

2.3.2.1. Procédures d'emploi du treuil

2.3.2.1.1. Angle du câble à la sortie du canon du guide câble

Le MEE 2^e niveau précise que l'angle de treuillage, c'est-à-dire l'angle que fait le câble avec la verticale à la sortie du canon guide câble, doit être au maximum de 20°. Cette limitation n'est ni reprise dans le PMV²⁴, ni dans le manuel d'emploi de base (MEB)²⁵ du Caracal. Elle n'est pas formellement connue de l'ensemble des équipages de l'EH Pyrénées.

²¹ Document n° 25-69-62, manuel d'entretien équipement avec nomenclature illustrée 3^e niveau de maintenance (entretien majeur), révision 2 (2019), Goodrich Actuation Systems.

²² Document 73368-240-D-DDP, *Declaration of design and performance* du 13 juillet 2001, révision D, Lucas aerospace FCS Paris.

²³ « *Suitable for operation in dusty and sandy area* », extrait du document 73368-240-D-DDP.

²⁴ Procédures et manuel de vol (PMV) tome 1, SUP 25 « INSTALLATION DOUBLE TREUILS » et PMV tome 2 section 9.79 : « INSTALLATION DOUBLE TREUILS HYD (600 lb) /ELEC (300 lb). »

²⁵ Manuel d'emploi de base EC 725 Caracal, référentiel documentaire hélicoptère, référentiel d'utilisation RDH 2 – Tome 2 : générique - Livret 4 ; n° 110/CFA/EM/BAAP/NP du 5 juillet 2016, amendé le 5 mars 2018.

Au-delà de 20°, la résultante horizontale de la tension créée par le câble sur le guide câble est susceptible de décaler légèrement sa position par rapport à la vis d'enroulement. Cela peut alors accroître les contraintes sur les surfaces de contact entre la vis d'enroulement et le doigt de guidage. Ces contraintes peuvent contribuer à une usure prématurée de ces deux éléments.

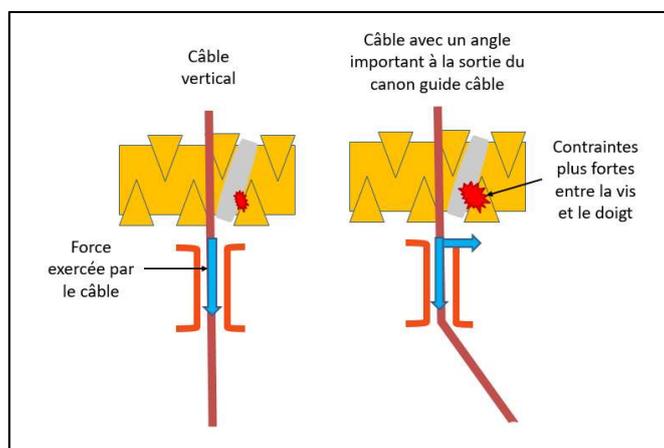


Figure 30 : exemple de contraintes dues à un angle excessif du câble (cas d'un angle dans l'axe de la vis d'enroulement)

Une utilisation du treuil avec un angle du câble à la sortie du canon guide câble supérieur à 20° peut contribuer à une usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage. Cette limitation n'est pas reprise dans les documentations du constructeur et de l'exploitant.

2.3.2.1.2. Treuillage en déplacement

Dans le MEE 2^e niveau, il est indiqué que le fonctionnement du treuil doit se faire en stationnaire : « il permet de hisser à bord d'un hélicoptère (en vol stationnaire), ou d'en descendre des personnes ou des charges ... ». Cette mention semble exclure le fonctionnement du treuil en phase de déplacement de l'hélicoptère car cela augmente les contraintes entre la vis d'enroulement et le doigt de guidage. Cependant, ce point n'est pas explicitement formulé dans la documentation de référence et n'est pas repris dans les documentations d'exploitation. AH indique toutefois dans son PMV²⁶ lors des opérations de treuillages avec charge humaine « d'éviter de partir en translation avant que la personne ne soit hissée à bord ».

En revanche, le déplacement de l'hélicoptère lorsque le treuil est déroulé mais n'est plus en fonctionnement reste possible conformément à la DDP, à condition de ne pas dépasser un angle de 20°.

Certaines procédures opérationnelles imposent de treuiller pendant le déplacement du Caracal. C'est notamment le cas lors des opérations de treuillage maritime durant lesquelles le treuillage est débuté pendant la phase d'approche vers le point de récupération. C'est également le cas lors des treuillages sur un bateau pendant lesquels l'hélicoptère doit avancer à la vitesse du bateau. Néanmoins, durant ces opérations, la vitesse étant limitée, l'angle ne dépasse pas les 20°.

Le déplacement de l'hélicoptère avec un câble en manœuvre peut contribuer à une usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage. L'équipementier Goodrich n'autorise pas de manière explicite le fonctionnement du treuil pendant les déplacements. Certaines procédures opérationnelles imposent toutefois de treuiller en déplacement.

²⁶ PMV tome 1, SUP 25.1 « INSTALLATION DOUBLE TREUILS ».

2.3.2.1.3. Sécourisation des treuillés

Lors des opérations de treuillage à bord des Caracal de l'EH Pyrénées et conformément au MEB, le câble est déroulé initialement sur quelques mètres pour amener le crochet en soute afin d'y accrocher la personne à treuiller.

Ensuite, le câble est réenroulé pour emmener la personne à treuiller à la porte, puis la hisser à la potence. De même après un treuillage, la personne qui a été remontée à la potence est emmenée à la porte puis dans la soute de l'hélicoptère. Le câble est alors à nouveau déroulé sur quelques mètres puis réenroulé pour le ramener à la potence.

Lorsque le treuillé est emmené à la porte, il n'est pas tracté par le treuil. Il n'y a donc pas de tension sur le câble. L'opérateur détend le câble (cf. annexe 3), l'angle de sortie du câble est donc inférieur à 20°. Par contre, lorsque la personne est hissée à la potence, le câble est en tension et l'angle légèrement au-delà de la limite fixée, entre 22 et 24° (cf. annexe 3). De même, lorsque la civière est utilisée, elle est sortie et rentrée dans la soute à l'aide du treuil. Le câble est alors en tension avec un angle d'environ 40° (cf. annexe 3). Ces procédures ont pu contribuer à une usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage.

De plus, durant ces manœuvres, la vis d'enroulement est toujours sollicitée au même endroit puisqu'il s'agit à chaque fois des premiers mètres du câble. Elle est sollicitée dans la zone proche de la pointe de retournement côté opposé au moteur, plus ou moins en fonction de la tension du câble. Or les pointes de retournement sont celles subissant les contraintes les plus importantes du fait du retournement.

Les procédures opérationnelles lors des treuillages entraînent des déroulements et enroulements du câble avec un angle de plus de 20°.

Ces procédures ont pu contribuer à une usure prématurée de la vis d'enroulement au niveau de la pointe de retournement côté opposé au moteur et du doigt de guidage.

2.3.2.1.4. Décompte du nombre de treuillages et maintenance

Au retour d'un vol au cours duquel des treuillages ont été réalisés, le PCB doit indiquer sur le cahier d'ordres le nombre de treuillages effectués. Ce décompte permet de déterminer quand un entretien doit être réalisé. La documentation utilisée dans l'AAE ne précise pas la définition d'un cycle de treuillage. Dans son MEE 2^e niveau (cf. annexe 4) et repris dans le PE, Goodrich indique qu'un « cycle est égal, en vol, à une descente et une montée quelles que soient la longueur de câble déroulée et la charge utilisée ». Par contre, au sol, un cycle est compté à partir d'un déroulement de câble supérieur à cinq mètres.

Or les équipages ne comptabilisent pas les déroulements de câble réalisés pour accrocher les treuillés ou les civières (cf. § précédent) comme des cycles de treuillage. Ils n'entrent donc pas dans le décompte des cycles permettant de programmer les opérations de maintenance. De plus, lors d'un treuillage, il y a en général un déroulement du câble avant et un autre après. Un treuillage équivaut alors à trois cycles. Le nombre de cycles réalisés est donc sous-estimé si on tient compte de la méthode de comptage du MEE 2^e niveau. Cela peut être un facteur d'usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage qui subissent plus de cycles que ceux réellement décomptés, d'autant que lors de ces déroulements, l'angle du câble à la sortie du canon guide câble est supérieur à 20°.

Le décompte du nombre de cycles de treuillage est sous-estimé par les équipages ce qui affecte le suivi de la maintenance du treuil.

2.3.2.1.5. Assiette en stationnaire

Lors des stationnaires, l'assiette²⁷ du Caracal est de 3 à 5° et jusqu'à 8° lorsqu'il y a un réservoir supplémentaire en soute. Par conséquent, l'assiette du treuil lors des stationnaires est aussi de quelques degrés. Les treuillages ne sont donc pas réalisés avec un câble vertical, mais avec un angle de sortie du câble permanent et faible.

²⁷ L'assiette est l'angle entre l'horizontale et l'axe longitudinal d'un aéronef.

Cet angle crée une contrainte permanente vers l'arrière sur les surfaces de contact entre les diamants de la vis d'enroulement et le doigt de guidage. Les surfaces diamants sollicitées dans ce cas-là correspondent à celles présentant des surplus de matière détectés au cours de l'expertise (cf. § 2.1.5.5).

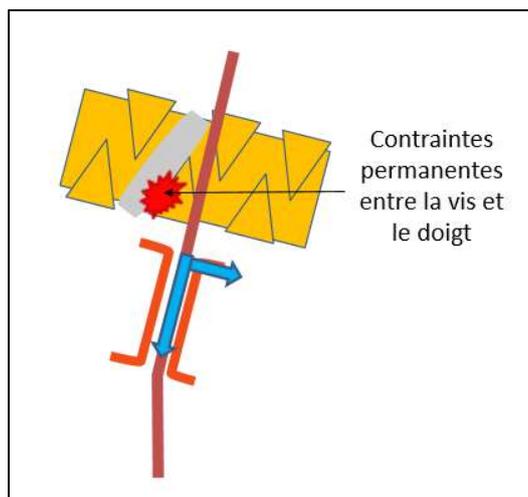


Figure 31 : schéma des contraintes dues à l'assiette (exagérée sur la figure) en stationnaire

Lors de la phase de certification, Goodrich a testé la durée de vie des éléments de ses treuils en réalisant de nombreux cycles sur des treuils au banc d'essais. Mais ces cycles ont été principalement réalisés avec un angle de sortie du câble nul. Une partie seulement des cycles a été réalisée avec un angle faible. L'influence sur la durée de vie des éléments d'un angle permanent bien que faible n'a donc pas été testée.

L'angle permanent de sortie du câble dû à l'assiette en stationnaire, bien que faible, pourrait avoir contribué à l'usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage.

2.3.2.2. Prise de décision de l'équipage

Après le blocage et alors que l'IMES annonce à l'équipage son intention d'utiliser le treuil en descente, aucun membre d'équipage n'émet de doute et le CDB approuve cette décision. Le câble se rompt pendant que le treuil est actionné en descente par l'IMES. Plusieurs éléments expliquent cette prise de décision de l'équipage.

2.3.2.2.1. Procédure en cas de panne de treuil

La procédure en cas de panne de treuil issue du MEB Cararal (cf. annexe 4, figure 35), indique de « faire une rapide recherche de panne (position sélecteur de mission, alimentation électrique) ».

L'IMES teste également les différentes commandes du treuil et le levier de fin de course haute. Il teste notamment les boutons situés sur la poignée de commande pour vérifier que la panne ne provient pas d'un défaut de cette poignée. Il teste le bouton de commande du treuil en montée ainsi qu'en descente pour confirmer la panne. Il s'aperçoit alors que le treuil est fonctionnel en descente.

C'est en effectuant une recherche de panne que l'IMES constate que celui-ci fonctionne en descente.

2.3.2.2.2. Absence de consigne interdisant l'utilisation du treuil après un dysfonctionnement

Dans son manuel de maintenance de niveau 2, au chapitre avertissement et consignes de sécurité, Goodrich indique d'interrompre un treuillage si un phénomène non conforme est constaté, dont un enroulement défectueux du câble sur le tambour ou un blocage du treuil (cf. annexe 4, figure 37). Toutefois, cette consigne est mentionnée dans une documentation de maintenance qui n'est pas destinée aux opérateurs.

Les documentations exploitant fournies par l'AAE, qu'elles soient génériques aux équipages d'hélicoptères ou spécifiques aux opérations sur Caracal, ne reprennent pas cette consigne de stopper les opérations de treuillage en cas de dysfonctionnement. Notamment, la procédure de panne de treuil décrite dans le MEB du Caracal (cf. annexe 4, figure 35) ne la reprend pas.

Cette consigne ne figure pas non plus dans le manuel de vol du Caracal fourni par AH. Le constructeur considère en effet que cette consigne relève des bonnes pratiques, qu'elle doit faire partie de la formation basique des treuillistes et qu'elle doit apparaître dans la documentation exploitant. Pourtant, les équipages de l'AAE utilisent les manuels de vol fournis par AH comme référence pour les procédures de vol.

La consigne demandant d'interrompre les treuillages en cas de phénomène non conforme dont un enroulement défectueux du câble sur le tambour ou un blocage du treuil n'est pas reprise dans les documentations d'exploitation.

2.3.2.2.3. Expérience de l'IMES sur d'autres types d'hélicoptères

Avant d'opérer sur Caracal, l'IMES a volé sur SA 330 Puma et AS 555 Fennec. Sur ces deux types d'hélicoptères, la procédure de panne de treuil prévoit de tenter de forcer le fonctionnement du treuil, par une commande directe hydraulique sur Puma (si le treuil est à vitesse fixe) et par un *shunt*²⁸ sur Fennec. Ainsi, en cas de panne de treuil sur ces types d'hélicoptères, la procédure ne prévoit pas de stopper les manœuvres de treuillage.

La grande expérience de l'IMES sur ces deux types d'hélicoptères (1 500 treuillages réalisés sur Puma et plus de 100 sur Fennec) a pu l'inciter à reprendre le treuillage en descente malgré le blocage en montée.

L'expérience passée de l'IMES sur d'autres types d'hélicoptères a pu l'inciter à utiliser le treuil du Caracal en descente malgré le blocage en montée.

2.3.2.2.4. Retour d'expérience d'évènements similaires antérieurs

Un évènement similaire de blocage de treuil a eu lieu en février 2017. Celui-ci s'est bloqué lorsque les treuillés étaient au niveau du marchepied. Ils ont donc pu remonter à bord de l'hélicoptère sans utilisation du treuil. Dans la fiche d'évènement aéronautique d'État (FEA-É) rédigée à l'issue de cet évènement²⁹, l'analyse expose qu'il faut « retenir de cet évènement qu'un treuil bloqué en montée peut correctement fonctionner en descente, permettant de reposer le treuillé en zone saine afin de le récupérer, plutôt que de le garder sous la machine, rendant le poser délicat ». Les autorités encouragent le partage de cette analyse à tout le personnel potentiellement confronté à ce type d'évènement. Ces éléments sont repris par la suite dans la présentation de la synthèse hebdomadaire de sécurité aérienne (SA) « Diffusion SA 38 » en 2017 par le CFA. Cette considération traduit une interprétation abusive des consignes car la panne rencontrée relevait d'une panne électrique et non d'un blocage mécanique.

Un autre évènement au cours d'un treuillage est survenu en août 2019 lors de la descente d'un SPH. Des à-coups ont été ressentis. La descente a alors été stoppée et le SPH a été remonté dans la soute pour être mis en sécurité. La FEA-É éditée précise que l'action à remonter du MES « paraît naturelle sur de simples à-coups ».

Les enseignements partagés d'évènements passés n'ont jamais mis en évidence un risque lié à l'utilisation d'un treuil ayant connu un blocage. Il est donc très probable que les équipages n'ont pas connaissance de ce risque. Au contraire, les commentaires diffusés par les chaînes SA rappellent qu'il est possible voire naturel de continuer d'utiliser le treuil en cas de panne.

Les traitements de ces deux évènements montrent également que la consigne d'interrompre les opérations de treuillage dès qu'un dysfonctionnement est rencontré, n'était pas en vigueur dans l'AAE.

²⁸ *Shunt* : dérivation.

²⁹ FEA-É 2017/AA/EH-Pyrénées/004 du 12 février 2017.

Les conclusions données à la suite de deux événements de treuillage précédant celui du 29 avril ont conduit à un partage d'une connaissance erronée au sein des équipages. Cette connaissance erronée est à l'origine d'une utilisation inadaptée du treuil par l'équipage après une panne de ce dernier.

2.3.2.2.5. Mise en sécurité des treuillés

La suite de la procédure de panne de treuil prévoit de déposer les treuillés au sol afin de les récupérer. L'IMES ayant constaté que le treuil fonctionne en descente, il indique à l'équipage qu'il va descendre les treuillés en même temps afin de les mettre en sécurité au sol le plus rapidement possible et éviter qu'ils ne soient à cinq mètres sous l'hélicoptère au moment de la dépose.

Le PCB annonce qu'il a entendu et compris cette information. Le reste de l'équipage qui a également entendu cette annonce de l'IMES n'intervient pas. Cela a conforté l'IMES dans son projet d'actionner le treuil en descente afin de sécuriser au plus vite les treuillés.

L'action de l'IMES de dérouler le câble découle d'une analyse des risques de la situation visant à mettre au plus vite les treuillés en sécurité. Cette décision est confortée par la réaction du reste de l'équipage.

2.3.2.3. Perception de signaux précurseurs

2.3.2.3.1. Ergonomie du treuil

La conception du treuil ne permet pas d'avoir un bon visuel sur l'enroulement du câble. En effet, le tambour est enfermé dans un carter qui n'est ouvert que sur une partie située sur le dessous afin de faire passer le câble. La vue du câble par celle-ci est partiellement obstruée par la présence du guide câble. Pour voir un défaut d'enroulement, l'IMES doit donc se pencher à l'extérieur du Caracal et regarder vers le haut. Il ne peut plus alors regarder les treuillés et ne peut donc plus assurer leur sécurité.

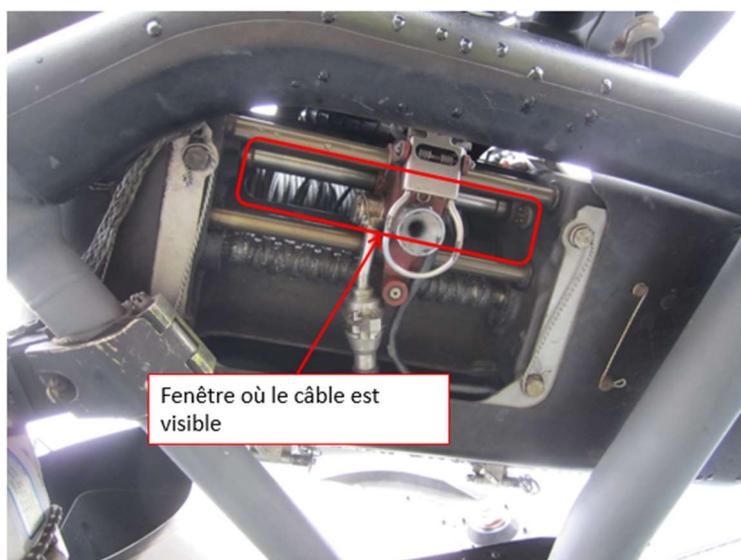


Figure 32 : vue du câble par le dessous du treuil.

L'ergonomie du treuil ne facilite pas la détection d'un potentiel défaut d'enroulement du câble par l'équipage de soute. La nécessité de surveillance du treuillage en cours est incompatible avec un contrôle de l'enroulement du treuil.

2.3.2.3.2. Simulation d'une panne de TB

Du fait de la simulation de panne de TB pendant la remontée, le MES a dû lâcher le câble de sa main droite pour réaliser les signes de guidage. Il n'a donc pas pu ressentir des éventuels signes de mauvais enroulement du câble comme des à-coups ou des vibrations.

Au moment du blocage, l'IMES n'était pas à la commande du treuil. Il était concentré sur le guidage effectué par le MES à l'aide de ses mains. Il devait donc surveiller à la fois la position des treuillés et la main droite du MES.

La simulation de panne de TB a contribué à diminuer les chances de détection d'un éventuel dysfonctionnement.

2.3.2.3.3. Environnement sonore

Au sein d'un cockpit, l'environnement sonore est naturellement bruyant et la détection de panne au travers d'un son est particulièrement complexe. Cette contrainte auditive est davantage présente lors d'un treuillage durant lequel la porte arrière de l'hélicoptère est ouverte. Le bruit ambiant à la porte du Caracal rend extrêmement difficile la perception d'un éventuel bruit anormal pouvant alerter d'un mauvais enroulement du câble.

Le MES et l'IMES n'ont perçu aucun bruit anormal permettant de les alerter d'un défaut d'enroulement du câble.

2.3.2.3.4. Perception tardive d'une vibration par l'IMES

Lorsque l'IMES comprend qu'il y a une panne, il reprend immédiatement la poursuite du treuillage. L'IMES n'a pas pour habitude de systématiquement mettre une main sur le câble pour accompagner la descente ou la montée du treuillage. Lors de l'évènement, il ne met pas sa main sur le câble mais balaie visuellement celui-ci. Lors de cette surveillance visuelle, aucun défaut de fonctionnement n'est détecté.

Si cette pratique peut priver d'une potentielle détection d'un mouvement anormal du câble, la procédure de treuillage n'impose pas d'avoir une main en permanence sur le câble de treuillage, bien que cela soit une bonne pratique couramment utilisée.

Enfin, la rupture du câble a été brutale. Grâce à sa forte expérience, l'IMES a, malgré le bruit ambiant, perçu une vibration anormale du tambour quelques instants avant la coupure du câble mais il n'a pas eu le temps de réagir.

**La procédure de treuillage n'impose pas l'utilisation systématique de la main sur le treuil, considéré comme une bonne pratique. Cela n'a pas favorisé la détection de signaux précurseurs, sans qu'il soit possible d'affirmer que des signaux précurseurs étaient présents lors de cet évènement.
Le seul signal anormal perçu par l'IMES était trop tardif et n'a pas permis d'intervenir avant la rupture du câble.**

2.3.2.3.5. Absence de communication radio avec le SPH

Certains dysfonctionnements au cours d'un treuillage peuvent être ressentis par les personnes treuillées. C'est le cas notamment des à-coups qui le sont systématiquement ou des vibrations.

Il est possible que le SPH et l'infirmier aient ressenti de tels phénomènes inhabituels pendant le dernier treuillage à la remontée ou lors de la redescente juste avant la rupture. Toutefois, ils ne disposaient pas d'un moyen de communication avec le reste de l'équipage utilisable pendant les treuillages. Le SPH n'était équipé que d'une radio VHF portable utilisable seulement au sol. Ainsi, s'ils ont ressenti de tels phénomènes, ils n'ont pas pu prévenir l'équipage.

L'absence de moyen de communication utilisable pendant le treuillage n'a pas permis au SPH de prévenir l'IMES d'éventuels phénomènes anormaux ressentis.

2.3.2.4. Choix de la hauteur de treuillage

Avant le dernier treuillage, le PCB annonce qu'il prendra « volontairement » une grande hauteur de l'ordre de 180 pieds. Un treuillage s'effectue habituellement à une hauteur d'environ 70 à 80 pieds, compromis entre le souffle du rotor et la rapidité d'exécution liée à la longueur de câble à dérouler. Les treuillages sont rarement réalisés à plus de 130 pieds. Toutefois, un équipage peut choisir de réaliser des treuillages à des hauteurs plus importantes, notamment en environnement montagneux ou lors des entraînements afin d'accroître la précision de pilotage ou la difficulté pour le treuilliste. Bien qu'aucune documentation ne référence la hauteur au-delà de laquelle un treuillage est considéré comme « grande hauteur », il est admis par les équipages de l'AAE que tout treuillage effectué au-delà de 160 pieds entre dans ce cadre.

Le blocage du guide câble intervient au cours de ce treuillage et pas au cours des précédents. C'est le premier treuillage au cours duquel la rangée 2 est utilisée, du fait du choix de la hauteur. C'est donc le premier pendant lequel le guide câble subit un retournement du côté opposé au moteur, lors du passage entre la rangée 2 et la rangée 3.

Si la raison pour laquelle le blocage du guide câble se produit au cours de ce treuillage est la hauteur choisie par le PCB, celle-ci n'est toutefois pas un facteur contributif à une usure prématurée de la vis. Il est très probable que cette usure était déjà existante avant le vol et non détectée car la plupart des treuillages sont réalisés à moins de 130 pieds.

Le choix de réaliser un treuillage grande hauteur est la raison pour laquelle le blocage intervient spécifiquement durant ce treuillage mais n'a pas contribué à une usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage.

2.3.2.5. Analyse des événements de treuillage

Plusieurs autres événements se sont produits lors de l'utilisation de treuils Goodrich sur des aéronefs d'État. Ils ont systématiquement fait l'objet d'un compte rendu de fait technique (CRFT) par l'autorité d'emploi (AE) concernée. Pour les événements devant être portés à la connaissance du détenteur du certificat de type (DCT)³⁰ et de l'autorité technique³¹, et dans le cas où cela n'est pas fait par l'unité émettrice, la direction de la maintenance aéronautique (DMAé) adresse un compte rendu d'évènement (CRE) à Goodrich et à AH. Ces deux industriels reçoivent donc l'intégralité des CRFT devant être portés à leur connaissance (les faits techniques engageant la sécurité). Il existe néanmoins des faits techniques (ne relevant pas des critères de transmission vers le DCT et l'autorité technique) qui ont pu ne pas avoir été transmis aux industriels.

En retour, la DMAé n'a pas toujours de retour des industriels suite à la transmission de ces différents compte rendu. Elle n'est également pas informée des éventuels autres événements affectant des treuils installés sur des aéronefs sortant du champ de l'aéronautique d'État. La DMAé ne dispose donc à ce jour d'aucune information pertinente permettant de comparer les utilisations particulières et les problèmes associés des utilisateurs hors aéronautique d'État.

La transmission entre la DMAé et les industriels des différents compte rendu suite à des événements de treuillage respecte les règles permettant leur traitement, cependant insuffisantes à amorcer un échange utile des retours d'expérience.

2.3.2.6. Gestion des secours

Les deux treuillés ont chuté d'une hauteur estimée à environ 40 mètres. Les chances de survie à une telle chute sont très faibles. Dès que l'équipage prend conscience de ce qui vient d'arriver, la décision est prise de poser le Caracal sur la zone du rail au plus près des treuillés. Ainsi, moins d'une minute après la chute, ces derniers sont pris en charge par l'ISPH et l'IMES. L'équipage ne dispose alors que de la trousse de premiers secours du lot de bord du Caracal pour intervenir.

³⁰ AH dans le cas présent.

³¹ Selon l'instruction n° 3/DEF/SIMMAD/SDTN relative à la diffusion et au traitement des comptes rendus de fait technique du maintien en condition opérationnelle aéronautique.

Le PCB tente de contacter par radio sans succès l'approche de Cazaux ainsi que les opérations de l'EH pour demander les secours. Il contacte par téléphone le permanent SAA de l'EH mais la communication est difficile. Il est recontacté par téléphone par le commandant de l'EH, qui, sur une base partielle d'appréciation de la situation, lui recommande de ne pas déplacer les victimes.

L'équipage est alors confronté au choix de rester sur place en attendant les secours pour ne pas déplacer les victimes ou de les embarquer pour les rapatrier au plus vite à Cazaux pour une prise en charge par les secours. Au final, le PCB décide de rapatrier les victimes sur Cazaux optimisant ainsi le délai de prise en charge des victimes par une équipe médicale. En effet, sur le site Landes de DGA EM, il n'y a qu'un détachement de pompiers spécialisés dans la lutte anti-incendie, basé à une dizaine de kilomètres du lieu de l'évènement. Le vol retour dure environ 8 minutes et la prise en charge effective par les secours à Cazaux a lieu 20 minutes après l'évènement.

Dans le cas présent, la décision prise par l'équipage de rapatrier les victimes à Cazaux était judicieuse.

3. CONCLUSION

L'évènement est une rupture du câble du treuil lors d'un treuillage à grande hauteur.

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

Un équipage doit réaliser une mission d'instruction aux procédures de treuillage et aux poser poussière à bord d'un H-225 M Caracal. L'équipage est constitué d'un PCB, d'un copilote, d'un IMES et d'un MES, d'un ISPH et d'un SPH, et d'un infirmier.

Il décolle de la BA 120 de Cazaux vers 14 heures et se dirige initialement vers les zones de travail d'Ychoux pour deux premiers treuillages puis vers le CEL pour évoluer au-dessus de la zone du rail.

L'équipage réalise huit treuillages sur un bâtiment désaffecté afin de réaliser un scénario d'entraînement au profit du MES et du SPH. À l'issue, l'équipage réalise deux derniers treuillages avec le PCB aux commandes. Au cours du dernier treuillage réalisé à grande hauteur et lors de la remontée du SPH et de l'infirmier, l'IMES initie une panne de TB. Le MES réalise alors les signaux de guidage prévus avec sa main droite et lâche le câble. Lorsque les treuillés sont cinq mètres sous le marchepied, le treuil se bloque, sans que l'équipage ne perçoive un signal de mauvais fonctionnement. Les treuillés, s'ils ont perçu un signe du dysfonctionnement du treuil, n'ont toutefois pas de moyen de communication pour prévenir le reste de l'équipage. L'IMES reprend alors le treuillage à son compte, confirme la panne mais constate que le treuil fonctionne en descente.

L'équipage décide de déposer les treuillés au sol puis de poser le Caracal pour les récupérer. Pour mettre en sécurité au plus vite les treuillés et pour éviter d'atterrir alors qu'ils ne sont que 5 mètres sous le marchepied, l'IMES actionne le treuil en descente. Après une douzaine de secondes de descente, le câble du treuil se rompt. Le SPH et l'infirmier chutent d'environ 40 mètres.

Le Caracal se pose immédiatement et l'IMES et l'ISPH portent assistance aux victimes.

En l'absence de secours à proximité, le PCB décide de rapatrier les victimes sur la BA 120.

Le SPH à l'instruction est déclaré décédé et l'infirmier est évacué par l'hélicoptère de la Sécurité civile vers Bordeaux. Il décède dans la nuit.

3.2. Causes de l'évènement

La rupture du câble a lieu pendant l'action du treuil en descente et est due au cisaillement de plusieurs torons du câble par frottement sur les bords du flasque côté opposé au moteur.

Le blocage du treuil pendant la remontée est dû à une usure de la vis d'enroulement et du doigt de guidage, conduisant à :

- une désynchronisation du tambour et du guide câble, ce dernier se retrouvant bloqué du côté opposé au moteur ;
- un perruquage du câble et le passage d'une spire derrière le flasque côté opposé au moteur ;
- un frottement du câble sur le carter du treuil bloquant alors le système.

Les éléments suivants ont pu contribuer à l'usure de la vis d'enroulement et du doigt de guidage :

- la fréquence des contrôles de ces pièces qui ne sont réalisés que lors des entretiens majeurs chez Goodrich ;
- la présence de sable collé à la graisse de la vis d'enroulement ;
- un angle du câble à la sortie du canon guide câble parfois supérieur à 20°, notamment lors des phases de sécurisation en soute des treuillés ou des civières ou lors des treuillages avec déplacement du Caracal ;
- une sous-estimation du nombre de cycles ayant une influence sur le suivi de la maintenance.

Les éléments suivants ont pu contribuer à la décision de l'équipage de reprendre la descente des treuillés :

- une absence de consigne, dans les différentes documentations opérationnelles, interdisant de reprendre le treuillage après un dysfonctionnement ;
- des retours d'expérience d'évènements précédents incitant à utiliser le treuil après un dysfonctionnement s'il reste fonctionnel dans un sens ;
- la mise en œuvre de la procédure de panne de treuil, qui a conduit l'IMES à se rendre compte que le treuil restait fonctionnel en descente ;
- l'expérience de l'IMES sur d'autres types d'hélicoptères sur lesquels les procédures prévoient des moyens de poursuivre les treuillages malgré un blocage ;
- la volonté de mettre les treuillés en sécurité le plus rapidement possible en accélérant la dépose et en évitant d'atterrir avec les treuillés bloqués cinq mètres sous le marchepied ;
- une absence de signaux précurseurs à la rupture du câble ;
- la difficulté de percevoir les signes de dysfonctionnement du treuil dans un environnement sonore bruyant et sans avoir la main sur le câble ;
- l'ergonomie du treuil.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Étendue des recommandations

Les recommandations fixées dans ce rapport d'enquête de sécurité sont axées sur les treuils Goodrich de type 76368-240-D équipant les Caracal de l'armée de l'Air et de l'Espace. Toutefois, de nombreux CRFT font remonter des incidents de treuillage sur d'autres types de treuil qui peuvent conduire aux mêmes recommandations.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux sociétés Goodrich et AH et aux exploitants de l'aéronautique d'état d'étudier l'applicabilité des recommandations énoncées dans ce rapport d'enquête de sécurité aux autres types de treuil en service sur les aéronefs de l'aéronautique d'État.

R1 – [A-2020-04-A] Destinataires : Goodrich, AH, DMAé, CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC, DGDDI

4.1.2. Durée de vie des vis d'enroulement et des doigts de guidage

Les vis d'enroulement et les doigts de guidage n'ont pas de durée de vie définie. Le remplacement de ces pièces est effectué en accord avec les contrôles demandés dans le MEE 3° niveau de maintenance qui définit les travaux à réaliser lors des révisions générales de ces treuils. Le changement de ces pièces n'est donc pas systématique.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich de définir une durée de vie des vis d'enroulement et des doigts de guidage de ses treuils et d'étudier l'opportunité de les changer systématiquement pendant les entretiens majeurs.

R2 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.3. Entretien préventif

La vis d'enroulement et le doigt de guidage ne sont contrôlés que lors des entretiens majeurs chez l'industriel.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich d'inclure dans les entretiens préventifs de ses treuils un contrôle des vis d'enroulement et des doigts de guidage, précisant des critères d'usure mesurables lors de ceux-ci.

R3 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.4. Présence de grains de sable

La documentation ne précise pas clairement la conduite à tenir en cas de présence de grains de sable collés à la graisse de la vis d'enroulement. Le MEE 2° niveau demande de nettoyer le câble et les parties adjacentes après un vol en conditions marine ou par vent de sable. Le document ne précise pas de manière explicite ce que sont les parties adjacentes. Or, le système de guidage incluant la vis d'enroulement et le doigt de guidage semble en faire partie. De même, le document ne précise pas clairement si le nettoyage du câble et des parties adjacentes comprend le graissage de la vis d'enroulement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich de clarifier dans les MEE 2^e niveau de ses treuils la conduite à tenir en cas de présence de grains de sable collés à la graisse de la vis d'enroulement et de préciser les modalités de nettoyage du câble et des parties adjacentes en les explicitant, après des opérations en conditions marine et par vent de sable.

R4 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.5. Graissage de la vis d'enroulement

Le MEE 2^e niveau demande de graisser la vis lors des différents entretiens préventifs : « appliquer une fine couche de graisse répondant à la norme AIR 4217 sur l'ensemble de la vis d'enroulement ». La quantité de graisse à appliquer n'est pas formellement indiquée. Or un excès de graisse peut être néfaste, par exemple en retenant des grains de sable.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich de clarifier dans les MEE 2^e niveau de ses treuils comment assurer un graissage correct de la vis d'enroulement.

R5 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.6. Diminution du jeu entre le flasque et le carter

Lors du perruquage du câble, une spire est passée derrière le flasque côté opposé au moteur. Sans ce phénomène, le câble aurait éventuellement pu se dérouler sans rompre. L'AAE a connu un autre cas de blocage de treuil (sans rupture du câble) sur Puma (treuil n° 271) dû au passage d'une spire derrière un des flasques du tambour³².

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich d'étudier l'opportunité de modifier la définition de ses futurs treuils afin d'empêcher les câbles de passer derrière les flasques des tambours.

R6 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.7. Position du guide câble

Lorsque le câble est entièrement enroulé, et en fonction de la tension du câble, le guide câble est situé au niveau de la pointe de retournement côté opposé au moteur. Celle-ci sera alors sollicitée à chaque treuillage alors que les pointes de retournement sont celles connaissant déjà les contraintes les plus importantes du fait du retournement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich, en liaison avec les AE, de modifier ses treuils utilisés sur les avions d'État pour que le guide câble soit situé au centre des vis d'enroulement lorsque le câble est enroulé.

R7 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

³² CRFT G3Q/PUMA SA330/EH01-044/18/009 défaut d'alignement galet enrouleur treuil hydraulique.

4.1.8. Absence de contrôle visuel du bon enroulement du câble

Les treuils de type 76368-240-D disposent de plusieurs accès visuels au câble. Ceux-ci sont occultés par un capot installé par AH (excepté l'ouverture par où passe le câble). L'opérateur ne peut donc pas contrôler aisément le bon enroulement du câble.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société AH, en liaison avec la société Goodrich, de modifier les capots des treuils des Caracal afin d'inclure un accès visuel au câble permettant à l'opérateur de pouvoir contrôler aisément le bon enroulement de celui-ci.

R8 – [A-2020-04-A] Destinataire : AH

De plus, certains types de treuil disposent de dispositifs techniques permettant de détecter et d'avertir l'équipage en cas d'enroulement anormal du câble. Les treuils Goodrich utilisés sur les hélicoptères d'État n'en sont pas dotés.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich d'étudier la possibilité de doter ses treuils de dispositifs de détection d'enroulement anormal du câble.

R9 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.1.9. Assiette en stationnaire

L'angle permanent de sortie du câble en stationnaire, bien que très faible, pourrait avoir contribué à l'usure accrue de la vis d'enroulement et du doigt de guidage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux société AH et Goodrich de contrôler si l'exploitation courante des treuils avec un angle permanent de sortie du câble, bien que faible, engendre une usure prématurée de la vis d'enroulement et du doigt de guidage et, si c'est le cas, de déterminer des solutions techniques pour y remédier.

R10 – [A-2020-04-A] Destinataires : AH, Goodrich

4.1.10. Exploitation du treuil

Le MEE 2^e niveau indique que le treuil doit être utilisé uniquement en stationnaire. Pourtant, certaines procédures utilisées par l'AAE imposent d'utiliser le treuil en déplacement. De même, pour hisser les treuillés à la potence ou pour sortir les civières, le treuil est utilisé avec un angle de sortie du câble supérieur à la limitation de 20° fixée dans le MEE 2^e niveau.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société AH de préciser les conditions d'utilisation des treuils selon ces contraintes.

R11 – [A-2020-04-A] Destinataire : AH

4.1.11. Consignes d'interruption des treuillages en cas de dysfonctionnement

La consigne de stopper les actions d'enroulement et de déroulement du câble en cas de dysfonctionnement du treuil est souvent présentée comme une « bonne pratique », qui doit être appliquée par les exploitants. Elle n'était pas inscrite dans les documentations exploitant de l'AAE ni dans le PMV et n'était pas connue de cet équipage et probablement pas des autres équipages de l'AAE.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société AH de reprendre dans les documentations d'exploitation des hélicoptères équipés la consigne de ne plus manœuvrer les treuils en montée ou en descente, sauf en cas de nécessité absolue, dès lors qu'il y a un dysfonctionnement du treuil.

R12 – [A-2020-04-A] Destinataire : AH

Le BEA-É recommande également :

à toutes les AE de décliner, dans les documentations exploitant et lors des formations et ce pour tous les types de treuil, la consigne de ne plus manœuvrer les treuils en montée ou en descente, sauf en cas de nécessité absolue, dès lors qu'il y a un dysfonctionnement du treuil.

R13 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC et DGDDI

4.1.12. Comptage du nombre de cycles et maintenance associée

Le MEE 2^e niveau indique qu'en vol, tout déroulement de câble est un cycle quelles que soient la longueur de câble déroulée et la charge utilisée. Au sol, ce même document indique qu'un cycle correspond à un déroulement de câble de plus de cinq mètres quelle que soit la charge utilisée.

Au sein de l'AAE, les déroulements de câble pour sécuriser les treuillés ne sont pas comptabilisés comme un cycle. Le nombre de cycles est donc sous-estimé. Et si ces déroulements venaient à être comptabilisés comme un cycle, la majeure partie des treuillages effectués compterait pour deux ou trois cycles (déroulement pour sécuriser avant le treuillage, treuillage en lui-même et déroulement pour sécuriser après le treuillage). La fréquence des maintenances serait alors fortement augmentée.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace, en liaison avec la société AH, de s'assurer des méthodes de comptage des cycles de treuillage par ses opérateurs et d'adapter si besoin la fréquence des maintenances.

R14 – [A-2020-04-A] Destinataire : CEMAAE

4.1.13. Tenue du câble

Ni le MES du fait de la panne de TB, ni l'IMES n'avaient la main sur le câble lors du treuillage ayant conduit à l'évènement. Pourtant, c'est un moyen efficace pour détecter un dysfonctionnement du treuil.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à toutes les AE d'évaluer l'intérêt de garder, en fonction des missions considérées, une main sur le câble lors des treuillages pour pouvoir détecter un éventuel dysfonctionnement et dans l'affirmative de le formaliser.

R15 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC et DGDDI

Sur le mini-manche du Caracal de l'AAE, il n'y a pas de commande du treuil. Lorsque le MES l'utilise, il doit donc le tenir d'une main et tenir la commande du treuil de l'autre. Il ne peut donc plus tenir le câble lorsqu'il utilise le mini-manche. Certaines versions du mini-manche sont dotées des commandes du treuil.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DGA/AT en liaison avec les AE concernées, d'évaluer l'intérêt d'installer à bord des hélicoptères d'État dotés de mini-manche des versions de ceux-ci disposant de commandes du treuil permettant de libérer une main du treuilliste pour tenir le câble.

R16 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA/AT

4.1.14. Moyen de communication

Le SPH n'était pas doté de moyen de communication avec l'équipage utilisable pendant le treuillage et qui aurait pu lui permettre de prévenir l'IMES s'il a ressenti un fonctionnement anormal du treuil.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à toutes les AE, en liaison avec la DGA/AT, de doter les personnels d'intervention de moyen de communication avec le reste de l'équipage utilisable pendant les phases de treuillages.

R17 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC et DGDDI

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

4.2.1. Échange d'information sur les évènements de treuillage

Les CRFT concernant les évènements de treuillage sont adressés aux industriels. Ces derniers ne communiquent pas sur la prise en considération de ces comptes rendus émis et ne transmettent pas systématiquement les éventuels comptes rendus d'évènements de treuillage qui peuvent survenir sur des treuils installés sur des avions sortant du champ de l'aéronautique d'État.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DMAé, en liaison avec les sociétés Goodrich et AH de consolider le processus de traitement des différents comptes rendus d'évènements afin de systématiser l'échange d'information lorsqu'elle est pertinente.

R18 – [A-2020-04-A] Destinataires : DMAé, Goodrich, AH

4.2.2. Fiabilisation des autres systèmes du treuil

L'origine identifiée du mauvais enroulement du câble est l'usure de la vis d'enroulement et du doigt de guidage. D'autres origines, comme le système d'extraction, ont été identifiées dans d'autres incidents ayant entraîné un mauvais enroulement du câble.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich d'étudier les améliorations nécessaires à la fiabilisation des autres systèmes des treuils pouvant entraîner un mauvais enroulement du câble.

R19 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.2.3. Changement du câble en conditions sévères

Le PE prévoit une durée d'utilisation des câbles P/N 710696-100 des treuils 76368-240-D de quatre ans maximum (à partir de la date d'installation sur le treuil), lorsque le treuil est utilisé en conditions climatiques normales. Cette durée d'utilisation est réduite à deux ans lorsque le treuil est utilisé en atmosphère « saline et/ou sablonneuse et/ou poussiéreuse et/ou tropicale et humide ». Ces critères ne sont pas définis dans le PE. Ils sont en revanche définis dans le PEA EC725AP (cf. annexe 4, figure 33) et l'EH n'est alors pas considéré comme évoluant dans de telles conditions.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich, en liaison avec AH de s'assurer que la définition des conditions saline et/ou sablonneuse et/ou poussiéreuse et/ou tropicale et humide données dans le PEA d'AH sont utilisables pour ses treuils.

R20 – [A-2020-04-A] Destinataires : Goodrich, AH

4.2.4. Marques sur la vis d'enroulement

Lors de l'expertise, l'enquête a relevé des marques non conformes et d'origine inconnue sur la vis d'enroulement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la société Goodrich de poursuivre les investigations pour déterminer l'origine de ces marques.

R21 – [A-2020-04-A] Destinataire : Goodrich

4.2.5. Version plus récente du treuil

La société Goodrich propose une version évoluée du treuil 76368-240-D, dénommée 76368-500. Cette nouvelle version présente de nombreux avantages, dont une vis d'enroulement en acier traitée en surface sur les zones de glissement du doigt, un doigt de guidage pouvant être remplacé par l'utilisateur et un câble en inox résistant à la corrosion. Certaines de ces pièces pourraient également être adaptées sur l'ancienne version. Toutefois, cette nouvelle version du treuil n'a pas été certifiée en France.

De plus, les futurs Caracal qui seront livrés à l'AAE seront dotés de treuils électriques.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DGA/AT, en liaison avec la société Goodrich et les AE concernées, d'étudier l'opportunité :

- de remplacer les treuils 76368-240-D ou 76378-260-D par la version -500 ou, a minima, de remplacer les vis d'enroulement.

ou

- de remplacer les treuils hydrauliques des Caracal en service par des treuils électriques.

R22 – [A-2020-04-A] Destinataires : DGA/AT, Goodrich, CEMAAE, CEMAT, CEMM

4.2.6. Montage du faisceau étoupille

Le montage du faisceau étoupille sur le treuil n° 301 n'était pas conforme.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace et à l'armée de Terre de contrôler la position des faisceaux étoupille sur leurs treuils 76368-240-D et de la corriger si nécessaire.

R23 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT

4.2.7. Interruption des exercices en cas de panne réelle

Pour simuler la panne de TB, l'IMES a débranché la prise audio du casque du MES, privant ce dernier de toute possibilité de contact avec l'équipage en cas de problème. De plus, il n'existe pas de procédure, par exemple un signe, pour interrompre un exercice de panne de TB en cas de panne réelle. En effet, le cas de la double panne (ici simulation de panne de TB et panne réelle de treuil) n'est pas envisagé ni abordée aux différents briefings. Il a donc fallu plus d'une minute et demie au MES pour faire comprendre à son instructeur que le treuil était en panne. Ce délai aurait pu compromettre la sécurité des treuillés qui à ce moment-là étaient accrochés cinq mètres sous le marchepied.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à toutes les AE de formaliser une procédure fiable d'interruption d'exercice en cas de panne réelle, comprenant une gestuelle.

R24 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC et DGDDI

4.2.8. Lot de secours complémentaire

Lorsque l'équipage porte assistance aux victimes, il ne dispose que de la trousse de premiers secours du lot de bord du Caracal. Il ne dispose pas d'un lot complémentaire, par exemple de type PSE2³³, embarqué lors des missions d'aérocordages. Si, dans ce cas spécifique, ce lot n'aurait pas permis de sauver les deux militaires treuillés, il pourrait être utile lors d'autres évènements de treuillage ou au cours d'activités à risques.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à toutes les AE et au service de santé des Armées, l'embarquement d'un lot de secours complémentaire à définir (de type PSE2 ou autre) lors des activités à risques.

R25 – [A-2020-04-A] Destinataires : CEMAAE, CEMAT, CEMM, DGA, DGGN, DGSCGC, DGDDI, DCSSA

4.2.9. Validité des aptitudes et des qualifications

Au-delà du constat d'une erreur de validité d'aptitude, le commandement de l'EH Pyrénées doit pouvoir suivre et contrôler la validité de nombreuses aptitudes et qualifications de son personnel. Pour cela, il utilise un outil local basé sur un tableur Excel qui présente des défauts : il laisse passer des erreurs de saisie difficiles à détecter, pouvant entraîner des erreurs de gestion et comporte un très grand nombre de cases rendant son suivi difficile. Cette problématique identifiée depuis 2017 se retrouve dans d'autres unités de l'AAE.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace d'étudier la mise en place au sein de ses unités d'outils validés garantissant le suivi des aptitudes et des qualifications de son personnel.

R26 – [A-2020-04-A] Destinataire : CEMAAE

4.2.10. Large diffusion du rapport

Ce rapport d'enquête présente des conclusions qui peuvent intéresser à titre de retour d'expérience de nombreux opérateurs réalisant des missions de treuillages.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux sociétés Goodrich et AH, à des fins de prévention et en raison de l'importance des flottes équipées de treuils, d'assurer une large diffusion de ce rapport à leurs clients.

R27 – [A-2020-04-A] Destinataires : Goodrich, AH

³³ Le lot de type PSE2, premiers secours en équipe de niveau 2, comprend notamment de l'oxygène médicale et des dispositifs d'immobilisation.

ANNEXES

Annexe 1 : extrait du FDR.....	51
Annexe 2 : déroulé schématique de la séquence de l'évènement.....	52
Annexe 3 : angle de sortie du câble	56
Annexe 4 : extraits des documentations.....	58

ANNEXE 1
EXTRAIT DU FDR

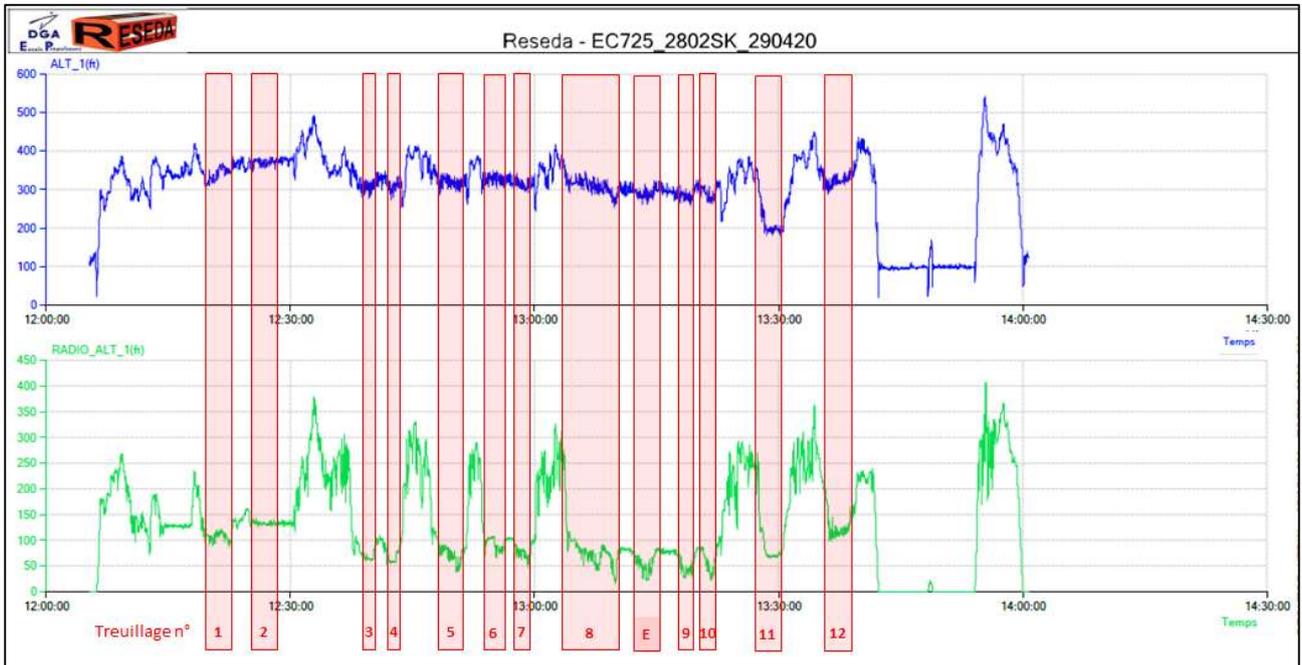
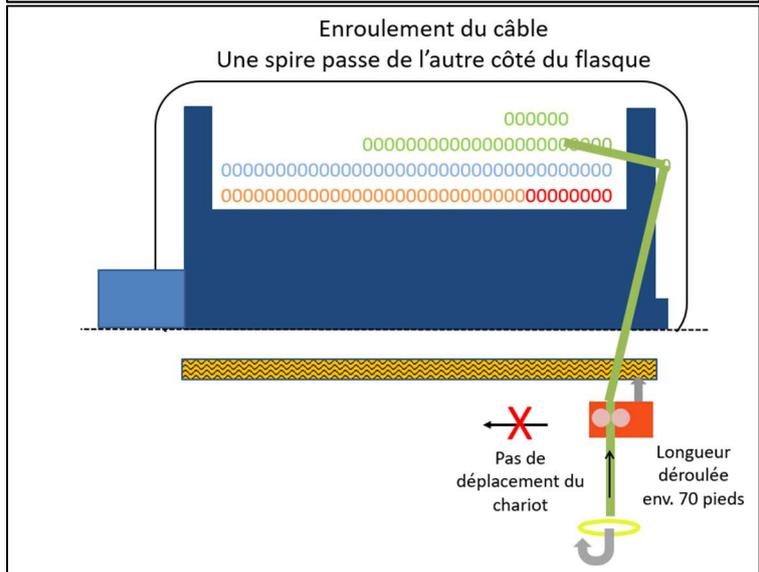
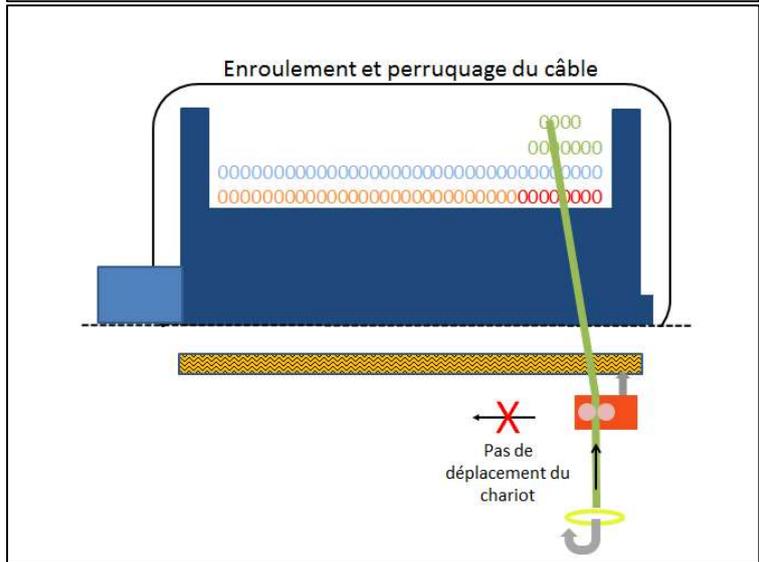
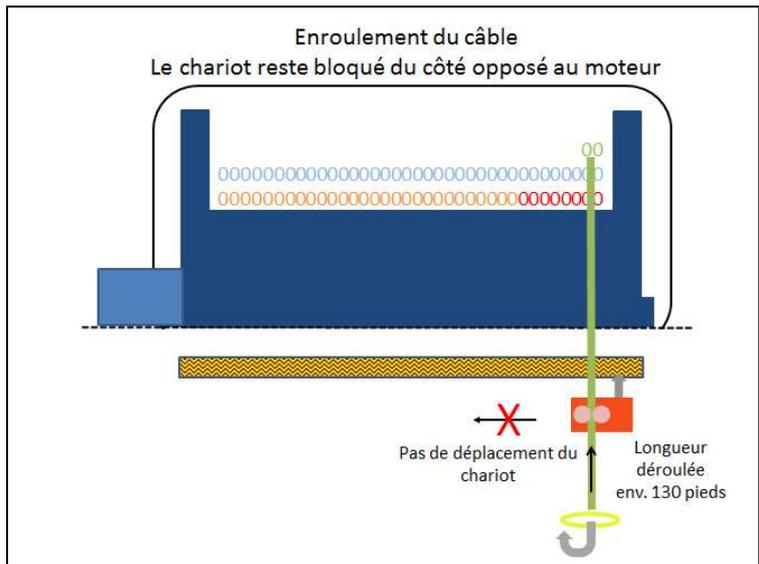
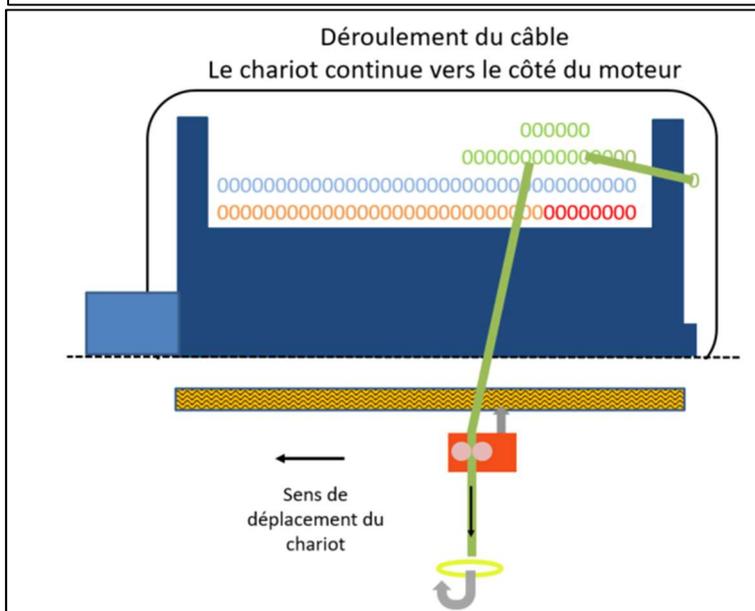
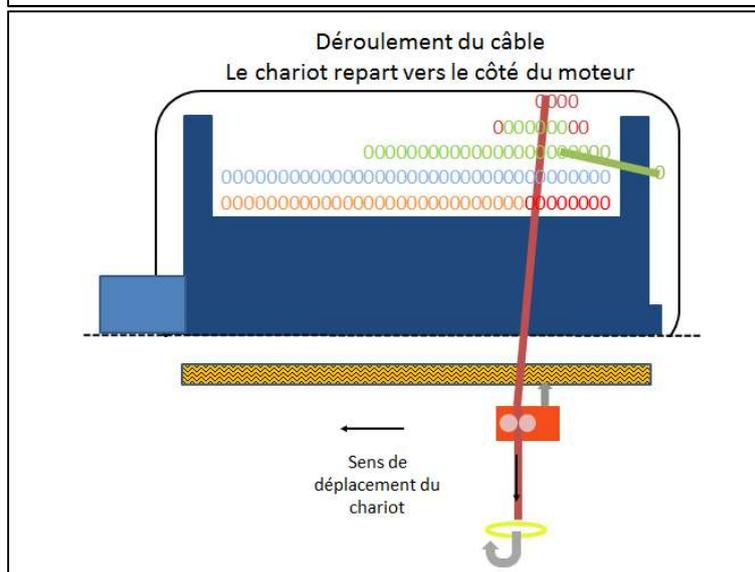
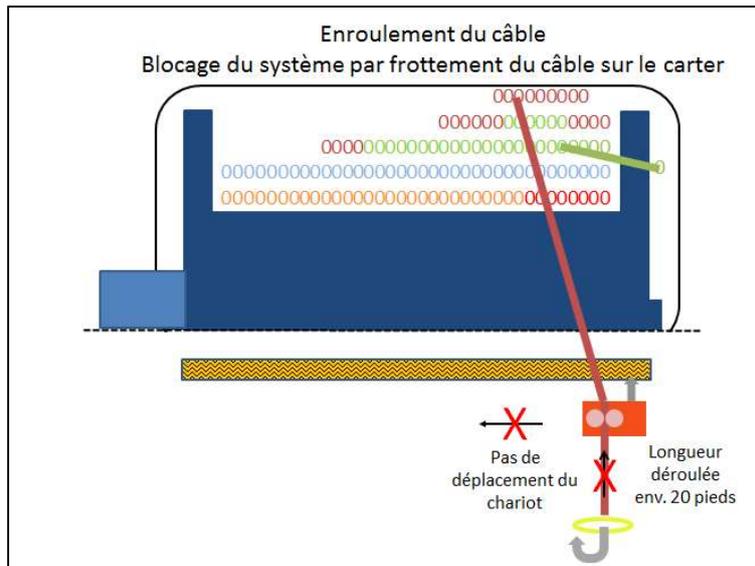
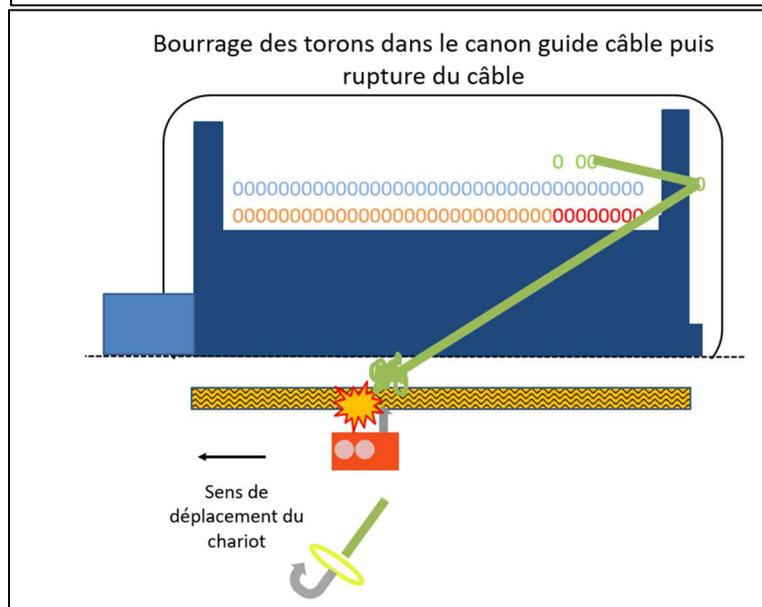
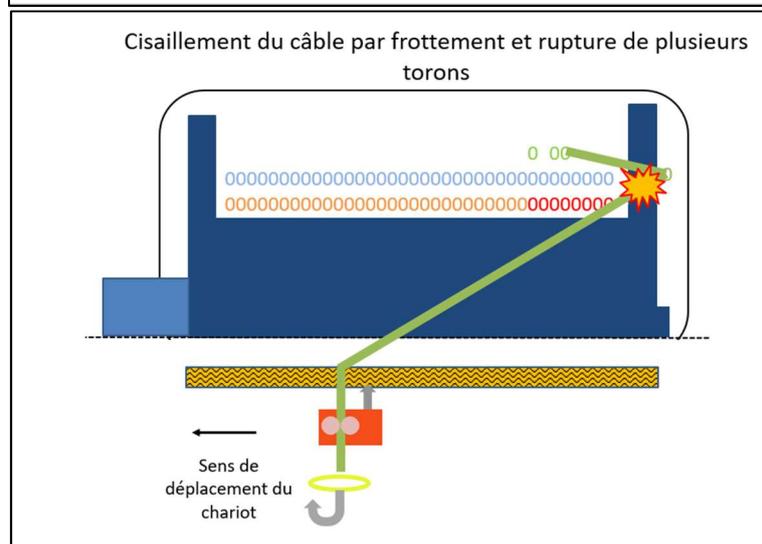
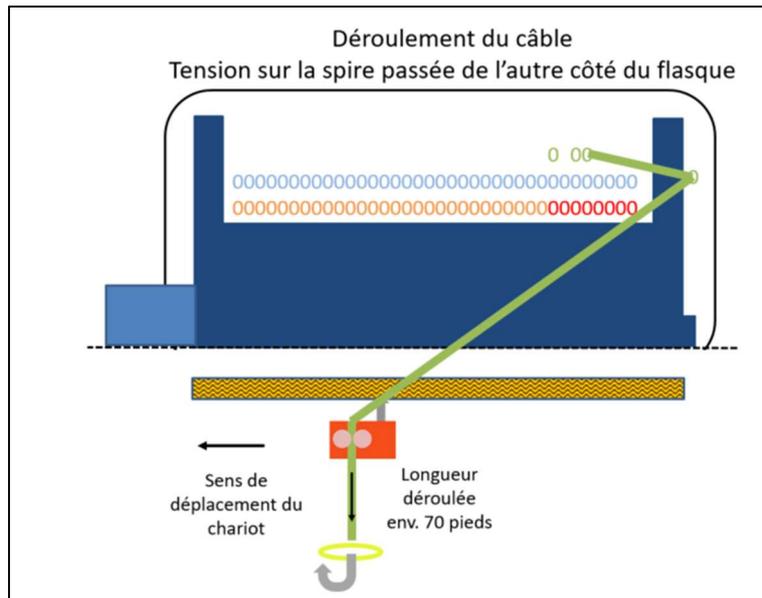


Figure 33 : extrait du FDV, paramètres altitude et hauteur

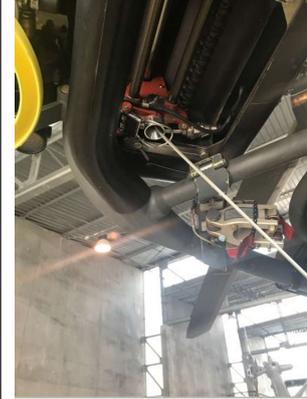






**ANNEXE 3
ANGLE DE SORTIE DU CABLE**

Configuration				Angle
<p>1 SPH (harnais/baudrier) interface 35 centimètres</p>				<p>22°</p>
<p>2 SPH (harnais/baudrier) interface 35 centimètres</p>				<p>24°</p>
<p>1 SPH (brassière) accrochage directe</p>				<p>22°</p>

<p>Civière TRS902 accrochage directe</p>				<p>40°</p>
<p>Sécurisation soute Entrée/Sortie</p>				<p>< 20°</p>

ANNEXE 4 EXTRAITS DES DOCUMENTATIONS

- Atmosphère tropicale et humide.
Combinaison de température ambiante et un taux d'humidité élevés (à partir de +28 °C (+82,4 °F) et 75% d'humidité relative).
- Atmosphère saline.
Lorsqu'un aéronef est basé sur un bateau ou est basé plus de 50% de son temps à moins d'un kilomètre des côtes ou lorsqu'il effectue plus de 50% de son temps en survol maritime à basse altitude (inférieur à 1 000 pieds).
Les mesures à prendre pour les appareils basés sur un bateau, considéré comme atmosphère saline, sont citées en sous-tâche 05.55.00.611.003 de l'AMM.
- Atmosphère sablonneuse et / ou poussiéreuse.
Vent de sable et/ou atterrissage sur sol sablonneux.

Figure 34 : extrait du PEA EC725AP

Panne treuil (HYD ou ELEC)

Procédure en cas d'arrêt du treuil avec du personnel au bout du câble

- 573. mettre le ou les SP en sécurité (hors obstacles, éloigné du sol),
- 574. signaler par gestes que le treuil ne fonctionne plus,
- 575. faire une rapide recherche de panne (position sélecteur de mission, alimentations électriques),

Si le treuil est en panne

576. L'équipage recherche une zone où l'atterrissage est possible :

- a. le PF fait descendre l'hélicoptère (guidage treuilliste) et dépose le ou les SP,
- b. le treuilliste rentre le câble à la main,
- c. récupération du personnel par posé.

Si l'atterrissage est impossible

- 577. le PF fait descendre l'hélicoptère (guidage treuilliste) et dépose le ou les SP,
- 578. le treuilliste remonte le câble à la main,
- 579. récupération du personnel à l'aide du second treuil.

Figure 35 : extrait du MEB EC 725 Caracal

2. Maintenance Préventive

A. Généralités

- (1) Dans les conditions normales d'utilisation, le système treuil de sauvetage nécessite une maintenance préventive réduite.
- (2) Cette maintenance préventive consiste en un examen visuel, graissage et/ou des vérifications de bon fonctionnement des éléments concernés pour s'assurer que le système treuil est en état opérationnel.

Elle est à réaliser selon le Programme d'Entretien, basé sur un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage : cycles ou temps d'utilisation.

 - (a) Un cycle est égal :
 - En vol : une descente + une montée, quelles que soient la longueur de câble déroulée et la charge utilisée,
 - Au sol : une descente égale ou supérieure à 5 m + une montée équivalente, quelles que soit la charge utilisée.
 - (b) La périodicité exprimée en mois ou en années
- (3) En cas d'utilisation intensive ou d'emploi dans des conditions ambiantes difficiles du système treuil de sauvetage, il est recommandé d'adapter la fréquence des vérifications en fonction des conditions d'utilisation.

Figure 36 : extrait du MEE 2^e niveau de maintenance

Il incombe au treuilliste et à l'ensemble de l'équipage :

- De s'assurer que le câble du treuil n'entre à aucun moment en contact avec un élément externe au treuil (en particulier métallique), telle qu'une partie de l'hélicoptère ou d'un obstacle. Ceci pourrait provoquer un endommagement local du câble avec rupture de fils, de torons ou de pliures marquées, donc avec risque de rupture du câble.
- L'enroulement d'un câble endommagé peut entraîner un enroulement défectueux du câble sur le tambour ou un blocage du treuil.
- D'être attentif à la survenance d'efforts dus à des chocs, des secousses ou des claquements, qui pourraient induire des contraintes très élevées sur le câble.

Si de tels phénomènes sont constatés, le treuillage doit être interrompu et le câble doit être vérifié, afin de s'assurer de son intégrité (absence de fils rompus, de cage à oiseau ou de pliures, ...), avant de reprendre le cours normal des opérations ou de remplacer le câble avant la prochaine mission.

Figure 37 : extrait du MEE 2^e niveau de maintenance

PAS DE TEXTE