



**Accident** de l'hélicoptère AIRBUS - EC135 - T1  
immatriculé **F-HJAF** exploité par SAF HELICOPTERES  
survenu le 8 décembre 2020 à Bonvillard (73)

Heure	Vers 17 h 15 <sup>1</sup>
Exploitant	SAF HELICOPTERES (France)
Nature du vol	Vol d'instruction
Personnes à bord	2 pilotes, 2 treuillistes, 2 secouristes
Conséquences et dommages	5 personnes décédées, 1 personne gravement blessée, hélicoptère détruit

Erratum : Une modification portant sur l'expérience récente en vol de nuit du pilote en instruction a été apportée au rapport (§ 1.5.2). La présente version, texte officiel de référence, annule et remplace la précédente (Décembre 2022).

**Collision avec la végétation lors d'un vol d'instruction à l'hélitreuillage de nuit**

<sup>1</sup> Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter 1 h pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

## Les enquêtes de sécurité

*Le BEA est l'autorité française d'enquêtes de sécurité de l'aviation civile. Ses enquêtes ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement la détermination des fautes ou responsabilités.*

*Les enquêtes du BEA sont indépendantes, distinctes et sans préjudice de toute action judiciaire ou administrative visant à déterminer des fautes ou des responsabilités.*

## Table des matières

Glossaire .....	5
Synopsis .....	9
Organisation de l'enquête .....	10
1. Renseignements de base.....	11
1.1 Déroulement du vol.....	11
1.2 Tués et blessés .....	13
1.3 Dommages à l'aéronef.....	13
1.4 Autres dommages.....	13
1.5 Renseignements sur le personnel.....	13
1.5.1 Pilote Instructeur, commandant de bord .....	13
1.5.2 Pilote en instruction .....	14
1.5.3 Formateur treuilliste.....	16
1.5.4 Treuilliste en formation .....	16
1.5.5 Secouristes participant aux exercices de treuillage .....	16
1.6 Renseignements sur l'aéronef .....	16
1.6.1 Cellule .....	16
1.6.2 Moteurs et calculateurs de régulation moteur (DECU) .....	17
1.6.3 Compte Rendu Matériel (CRM) .....	17
1.6.4 Procédures d'utilisation de l'hélicoptère.....	18
1.6.5 Masse et centrage, performances .....	18
1.6.6 Équipements du F-HJAF .....	18
1.6.7 Limitations .....	19
1.7 Renseignements météorologiques .....	20
1.7.1 Prévisions météorologiques accessibles lors de la préparation des vols de nuit .....	20
1.7.2 Observations réalisées avant et pendant le vol de l'accident .....	22
1.7.3 Données relevées lors du vol de l'accident .....	23
1.7.4 Situation météorologique (source Météo-France) .....	23
1.7.5 Conditions d'éclairement pendant les deux vols de nuit.....	24
1.8 Aides à la navigation.....	25
1.9 Télécommunications .....	25
1.10 Renseignements sur l'aérodrome.....	25
1.11 Enregistreurs de bord .....	25
1.11.1 Enregistreurs règlementaires .....	25
1.11.2 Autres enregistrements .....	25
1.12 Renseignements sur le site et sur l'épave .....	26
1.12.1 Site de l'accident .....	26
1.12.2 Premier examen visuel de l'épave sur site .....	28
1.12.3 Relevage de l'épave .....	31
1.12.4 Examen de la cellule et des ensembles mécaniques .....	31
1.12.5 Synthèse des examens des moteurs et interfaces en cockpit .....	33
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques .....	33
1.14 Incendie .....	34
1.15 Questions relatives à la survie des occupants .....	34
1.15.1 Examen des sièges .....	34
1.15.2 Séquence de l'accident .....	34

1.15.3	Organisation des secours.....	35
1.16	Essais et recherches .....	36
1.16.1	Résultats d'examen des calculateurs .....	36
1.16.2	Trajectoires.....	39
1.16.3	Mission de reconnaissance de jour par hélicoptère .....	43
1.16.4	Mission drone .....	45
1.17	Renseignements sur les organismes et la gestion .....	47
1.17.1	Cadre règlementaire et réglementation applicable.....	47
1.17.2	Organisation générale de SAF HELICOPTERES et missions.....	49
1.17.3	Agrément SPA.HHO .....	52
1.17.4	Plan de formation SPA.HHO .....	54
1.17.5	Formation SPA.HHO (Partie pilote) décrite dans le MANEX .....	55
1.17.6	Formation SPA.HHO dispensée/prévue du lundi 7 au mercredi 9 décembre .....	57
1.17.7	Synthèse sur les qualifications et prérequis pour la réalisation des vols .....	59
1.17.8	Surveillance de l'exploitant par la DSAC .....	59
1.17.9	Approbation par l'autorité de surveillance de l'activité HHO.....	60
1.17.10	Modifications du MANEX et contraintes induites.....	60
1.18	Renseignements supplémentaires.....	61
1.18.1	Témoignages.....	61
1.18.2	Réunion avec des experts de l'activité du secours en montagne et des opérations de treuillage .....	66
1.19	Techniques d'enquête utiles ou efficaces .....	67
2	Analyse.....	68
2.1	Introduction.....	68
2.2	Comparatif des deux vols de nuit et des différentes treuillées .....	69
2.3	Références visuelles extérieures .....	70
2.4	Aides à la navigation disponibles lors du vol de nuit .....	71
2.5	Expérience de pilotage en situation .....	71
2.6	Gestion de la sécurité .....	72
2.7	Contexte des deux vols de formation de nuit.....	74
2.8	Enjeux contractuels et contraintes associées .....	76
3	Conclusions .....	77
3.1	Faits établis par l'enquête .....	77
3.1.1	Société SAF HELICOPTERES .....	77
3.1.2	Hélicoptère EC135-T1 immatriculé F-HJAF .....	77
3.1.3	Personnel à bord .....	77
3.1.4	Programme de formation .....	78
3.1.5	Météorologie .....	78
3.1.6	Séquence de l'accident.....	78
3.1.7	Survie.....	79
3.2	Facteurs contributifs .....	79
3.3	Enseignements de sécurité.....	81
4	Mesures de sécurité prises depuis l'occurrence .....	81
5	Recommandations de sécurité.....	82
	Annexes .....	84

## Glossaire

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
°C		Degré Celsius
AESA	European Aviation Safety Agency (EASA)	Agence européenne de la sécurité aérienne
ARCC	Aeronautical Rescue Coordination Center	Centre de coordination de sauvetage aéronautique
BEA-É		Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État
BFG		Bon fonctionnement général
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung	Organisme d'enquête de sécurité de l'Allemagne
BTA	Tail Gearbox (TGB)	Boîte de transmission arrière
BTP	Main Gearbox (MGB)	Boîte de transmission principale
CAT	Commercial Air Transport	Transport aérien commercial
CDU	Control Display Unit	Tableau de commande et d'affichage
CEL		Contrôle en ligne
CHL		Contrôle hors ligne
CODIS		Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours
CPL(H)	Commercial Pilot License (Helicopter)	Licence de pilote commercial (Hélicoptère)
CRM		Compte rendu matériel
CRS		Compagnie Républicaine de Sécurité
CS		Coucher du soleil
CTA		Certificat de Transporteur Aérien
CVR	Cockpit Voice recorder	Enregistreur phonique
DAG		Détachement aérien de la gendarmerie
DECU	Data Engine Computer Unit	Calculateur de régulation moteur
DGAC		Direction générale de l'Aviation civile
DSAC		Direction de la sécurité de l'Aviation civile
DSAC-CE		Direction de la sécurité de l'Aviation civile - Centre Est
DTS	Data Tracking System	Système de suivi en temps réel de la trajectoire

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
ECU	Engine Control Unit	Module de commande électronique
EFIS	Electronic Flight Instruments System	Système d'instruments de vol électroniques
FDR	Flight Data Recorder	Enregistreur de paramètres de vol
FI(H)	Flight Instructor (Helicopter)	Instructeur de vol (Hélicoptère)
FL	Flight Level	Niveau de vol
ft	Feet	Pieds
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système mondial de navigation par satellite
GPS	Global Positioning System	Système de positionnement par satellite
GTA		Gendarmerie des transports aériens
HEC	Human External Cargo	Opérations de transport externe de charge humaine
HES		Hors effet de sol
HEMS	Helicopter Emergency Medical Service	Service médical d'urgence par hélicoptère (SMUH)
HESLO	Helicopter External Sling Load Operations	Opérations de chargement externe en hélicoptère
HHO	Helicopter Hoist Operation	Opération de treuilage par Hélicoptère
HMU	HydroMechanical Unit	Unité hydromécanique
IEC		Inspecteur en charge
IMC	Instrument Meteorological Condition	Condition de vol aux instruments
IR	Instrument Rating	Qualification de vol aux instruments
JVN	Night Vision Goggles (NVG)	Jumelles de vision nocturne
Kt	Knot	Nœud
MANEX		Manuel d'exploitation
MAP		Manuel d'Activités Particulières
METAR	Aerodrome routine meteorological report	Message d'observation météorologique régulière d'aérodrome
MFAP		Manuel de Formation aux Activités Particulières
MHz	Mega Hertz	Mega Hertz
MST		Mise sous tension
NDB	Non Directional Beacon	Radiophare non directionnel
NF		Vitesse de la turbine libre
NG		Vitesse du générateur de gaz

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
NM	Nautical Mile	Mille Nautique
NPA	Non-Precision Approach	Opération d'approche classique
NO-OH		Navigabilité Opération - Opérations Hélicoptères
NR		Vitesse du rotor principal
NVIS	Night Vision Imaging System	Système d'imagerie nocturne
OACI	International Civil Aviation Organization	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OEI	One Engine Inoperative	
ORO	Organisation Requirements for air Operations	Exigences applicables aux organismes pour les opérations aériennes
OSV		Officier de sécurité des vols
PFD	Primary Flight Display	Écran de vol primaire
PGHM		Peloton de gendarmerie de haute montagne
PN-EPN		Personnel Navigant – Expertise Personnel Navigant
PMC		Puissance maximum continue
QNH		Calage altimétrique requis pour lire une altitude
QRH	Quick Reference Handbook	
QT	Type Qualification	Qualification de type
RAC		Rotor anticouple
RDFE		Responsable Designé pour la Formation des Équipages
RDOS		Responsable désigné des opérations au sol
RDOV		Responsable Designé pour les Operations de Vol
RSC	Rescue Sub-Centre	Centre secondaire de sauvetage
SAR	Search And Rescue	Recherches et sauvetage
SATER		Sauvetage Aéro-Terrestre
SIGMET	SIGNificant METeorological Phenomena	Messages de phénomènes météorologiques en route spécifiés
SMUH	Helicopter Emergency Medical Service (HEMS)	Service médical d'urgence par hélicoptère
SPA	Specific approvals	Agréments spécifiques
SPO	SPecialized Operations	Exploitations spécialisées
SRTA		Section de Recherche de la Gendarmerie du Transport Aérien

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
TAF	Terminal Area Forecast	Prévision d'aérodrome
TCM	Technical Crew Member	Membre d'équipage technique
TEMSI		Carte de prévision du temps significatif
TRE(H)		Examineur de qualification de type (hélicoptère)
TRI(H)		Instructeur de qualification de type (hélicoptère)
UTC	Universal Time Coordinated	Temps universel coordonné
VFR	Visual Flight Rules	Règle de Vol à Vue
VIS	Visibility	Visibilité
VMC	Visual Meteorological Conditions	Conditions météorologiques de vol à vue
VOR	VHF Omnidirectional Range	
WINTEM	WIND TEMperature	Carte de prévision de vent et températures
WU	Warning Unit	



## Synopsis

Le 8 décembre 2020, le planning des vols de l'hélicoptère EC135 immatriculé F-HJAF exploité par SAF HELICOPTERES prévoyait six vols de formation : deux vols le matin, deux vols l'après-midi et deux vols de nuit. Cette formation s'inscrivait dans le cadre d'un agrément spécifique à l'utilisation du treuil en transport aérien commercial (SPA.HHO).

En fin d'après-midi, les deux équipages ont effectué la réunion préparatoire avant les deux vols de nuit. La consultation des données de prévisions météorologiques avait mis en évidence l'arrivée d'une perturbation neigeuse dans la soirée. Compte tenu de l'arrivée de cette perturbation, du programme très court de l'exercice (trois treuillées) et de la proximité du site de l'exercice (situé à 3,2 NM dans le sud-est de l'aérodrome et à 1 820 m d'altitude), l'ensemble des personnes concernées a pris la décision d'effectuer les deux vols à la suite et de changer d'équipage rotor tournant à l'issue du premier vol de nuit.

Pour ces deux vols de nuits, l'équipage à bord était constitué d'un pilote instructeur, d'un pilote en instruction, d'un treuilliste en formation, d'un treuilliste formateur et de deux secouristes qui participaient aux treuillées.

À l'issue du premier vol de nuit, le premier équipage (pilote en instruction et treuilliste en formation) a été remplacé par le second binôme. Le pilote instructeur, le treuilliste formateur et les deux secouristes sont restés à bord pendant ce changement.

Le second pilote en instruction a décollé à 17 h de l'aérodrome d'Albertville à destination du site de l'exercice. Arrivé sur la zone, le pilote a réalisé les mêmes exercices que lors du vol précédent.

Ces exercices terminés, le pilote a quitté le stationnaire et pris de la vitesse sur un cap sensiblement orienté au nord-ouest puis il a débuté un virage par la gauche tout en restant en palier. L'hélicoptère s'est dirigé vers le flanc de la montagne et est entré en collision avec la végétation puis le sol.

Le BEA a émis deux recommandations de sécurité à destination de la société SAF HELICOPTERES.

## Organisation de l'enquête

La permanence du BEA a été informée de la survenue de l'accident du F-HJAF le mardi 8 décembre 2020 en début de soirée.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale et au règlement européen (UE) n°996/2010 relatif aux enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une enquête de sécurité a été ouverte par le BEA. En application du règlement européen et des dispositions internationales, un représentant accrédité de l'Allemagne (enquêteur du BFU) a été associé à l'enquête au titre de l'État de conception et de construction de l'hélicoptère. Des conseillers techniques de SAF HELICOPTERES, Safran Helicopter Engines et Airbus (France et Allemagne) ont été également associés à l'enquête.

Le mercredi 9 décembre matin, l'enquêteur désigné du BEA a rejoint Albertville. Il a été rejoint en début d'après-midi par une équipe de cinq agents du BEA en provenance du site du Bourget. Les conseillers techniques d'Airbus, de Safran Helicopter Engines et deux enquêteurs du Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) sont ensuite arrivés en fin d'après-midi.

Le jeudi 10 décembre, une fois les conditions météorologiques favorables pour un transport sur site par hélicoptère, 2 enquêteurs du BEA et 2 enquêteurs de la Section de recherche des transports aériens (SRTA) de la Gendarmerie des transports aériens (GTA) se sont déplacés sur le site de l'accident sous l'encadrement du Peloton de gendarmerie de haute montagne (PGHM). Lors de cette mission, les deux calculateurs moteur, le calculateur Brite Saver et divers équipements enregistrant des données ont pu être extraits de l'épave et récupérés à des fins d'analyse. Ces équipements ont été acheminés au Bourget (93) dans les locaux du BEA le vendredi 11 décembre.

Le relevage de l'épave de l'hélicoptère n'a pas pu être réalisé immédiatement en raison des conditions météorologiques très défavorables. Les chutes de neige qui ont suivi l'accident ont amené au report de l'opération de relevage au deuxième trimestre 2021.

Le 22 avril 2021, le relevage de l'épave du site de l'accident et une première collecte de débris ont été effectués conjointement par les personnels du BEA (assistés des conseillers techniques d'Airbus et de SAF HELICOPTERES) et de la gendarmerie avec l'utilisation des moyens de l'exploitant. L'épave a été transportée au BEA pour l'examen détaillé de la cellule et des moteurs.

Le 8 juin 2021 une équipe composée d'enquêteurs du BEA et de conseillers techniques d'Airbus Allemagne s'est à nouveau rendue sur le site de l'accident pour un complément d'observation et pour procéder à la récupération de débris restés sur le site en raison de l'enneigement.

Les calculateurs, la cellule, les moteurs et différents éléments ou équipements récupérés sur le site ont fait l'objet d'examen réalisés au BEA.

Le projet de rapport final a été soumis pour observations au représentant accrédité allemand et son conseiller technique, à l'exploitant, au BEA-É, à la Direction générale de l'Aviation civile (DGAC) et à l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA).

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1 Déroutement du vol

Le 8 décembre 2020, le planning des vols de l'hélicoptère EC135 F-HJAF prévoit six vols, deux vols le matin, deux vols l'après-midi et deux vols de nuit. Ces vols s'inscrivent dans le cadre d'une formation spécifique aux opérations d'hélicoptère pour deux équipages composés d'un pilote et d'un treuilliste.

*Note : La formation réalisée au cours des vols a pour but d'entraîner les équipages aux opérations d'hélicoptère qui s'inscrivent dans le cadre d'un agrément spécifique, nommé SPA.HHO en référence aux exigences du règlement consolidé UE n°965/2012, dit « AIR-OPS »<sup>2</sup> (voir § 1.17.1). Le but de la formation est in fine de pouvoir réaliser du secours en montagne quel que soit le type de situation rencontrée.*

Chaque équipage en formation effectue à tour de rôle deux vols de jour et un vol de nuit.

- Pour les vols de jour, les personnels présents à bord de l'hélicoptère sont : un pilote instructeur, un pilote en instruction, un treuilliste formateur, un treuilliste en formation, un secouriste<sup>3</sup> pour les opérations de treuillage.
- Pour les vols de nuit, les personnels présents à bord de l'hélicoptère sont : un pilote instructeur, un pilote en instruction, un treuilliste formateur, un treuilliste en formation, deux secouristes pour les opérations de treuillage.

Une réunion préparatoire avant le départ et une réunion bilan après le vol sont réalisées pour chacun des vols.

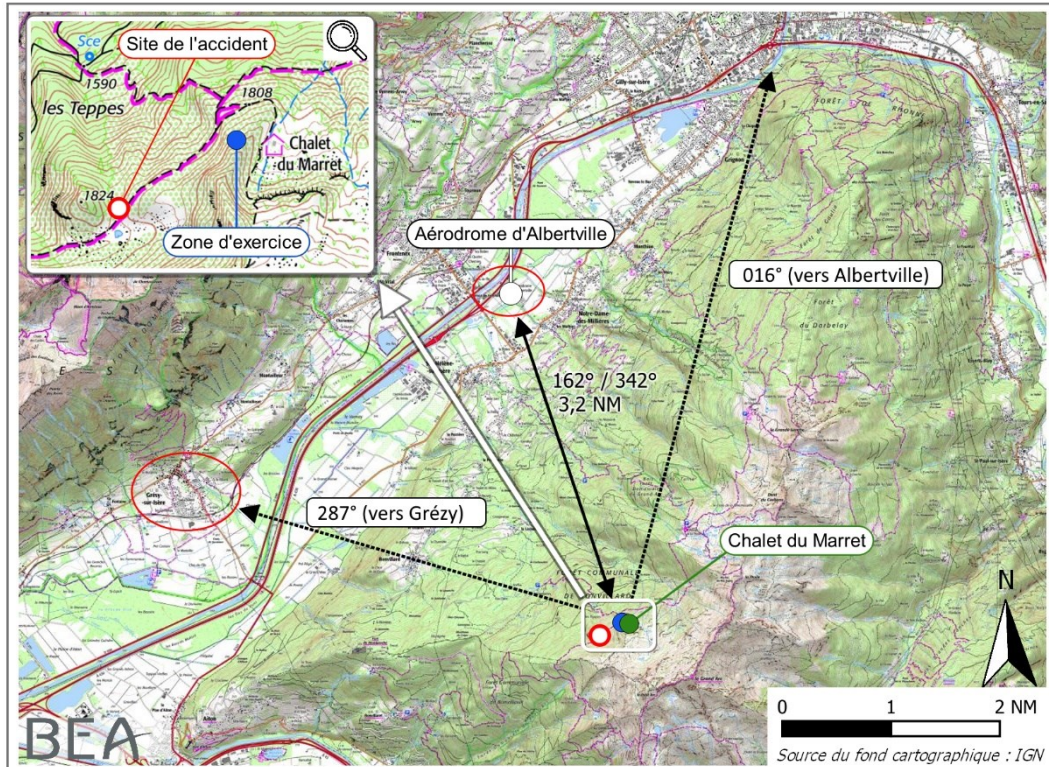
En fin d'après-midi, les deux équipages effectuent la réunion préparatoire avant les deux vols de nuit. Lors du dernier vol de jour, l'instructeur et le pilote du vol de l'accident ont choisi un site d'exercice en prévision des opérations d'hélicoptère de nuit.

Compte tenu de l'arrivée d'une perturbation neigeuse prévue pour la soirée, du programme très court de l'exercice (trois treuillées à 20/25 m au cours d'un vol d'environ 30 min) et de la proximité du site de l'exercice, l'instructeur, en concertation avec les équipages concernés, décide d'emporter suffisamment de carburant pour exécuter les deux vols à la suite et de procéder au changement d'équipage rotor tournant à Albertville à l'issue du premier vol de nuit.

---

<sup>2</sup> Règlement de la Commission du 5 octobre 2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

<sup>3</sup> Les secouristes participant à la formation sont des policiers de la Police Nationale affectés à la Compagnie Républicaine de Sécurité (CRS) des Alpes.



**Figure 1 : carte générale de la région**

À 16 h 25<sup>4</sup>, le premier pilote en instruction est aux commandes, il décolle de l'aérodrome d'Albertville et se dirige au sud-est vers le site d'exercice situé à 3,2 NM dans le 162° de l'aérodrome et à 1 820 m d'altitude.

Après une reconnaissance de la zone, le pilote effectue les trois treuillages. Chaque treuillage est précédé d'un hippodrome par virage gauche pour venir se positionner en stationnaire avec l'hélicoptère orienté au sud-est. Les deux premiers treuillages ont permis la dépose des deux secouristes (un par treuillage). Le troisième treuillage a permis la récupération des deux secouristes par une treuillée en duo.

Les trois treuillages sont réalisés par le treuilliste en formation sous la supervision du treuilliste formateur. À l'issue, à la demande de l'instructeur, le pilote atterrit à proximité du chalet du Marret<sup>5</sup> puis quitte la zone d'exercice en direction de l'agglomération d'Albertville et descend vers l'aérodrome. Le pilote atterrit à 16 h 55 en face des hangars de la société SAF HELICOPTERES. Le changement d'équipage (pilote en instruction et treuilliste en formation) se fait rotor tournant. Le pilote instructeur, le treuilliste formateur et les deux secouristes restent à bord pendant cette opération.

Le second pilote en instruction décolle à 17 h de l'aérodrome d'Albertville à destination du site d'exercice. Lors du trajet, l'instructeur identifie des bancs de brume sur le versant nord de la montagne située au nord-est du site de l'exercice. Arrivé sur la zone, le pilote réalise les mêmes exercices que lors du vol précédent.

<sup>4</sup> La nuit aéronautique (30 min après le coucher du soleil) débute à 16 h 22 à Chambéry.

<sup>5</sup> Refuge non gardé (utilisable par les randonneurs) et non occupé lors de l'événement.

La trajectoire enregistrée montre que le pilote aux commandes quitte ensuite le stationnaire. Il s'oriente au nord-ouest, prend de la vitesse et vire alors d'environ 180° par la gauche tout en restant en palier. L'hélicoptère se dirige vers le flanc de la montagne. Les pales du rotor principal heurtent la cime d'une première rangée de conifères. L'hélicoptère entre ensuite en collision frontale, au niveau de la cellule, avec une seconde rangée d'arbres puis avec le sol enneigé. Lors de cette deuxième collision, le pilote instructeur assis en place avant gauche est éjecté de l'hélicoptère et tombe dans la neige. Grièvement blessé, il parvient cependant à téléphoner aux opérations de SAF HELICOPTERES et à les informer de la survenue de l'accident.

## 1.2 Tués et blessés

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/aucune
Membres d'équipage	5	1	0
Passagers	0	0	0
Autres personnes	0	0	0

## 1.3 Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère est entré en collision avec les cimes d'une première rangée de conifères, puis est passé à travers une deuxième rangée d'arbres situé environ 50 m en aval de la trajectoire, avant d'entrer en collision avec le sol 50 m plus loin.

L'ensemble de ces 3 contacts (végétation puis sol) a conduit à la destruction totale de l'hélicoptère.

## 1.4 Autres dommages

Sans objet

## 1.5 Renseignements sur le personnel

Pour la réalisation de ces deux vols, en instruction, de nuit, l'équipage à bord était constitué en cabine d'un pilote instructeur, d'un pilote en instruction et, en zone cargo, d'un treuilliste en formation, d'un treuilliste formateur et de deux secouristes devant participer à l'exercice.

### 1.5.1 Pilote Instructeur, commandant de bord

Homme, 50 ans, de nationalité française.

#### Licence et aptitude médicale

- Brevet de pilote hélicoptère (militaire) obtenu en 1993.
- Licence CPL(H) délivrée le 02/02/2011 obtenue par conversion de la licence de pilote professionnel obtenue en 2003.
- Aptitude médicale de classe 1 valable jusqu'au 01/01/2021 ou 01/07/2021 selon le type d'exploitation commerciale<sup>6</sup>.

#### Qualifications

- Première Qualification de Type (QT) civile AS350 obtenue en 1999.
- QT AS350 valide jusqu'au 31/10/2020.

<sup>6</sup> En mono pilote ou équipage à deux pilotes.

- QT EC145/BK117 obtenue en 2007 et valide jusqu'au 31/01/2021.
- QT EC135/635 SP obtenue en 2008 et valide jusqu'au 31/05/2021.
- Qualification vol de nuit (hélicoptère) obtenue en juin 2014.

### **Qualifications relatives à l'instruction**

- Qualification d'instructeur hélicoptère FI(H) valide jusqu'au 31/10/2022.
- Qualification d'instructeur de qualification de type TRI(H) valide jusqu'au 31/10/2022.
- Qualification d'examineur de qualification de type TRE (H) valide jusqu'au 30/11/2021.

### **Expérience au 07/12/2020**

- Expérience totale : 6 200 heures de vol, dont 3 000 en qualité d'instructeur.
- Sur type EC135 : 1 513 heures de vol, dont 1 350 en qualité de d'instructeur.
- Treuillages : Plus de 5 000.
- Vol de nuit : environ 1 000 heures de vol dont 850 sous jumelles de vision nocturne (JVN).
- Dans les trois derniers mois : 30 heures de vol, 2 h 45 en vol de nuit, 9 atterrissages de nuit, 64 treuillages dont 10 de nuit<sup>7</sup>.

### **Expérience professionnelle**

Ancien pilote de la gendarmerie, l'instructeur a été recruté par SAF HELICOPTERES à l'été 2020. Le pilote a effectué la quasi-totalité de sa carrière au sein de la gendarmerie.

Au sein de la gendarmerie, le pilote occupait les fonctions de :

- responsable de la planification et de la conduite des actions de formation des équipages des hélicoptères dont celles au vol en haute montagne et au treuillage ;
- responsable du développement et de la conduite de nouvelles formations dont celle au vol sous JVN ;
- responsable de la conduite des contrôles techniques et opérationnel des équipages ;
- responsable de la sécurité aérienne.

Pilote et instructeur au sein de la société SAF HELICOPTERES depuis le mois d'août 2020, il occupait également la fonction de Responsable désigné de la formation et entraînement des équipages (RDFE). Il avait en charge la mise en place et l'organisation de la formation pour l'obtention de l'agrément spécifique à l'hélitreuillage (voir § 1.17.1).

Le pilote n'était pas employé par la société SAF HELICOPTERES pour exercer les activités d'exploitation spécialisées SPO.

### **1.5.2 Pilote en instruction**

Homme, 46 ans, de nationalité française.

### **Licence et aptitude médicale**

- Licence CPL(H) délivrée le 18/08/2011 en remplacement d'une licence de pilote professionnel hélicoptère obtenue en 2004.
- Aptitude médicale de classe 1 valable jusqu'au 06/04/2021 ou 06/10/2021 selon le type d'exploitation commerciale.

---

<sup>7</sup> Dans le cadre de la formation de primo formateur au SPA.HHO.

## Qualifications

- Première QT AS350 obtenue en 2005.
- QT AS350/EC130 valide jusqu'au 31/05/2021.
- QT EC135/635 SP obtenue en 2008 et valide jusqu'au 31/12/2020.
- Qualification vol de nuit (hélicoptère) obtenue en février 2012.

## Expérience au 07/12/2020

- Expérience totale : 5 493 heures de vol, dont 5 365 en qualité de commandant de bord.
- Sur type EC135 : 661 heures de vol, dont 659 en qualité de commandant de bord.
- Treuillages : 251.
- Vol de nuit : 63 h et 385 atterrissages de nuit.
- Le dernier contrôle hors ligne (CHL) de nuit avait été réalisé le 25 novembre 2020<sup>8</sup> sous la supervision du RDFE.
- Dans les trois derniers mois (selon le listing d'activité de SAF HELICOPTERES) : 116 h dont 30 min de vol de nuit, 3 atterrissages de nuit, 7 treuillages.

L'examen du dernier carnet de vol du pilote montre qu'il n'inscrivait qu'une seule ligne par jour de vol avec le total des heures effectuées et l'activité réalisée dans la journée. Les derniers renseignements portés sur le carnet de vol du pilote datent du 7 septembre 2020.

Sur les trois dernières années le pilote a participé à trois saisons de secours en montagne (de décembre à mars/avril). Lors de ces trois périodes, le pilote a réalisé 205 treuillages sur EC135-T1 dont 57 en entraînement et 148 en intervention de secours en montagne. Vingt-huit interventions se sont achevées de nuit et cinq comportaient du treuillage. Le temps de vol de nuit, pour chacune de ces cinq interventions, était de 10 à 20 minutes ce qui pourrait correspondre au temps nécessaire pour revenir à la base de Courchevel. Il est donc peu probable que du treuillage de nuit ait été réalisé lors de ces cinq interventions.

SAF HELICOPTERES a indiqué que bien que plusieurs retours de nuit aient été réalisés à l'issue de déclenchement de mission de secours en montagne en fin de journée, aucun treuillage de nuit ou déclenchement de mission de nuit n'avait été réalisé.

## Expérience professionnelle

Le pilote était employé de la société SAF HELICOPTERES depuis plusieurs années. Il détenait dans le cadre des exploitations spécialisées SPO de la société les autorisations suivantes : Secours en montagne (zone Courchevel et La Plagne), activité de service médical d'urgence par hélicoptère (SMUH), compétence en zone plaine et montagne, activité de transport de charge à l'élingue (HESLO<sup>9</sup> 1 à 4), activité de treuillage de personnels (HEC<sup>10</sup> 1 et 2) et largage de parachutistes.

---

<sup>8</sup> Ce vol avait été effectué avec une lune croissante comprise entre le premier quartier et la pleine lune, avec un lever à 15 h 21, et un coucher à 2 h 48. La luminosité associée était de 78 % de la luminosité de la pleine lune. Le 8 décembre, il n'y avait pas de lune visible et pas de luminosité induite par la lune.

<sup>9</sup> Helicopter External Sling Load Operation.

<sup>10</sup> Human External Cargo.

### 1.5.3 Formateur treuilliste

Homme, 41 ans

Employé de la société SAF HELICOPTERES, il détenait la qualification de membre d'équipage technique (TCM) ainsi que la qualification de formateur SPA.HHO (TCM).

Au sein de la société il occupait, depuis juillet 2020, la fonction de responsable désigné des opérations en vol (RDOV) et directeur des opérations. Il avait participé avec le RDFE à la création du programme de formation SPA.HHO (pilote et TCM). Il intervenait dans la formation SPA.HHO (TCM) théorique et pratique. Lors des vols, il supervisait les treuillistes en formation.

### 1.5.4 Treuilliste en formation

Homme, 49 ans

Il était en phase de recrutement par la société SAF HELICOPTERES. Ce recrutement était conditionné au suivi et à la réussite de la formation SPA.HHO (TCM).

### 1.5.5 Secouristes participant aux exercices de treuillage

Les deux secouristes appartenaient au détachement CRS Alpes d'Albertville. Formés aux opérations de secours en montagne et de treuillage par hélicoptère, ils participaient aux vols dans le cadre de la collaboration avec la société SAF HELICOPTERES pour la formation des équipages en préparation de l'activation du plan hivernal de secours en montagne de Savoie.

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

L'EC135-T1 est certifié en VFR de jour et de nuit et en utilisation monopilote. Le vol en conditions givrantes connues et les manœuvres acrobatiques ne sont pas autorisés. L'hélicoptère est classé comme non-complexe au sens du règlement AIR OPS. La masse maximale autorisée au décollage de l'EC135-T1 est de 2 835 kg.

L'hélicoptère immatriculé F-HJAF était équipé d'un treuil fixé sur le côté gauche, d'un phare d'atterrissage et d'un phare de recherche orientable et pilotable depuis les deux places avant.

### 1.6.1 Cellule

Constructeur	EUROCOPTER		
Type	EC135 - T1		
Numéro de série	0044		
Immatriculation	F-HJAF		
Mise en service	1998		
Certificat de navigabilité	129122	Du 23/09/2013	
Certificat d'examen de navigabilité	129122004217344	Du 21/05/2019	Au 13/12/2020
Utilisation au 8/12/2020	8 091 h		
Propriétaire	SAF HELICOPTERES		
Exploitant	SAF HELICOPTERES		



## 1.6.2 Moteurs et calculateurs de régulation moteur (DECU)

	Moteur n°1	Moteur n°2
Constructeurs	SHE	SHE
Type	Arrius 2B1A-1	Arrius 2B1A-1
Numéro de série	30206	30045
Temps total de fonctionnement au 8/12/2020	7 295 h	7 263 h

	DECU n°1	DECU n°2
Référence	70EMH01070	70EMH01070
Numéro de série	6ALD0133CE	6ALD0116CE

## 1.6.3 Compte Rendu Matériel (CRM)

Le suivi journalier des vols pour chaque hélicoptère est effectué au travers d'un CRM. Celui-ci permet à un équipage de prendre en compte un aéronef, connaître les interventions de la maintenance, l'historique des pannes, les limites calendaires et/ou horaires, le potentiel restant avant les visites de maintenance planifiées. Le CRM est rempli par l'équipage avant le vol une fois la visite prévol effectuée, il est normalement signé par le commandant de bord (l'instructeur dans le cadre des vols du 8 décembre 2020). Le nom des pilotes, l'aérodrome de départ, le type de mission ainsi que le carburant à bord sont inscrits avant de débiter chaque vol.

À l'issue d'un vol, l'aérodrome d'arrivée, le temps de vol effectué, le nombre de démarrages, d'atterrissages, d'utilisation du treuil et de transport de charge à l'élingue, le carburant restant, les pannes ou anomalies rencontrées pendant le vol sont inscrits par le commandant de bord.

Les informations portées sur le CRM du F-HJAF pour la journée du 8 décembre indiquent que :

- la prise en compte a été signée par les pilotes en formation pour chaque vol ;
- le type de mission a été identifié comme « école » EC ;
- les heures inscrites sont en heure locale ;
- lors du vol n°2, il y a eu un atterrissage extérieur avec un arrêt complet des moteurs ;
- lors des cinq premiers vols, aucune panne ou anomalie n'a été rapportée par les pilotes qui ont noté BFG<sup>11</sup>.

N°	Prise en compte Appareil et visite Prévol Pilote CDB		Trajet	Heure	Missions	REPORT Heures totales (airborne)				Evénements				Lubrifiants		Carburant		Observation du pilote CDB		
	Visa CDB Prévol / Intervi (FA)	Pilote Copilote				Départ	Arrivée	Cellule	Cycles CDS / VEMD	NTL Mot 1	NTL Mot 2	Démarrages	Atterrissages	Treuil	JAN (VMD)	Moteur 1	Moteur 2		Boîtes	Hypreau
1	Pilote 1	Pilote 1 Instructeur	LFKA	09:00	EC	8093														BFG
2	Pilote 2	Pilote 2 Instructeur	LFKA	10:15	EC															BFG
3	Pilote 1	Pilote 1 Instructeur	LFKA	11:20	EC															BFG
4	Pilote 2	Pilote 2 Instructeur	LFKA	14:05	EC															BFG
5	Pilote 1	Pilote 1 Instructeur	LFKA	15:45	EC															BFG
6	Pilote 2	Pilote 2 Instructeur	LFKA	17:25	EC															BFG

Figure 2 : CRM du F-HJAF (extrait anonymisé)

<sup>11</sup> Bon fonctionnement général.

#### 1.6.4 Procédures d'utilisation de l'hélicoptère

Le Manuel d'exploitation (MANEX) Partie B regroupe les procédures Quick Reference Handbook (QRH) de chaque type d'hélicoptère exploité par la société SAF HELICOPTERES.

Le QRH contient les informations du Manuel de vol ainsi que les dispositions spécifiques à l'exploitation de l'hélicoptère dans la société.

Le QRH de l'EC135-T1 motorisé par deux Arrius 2B1A\_1, utilisable pour le F-HJAF, avait fait l'objet d'une révision (n°4) générale le 13 novembre 2020 afin d'intégrer les procédures liées à l'activité spécifique d'hélicoptère (SPA.HHO).

#### 1.6.5 Masse et centrage, performances

L'enquête a montré que pour le vol de l'accident, la masse et le centrage de l'hélicoptère se trouvaient à l'intérieur du domaine de vol et des limites opérationnelles définies par le Manuel de vol et le MANEX de la société.

Avec une température maximale de 5 °C, l'hélicoptère disposait des performances nécessaires pour maintenir le stationnaire hors effet de sol (HES) à la masse maximale jusqu'à 7 000 ft.

Compte tenu de la consommation en carburant lors du premier vol de nuit, cette limitation passait à 8 000 ft pour le deuxième vol.

La configuration de l'hélicoptère était dans une variante dédiée au secours en montagne. Dans cette configuration, en zone cargo, seul le siège arrière droit a été conservé. Une ligne de vie a été ajoutée sur le plancher de la zone cargo afin de permettre aux personnels présents dans cette zone de se sécuriser lors des ouvertures en vol de la porte latérale durant les opérations de treuillage.

La section « masse et centrage » du QRH de l'EC135-T1 motorisé par deux moteurs Arrius 2B1A\_1 comporte un tableau permettant de connaître, en fonction du carburant à bord, la masse et le centrage sans autre calcul sur la base de dix configurations possibles.

La configuration de l'hélicoptère utilisée le jour de l'accident ne correspondant à aucune des dix configurations prévues, une fiche de masse et centrage devait être établie pour les vols.

Les tables de performances dans le QRH restent néanmoins utilisables si cette configuration a fait l'objet d'une fiche de masse et centrage et si les conditions de température sont connues.

Selon le témoignage de l'instructeur, la fiche de masse et centrage a été établie pour les deux vols de nuit et était présente à bord de l'hélicoptère dans la pochette ignifugée (cette fiche n'a pas été retrouvée sur le site de l'accident).

#### 1.6.6 Équipements du F-HJAF

L'EC135-T1 F-HJAF était équipé d'une avionique classique (analogique), il ne disposait pas d'écrans ou de systèmes d'instrumentation de vol électronique de type EFIS<sup>12</sup>. L'hélicoptère n'était pas équipé de pilote automatique.

---

<sup>12</sup> Electronic Flight Instruments System.



**Figure 3 : planche de bord d'un EC135-T1 similaire au F-HJAF (Source : BEA)**

L'hélicoptère était équipé de plusieurs calculateurs permettant la gestion et la surveillance des moteurs, du carburant, de la génération électrique et des pannes des systèmes de bord.

Sur les EC135 de SAF HELICOPTERES, d'autres systèmes ont été ajoutés en console centrale et sur la console sous la planche de bord (entre les deux sièges pilote) :

- un DTS13 : calculateur GNSS qui envoie la position de l'hélicoptère à une station sol toutes les minutes permettant à la Société SAF d'avoir en temps réel le positionnement de sa flotte équipée de ce système ;
- un Brite Saver : calculateur qui enregistre des paramètres moteurs et de vol à des fins d'aide à la maintenance ;
- un HELIMAP : système de navigation composé d'un boîtier de commande et d'un écran de visualisation de la position de l'aéronef sur un fond cartographique ;
- un calculateur GNSS de marque « Trimble », connecté au système HELIMAP.

L'HELIMAP permet de visualiser sur une carte (OACI VFR au 1/500 000<sup>ème</sup>) la position de l'hélicoptère transmise par le calculateur GNSS « Trimble ». Les fonctionnalités proposées par ce système permettent entre autres de définir des points particuliers, des routes, des points de passages et de visualiser la trace du vol. D'après les témoignages recueillis, compte tenu des missions réalisées par les pilotes de SAF HELICOPTERES, essentiellement en VFR de jour et du manque de détail du fond de carte disponible, ce système n'était pas utilisé.

### 1.6.7 Limitations

Le F-HJAF disposait d'une autorisation délivrée par la Direction de la sécurité de l'Aviation civile Centre-Est (DSAC-CE) le 4 décembre 2020, permettant d'effectuer des opérations d'hélicoptère en VFR de jour et de nuit, complétée par l'exemption réglementaire CAT.POL.H.305 « Exploitation sans assurance d'une possibilité d'atterrissage forcé en sécurité ». Cette exemption réglementaire liée aux opérations de treuillage par hélicoptère (classées à risque) permet de s'affranchir de la nécessité de la capacité du maintien du stationnaire avec un moteur en panne (OEI) lors d'un treuillage ; une procédure particulière associée (dégagement en cas de panne d'un moteur en cours de treuillage) est néanmoins exigée.

<sup>13</sup> Data Tracking System.

## 1.7 Renseignements météorologiques

### 1.7.1 Prévisions météorologiques accessibles lors de la préparation des vols de nuit

Conformément au MANEX, le dossier de vol a été constitué par les pilotes avant le premier vol de nuit (à 16 h 05) avec les informations actualisées et en vigueur à cette heure.

Ce dossier contenait les messages METAR 16 h et TAF de 14 h des aérodromes environnants, les cartes TEMSI et WINTEM de 15 h et 18 h et les messages SIGMET.

Le second pilote en formation et l'instructeur ont indiqué au BEA que les informations du dossier météorologiques ont été complétées avec :

- des prévisions météorologiques consultées via des applications installées sur leur smartphone ;
- leurs observations visuelles depuis l'aérodrome d'Albertville ;
- le bulletin départemental Savoie de Météo-France édité par l'agence de Bourg-Saint-Maurice (non archivé) qu'ils ont consulté sur leur smartphone vers 16 h avant le premier vol de nuit. Ce bulletin indiquait une dégradation des conditions météo pour le début de la soirée.

#### **Messages METAR et TAF (Stations situées dans la région)**

##### Aérodrome de Chambéry - Aix-les-Bains (code OACI : LFLB)

Le METAR de 16 h indiquait un vent variable de 2 kt, une visibilité supérieure à 10 km, des nuages morcelés à 4 600 ft et 7 200 ft, une température de 6 °C, un point de rosée de 2 °C, un QNH de 1 002 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 1 400 ft.

Le TAF LONG de 14 h prévoyait :

- du 8 décembre à 15 h au 9 décembre à 15 h un vent du 360° pour 6 kt, une visibilité supérieure à 10 km, des nuages morcelés à 3 500 ft ;
- temporairement le 8 décembre entre 16 h et 23 h des averses de neige, des nuages morcelés à 900 ft ;
- une évolution le 9 décembre entre minuit et 2 h vers des nuages morcelés à 1 400 ft ;
- temporairement du 8 décembre à 23h au 9 décembre à 9 h, une visibilité de 1,5 km, de la neige, un ciel couvert à 400 ft ;
- une évolution le 9 décembre entre 12 h et 15 h vers des nuages épars à 2 500 ft.

##### Aérodrome d'Annecy-Meythet (LFLP)

Le METAR de 16 h indiquait un vent du 290° pour 2 kt, une visibilité supérieure à 10 km, des nuages épars à 3 500 ft et un ciel couvert à 5 600 ft, une température de 5 °C, un point de rosée de 2 °C, un QNH de 1 001 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 900 ft.

##### Aérodrome de Grenoble-Isère (LFLS)

Le METAR de 16 h indiquait un vent du 320° pour 7 kt dont la direction pouvait évoluer entre le 290° et le 350°, une visibilité de 8 km, de la pluie, des nuages morcelés à 1 900 ft et à 2 400 ft, un ciel couvert à 3 000 ft, une température de 5 °C, un point de rosée de 4 °C, un QNH de 1 001 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 800 ft.

## Aérodrome de Lyon Saint Exupéry (LFLL)

Le METAR de 16 h indiquait un vent du 340° pour 7 kt, une visibilité supérieure à 10 km, de la pluie, des nuages morcelés à 3 000 ft et à 4 000 ft, une température de 6 °C, un point de rosée de 4 °C, un QNH de 1 002 hPa avec temporairement des nuages morcelés à 1 200 ft et un ciel couvert à 2 000 ft.

### Cartes TEMSI de 15 et 18 h UTC

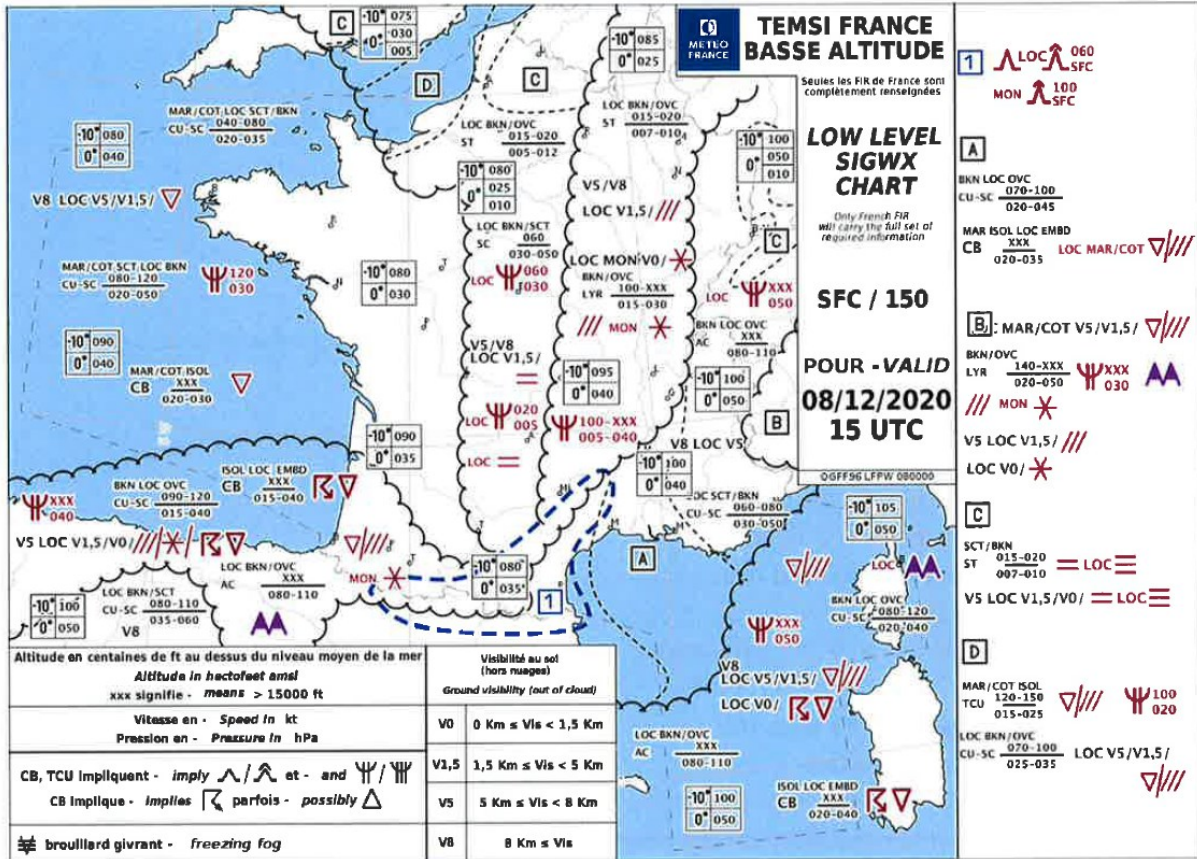


Figure 4 : carte TEMSI de 15 h (Source : Météo-France)

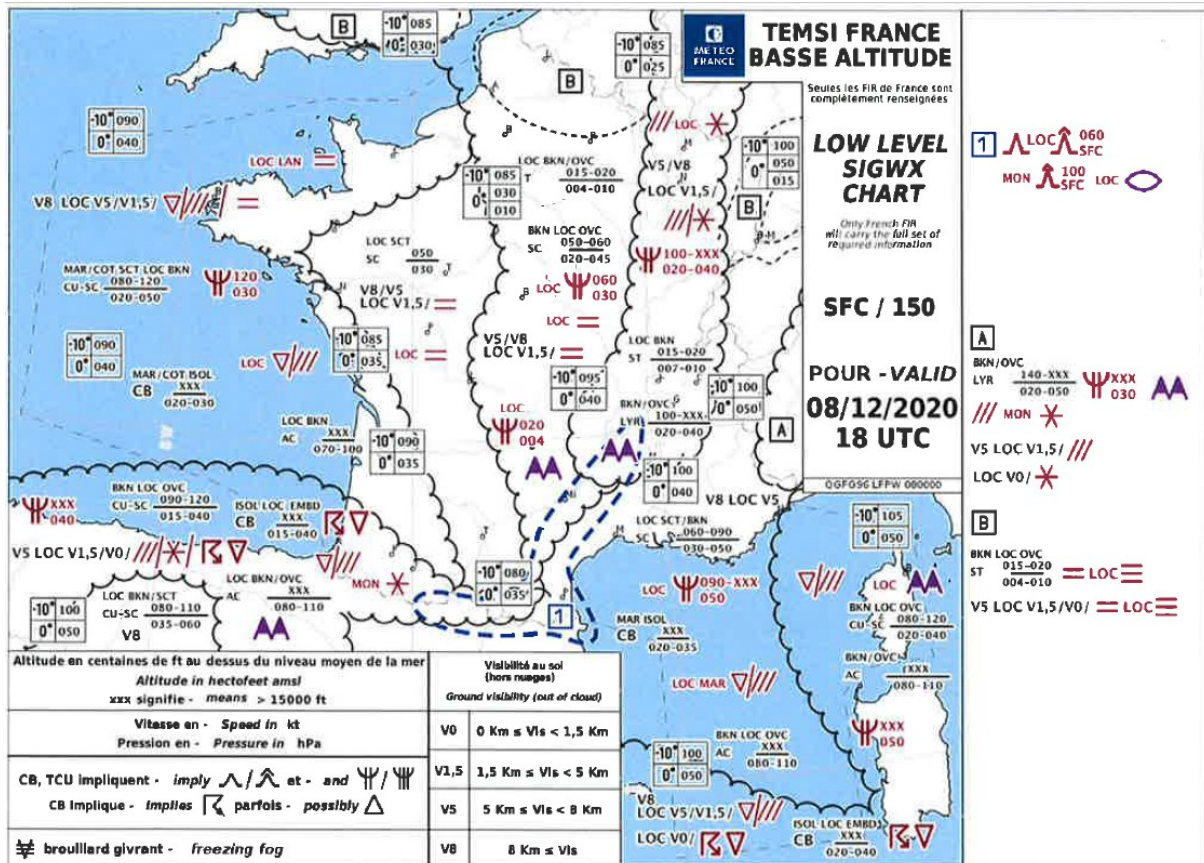


Figure 5 : carte TEMSI de 18 h (Source : Météo-France)

Les cartes TEMSI de 15 h et 18 h montrent qu’une perturbation pluie/neige avec une zone de givrage modérée se déplaçait vers l’est. À 15 h, l’avant de cette perturbation devait toucher la région de Chambéry et à 18 h la région d’Albertville devait également être concernée.

À l’avant de cette perturbation, des nuages morcelés à soudés de type altocumulus dont la base se situe entre 8 000 et 11 000 ft étaient prévus.

### 1.7.2 Observations réalisées avant et pendant le vol de l’accident

#### Messages METAR de LFLB

Le METAR de 16 h 30 indiquait un vent variable de 2 kt, une visibilité supérieure à 10 km, un ciel couvert à 4 200 ft, une température de 6 °C, un point de rosée de 3 °C, un QNH de 1 002 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 1 400 ft.

Le METAR de 17 h indiquait un vent du 020° pour de 5 kt, une visibilité supérieure à 10 km, un ciel couvert à 4 300 ft, une température de 6 °C, un point de rosée de 3 °C, un QNH de 1 003 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 1 400 ft.

Le METAR de 17 h 30 indiquait un vent du 010° pour de 6 kt, une visibilité supérieure à 10 km, de la pluie, des nuages morcelés à 4 100 ft et un ciel couvert à 4 700 ft, une température de 6 °C, un point de rosée de 3 °C, un QNH de 1 003 hPa avec temporairement une visibilité réduite à 4 km, de la pluie et des nuages morcelés à 1 400 ft.

### Observations réalisées par le pilote du premier vol de nuit et l'instructeur

Avant le décollage pour le premier vol de nuit, le massif du Grand Arc était dégagé et les sommets étaient visibles depuis l'aérodrome d'Albertville. Des nuages de haute altitude étaient néanmoins présents au-dessus du massif.

Pendant le vol entre 16 h 25 et 16 h 55, une couche nuageuse partielle bien visible coiffait les crêtes supérieures du massif du Grand Arc à une altitude d'environ 2 300 m. Après la récupération des deux secouristes lors du troisième treuillage, à la fermeture de la porte latérale, un début d'embuage intérieur de la verrière avait été constaté par le pilote. Ce dernier a pu le faire disparaître en ouvrant la fenêtre « mauvais temps » et en activant le chauffage cabine. À la fin de l'exercice vers 16 h 50, les lumières des zones urbaines à proximité étaient parfaitement visibles, identifiables et permettaient de rejoindre l'aérodrome d'Albertville sans difficulté.

### Observations réalisées lors du vol de nuit de l'accident

Les observations suivantes sont issues du témoignage de l'instructeur :

- lors du vol vers le site d'exercice, des « barboles » avaient été détectées sur le flanc nord de la montagne située au nord-est du site de l'exercice et n'interférant pas avec ce dernier ;
- l'humidité était observable par les halos formés autour des lumières des agglomérations situées dans la vallée ;
- pendant l'exercice de treuillage les conditions de visibilité étaient « correctes » ;
- après l'accident, lorsque l'instructeur a donné l'alerte, des étoiles étaient visibles à la verticale de sa position ;
- environ trente minutes plus tard, le ciel était totalement couvert et plus aucune étoile n'était visible.

#### 1.7.3 Données relevées lors du vol de l'accident

Des mesures de température extérieure ont pu être récupérées parmi les données enregistrées par le Brite Saver du F-HJAF :

Heure recalée	Valeur	Position de l'hélicoptère lors de la mesure
16 h 23	5,6 °C	Au sol sur l'aérodrome d'Albertville
16 h 33	-0,8 °C	Verticale de la zone d'exercice (début)
16 h 48	-0,7 °C	Verticale de la zone d'exercice (fin)
16 h 56	5,7 °C	Au sol sur l'aérodrome d'Albertville
17 h 07	0,4 °C	Verticale de la zone d'exercice (début)
17 h 15	-0,8 °C	Verticale de la zone d'exercice (fin)

#### 1.7.4 Situation météorologique (source Météo-France)

Les services de Météo-France ont été sollicités à la suite de l'accident afin de produire une analyse de la situation météorologiques sur la région et la zone de l'accident.

Leur analyse a été faite sur la base des informations enregistrées par les stations environnantes, les observations satellitaires mais également à partir de modélisations numériques basées sur des données prévisionnelles.

### Conditions générales sur la région

Le temps était perturbé avec le passage d'un front froid en soirée sur les Alpes. La limite pluie neige se situait vers 1 200 m d'altitude avant de s'abaisser vers 800 m en fin d'après-midi puis vers 400 m d'altitude en soirée au passage du front froid.

### Estimation de la situation météorologique au moment de l'accident

L'estimation de la situation météorologique par Météo-France à partir des modèles de prévision sur la zone est la suivante :

- nébulosité : ciel très nuageux à couvert avec un plafond autour de 1 400 m s'abaissant vers 1 000 m près des reliefs.
- phénomènes : averse de neige localement sur les reliefs vers 1 000 m s'abaissant au cours de la nuit vers 400 m. Conditions givrantes vers 1 400 m l'après-midi s'abaissant vers 900 - 1 000 m en soirée.
- visibilité : supérieure à 10 km, réduite sous les averses de neige.
- vent moyen : nord d'intensité faible (1 kt).
- QNH : 1 003 hPa.
- situation en altitude : vent de secteur nord-ouest à nord 5 à 10 kt aux FL 020 et FL 050.

### Observations satellitaires

Les images satellitaires en composition colorée enregistrées entre 16 h et 17 h 30 (voir Annexe 7 : Cartes d'observation satellitaires sur la période 16 h – 17 h 30), montrent l'avancée de la perturbation d'ouest en est.

À 16 h, la perturbation avec des nuages bas (couleur jaune/ocre) se situait sur la région de Chambéry. Plus à l'est et précédant cette perturbation, l'image satellitaire montre une zone de couleur blanche entourée d'une zone bleutée correspondant à des nuages de haute altitude.

La zone blanche peut correspondre à des stratus d'altitude élevée ou à la réflexion de la neige présente sur les reliefs.

Entre 16 h 30 et 17 h 30, on distingue l'avancée de la perturbation qui touche progressivement la zone de l'accident. Sur celle-ci, la teinte blanche s'atténue et devient de plus en plus jaunâtre ce qui correspond à la présence de nuages de type stratus d'altitude de plus en plus bas et confirme la dégradation progressive des conditions météorologiques.

La résolution des images satellitaires n'est cependant pas suffisante pour déterminer la proportion de nuages présents.

#### 1.7.5 Conditions d'éclairement pendant les deux vols de nuit

Lors du premier vol de nuit, le pilote en instruction a décollé de l'aérodrome d'Albertville au moment du début de la nuit aéronautique mais avec encore la lueur crépusculaire résiduelle. En prenant de l'altitude, l'angle apparent du disque solaire sous l'horizon a diminué<sup>14</sup> et de ce fait, le pilote a pu récupérer de la luminosité ambiante ce qui lui a permis malgré l'absence de lune de pouvoir distinguer le relief environnant et détecter la présence éventuelle de nuages bas.

En France métropolitaine, la durée du crépuscule varie au cours de l'année et dure entre trente et quarante minutes.

Lors du deuxième vol de nuit soit 35 min après la nuit aéronautique (1 h 05 après le coucher du soleil), compte tenu de l'altitude du site d'exercice, le pilote n'a pas pu bénéficier du même phénomène.

---

<sup>14</sup> Si l'on monte suffisamment en altitude, il est possible de « voir » le soleil réapparaître à l'ouest sur l'horizon puis se coucher à nouveau.



Si les lumières des agglomérations au loin étaient visibles, elles permettaient de s'orienter et de se situer par rapport à des points de repère lointains. La situation de nuit sombre sans lune rendait en revanche difficile le discernement des reliefs proches. Seule l'utilisation des phares, pendant les évolutions à faible vitesse ou en quasi stationnaire, permettait de distinguer et d'éviter les obstacles proches.

## 1.8 Aides à la navigation

Pour le vol de l'accident, aucun moyen de radionavigation classique (NDB, VOR) présent dans la région n'était exploitable en raison du masque généré par le relief montagneux.

## 1.9 Télécommunications

L'hélicoptère évoluait dans un espace aérien non contrôlé.

Aucun échange radiophonique avec un organisme de contrôle n'a été effectué lors du vol de l'accident ni lors du vol de nuit précédent.

Selon le témoignage du pilote du vol précédent et de l'instructeur, les seuls échanges radiophoniques effectués lors des deux vols de nuit sont ceux réalisés lors des phases de décollage ou d'atterrissage sur l'aérodrome d'Albertville, sur la fréquence d'auto-information (123,5 MHz). Cette fréquence n'est pas enregistrée.

## 1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome d'Albertville (LFKA) est un aérodrome à usage restreint en auto-information, non homologué pour le VFR de nuit. Pendant la nuit aéronautique, l'aérodrome est fermé.

Depuis janvier 1998, la DSAC-CE a autorisé SAF HELICOPTERES à utiliser les hélisurfaces situées devant les hangars de la société pendant la nuit aéronautique et la fermeture de l'aérodrome.

## 1.11 Enregistreurs de bord

### 1.11.1 Enregistreurs règlementaires

L'hélicoptère n'était pas équipé d'enregistreurs de vol de type phonique (CVR) ou de paramètres (FDR), la réglementation ne l'exigeait pas.

### 1.11.2 Autres enregistrements

L'hélicoptère était équipé de plusieurs calculateurs permettant la gestion et la surveillance des moteurs, du carburant, de la génération électrique, des pannes des systèmes de bord. Certains calculateurs enregistraient des données à des fins de maintenance.

Les calculateurs suivants ont pu être prélevés sur l'épave de l'hélicoptère à des fins d'analyse :

- *Warning Unit (WU)* : panneau d'alarmes qui annonce des situations d'urgence par l'intermédiaire d'alarmes sonores et lumineuses. Une mémoire interne enregistre les 31 derniers changements d'état d'apparition/disparition des alarmes. Aucune donnée utile à l'enquête n'a pu être récupérée.
- *Cockpit Display Unit (CDU)* : calculateur qui affiche les principaux paramètres moteurs, carburant et électriques, ainsi que des alertes de type CAUTION. L'endommagement du CDU n'a pas permis de récupérer de données utiles à l'enquête.

- *Data Tracking System (DTS)* : Si une carte SD est insérée en façade du DTS, les positions sont enregistrées toutes les secondes. Le DTS ne contient pas de mémoire interne enregistrant les paramètres de position. Seules les positions reçues par l'opérateur ont pu être récupérées.
- *Engine Control Unit (ECU)* : calculateur numérique assurant la régulation du débit carburant et la gestion des paramètres d'un moteur. Des informations de pannes et leur contexte sont enregistrés dans une mémoire non volatile. Il existe deux ECU sur cet hélicoptère : un par moteur. Les données des deux calculateurs ont été récupérées et synchronisées à la seconde près (voir § 1.16.1.1).
- *Brite Saver* : ses données sont enregistrées dans une carte SD insérée en façade et dans une mémoire interne au calculateur. Les deux vols de nuit (vol de l'accident et vol précédent avec changement d'équipage rotor tournant) n'ont pas été enregistrés sur la carte SD. La mémoire interne du Brite Saver a enregistré les deux vols de nuit (voir § 1.16.1.2).

Une carte SD a également été retrouvée dans l'épave. Cette carte SD comportait une étiquette indiquant qu'elle contenait des données relatives au DTS. Elle ne contenait pas d'information relative au vol de l'événement (les fichiers les plus récents dataient de 2014).

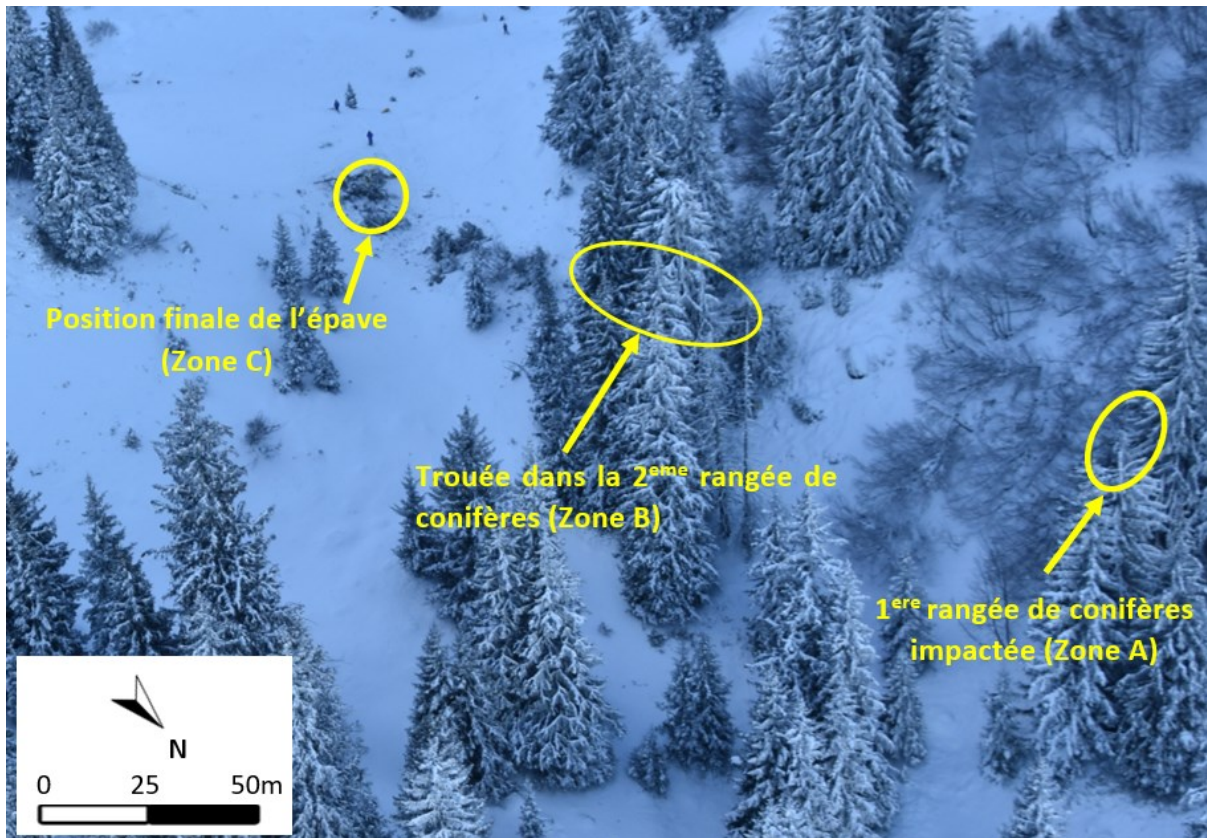
## **1.12 Renseignements sur le site et sur l'épave**

### **1.12.1 Site de l'accident**

Les enquêteurs du BEA n'ont pu se rendre sur le site de l'accident que deux jours après l'événement, en raison des conditions météorologiques défavorables. Ils ont été déposés par un hélicoptère de la gendarmerie.

Une quantité importante de neige était tombée sur et autour de l'épave entre le moment de l'accident et le premier examen visuel réalisé sur le site.

Le site de l'accident se trouve sur la commune de Bonvillard (73), à 1 800 m d'altitude et à environ 3,2 NM de l'aéroport d'Albertville dans le 165°.



**Figure 6 : vue aérienne de jour du site le 10/12/2020 (Source : GTA)**

On distingue trois zones de contact de l'hélicoptère avec la végétation et le sol :

- un premier contact (Zone A) avec la cime d'une première rangée de conifères ;
- un deuxième contact (Zone B) dans une deuxième rangée de conifères ;
- le contact final avec le sol (Zone C) correspondant à la position finale de l'épave.

Ces trois zones (A, B et C) sont quasiment alignées dans le plan horizontal et vertical.

Le terrain étant en pente montante dans le sens de la trajectoire finale de l'hélicoptère, ces points se situent quasiment tous à la même altitude, ce qui semble montrer que l'hélicoptère était en vol en palier selon une route sensiblement orienté au cap 165° lorsqu'il est entré en contact avec la végétation puis le sol.

L'épave se trouvait dans une zone où la végétation est basse, entourée de plusieurs groupes de conifères d'une hauteur pouvant aller jusqu'à environ 30 m.

Au nord-ouest de la position de l'épave principale et à environ 50 m de celle-ci en direction de la vallée, une rangée d'arbres était abîmée environ à sa mi-hauteur. Cette trouée était récente. Une importante quantité de branches ainsi que de multiples débris de l'hélicoptère ont été retrouvés dans la trouée ainsi qu'au sol, depuis ce groupe d'arbres jusqu'à l'épave principale.



**Figure 7 : trouée dans la rangée d'arbres (Source : BEA)**

Encore 50 m plus en amont sur la trajectoire de l'appareil se trouve une autre rangée d'arbres, dont deux d'entre eux ont été étêtés sur quelques dizaines de centimètres (Zone A).

#### **1.12.2 Premier examen visuel de l'épave sur site**

Un premier examen limité de l'épave a été réalisé sur le site de l'accident.

L'hélicoptère était détruit. L'épave n'était pas regroupée.

Un ensemble de débris de petite taille, principalement de la mousse des pales du rotor principal de l'hélicoptère et des petits morceaux de pare-brise/vitres, a été retrouvé au sol au niveau de la zone A.

Une grande quantité de morceaux de branches de toutes tailles (jusqu'à 15 cm de diamètre) est retrouvée aux pieds des arbres de la zone B, ainsi que sur la trajectoire entre les zones B et C.



**Figure 8 : morceau d'arbre de 15 cm de diamètre retrouvé sur le site (Source : BEA)**

À partir du premier arbre de la rangée (zone B) jusqu'à l'épave (zone C), de nombreux éléments de l'hélicoptère de taille plus importante ont été retrouvés :

- les portes avant droite et gauche, la porte latérale coulissante droite et des morceaux du plan arrière ont été retrouvés aux pieds des arbres (zone B), ainsi que des éléments des pales du rotor principal et des éléments de la structure de la cabine ;



**Figure 9 : débris de l'hélicoptère recouverts de neige (Source : BEA)**

- le siège avant gauche (position de l'instructeur), des morceaux des patins d'atterrissage, droit et gauche, des éléments du treuil, de la partie avant du fuselage ainsi que du carénage du fenestron ont été retrouvés entre la zone B et la partie principale de l'épave (zone C) ;



**Figure 10 : siège avant gauche (Source : BEA)**

- le siège avant droit (position du pilote) a été retrouvé à proximité immédiate de l'épave.

Un conifère d'environ 15 cm de diamètre est également déraciné entre les zones B et C. L'ensemble de ces observations montre que l'appareil a été très fortement endommagé en passant au travers de cette deuxième rangée d'arbres (zone B).

Les éléments suivants ont également été observés sur site :

- l'épave reposait sur son flanc droit. Elle était perpendiculaire à l'axe de la trajectoire finale, l'avant de l'hélicoptère orienté suivant un cap d'environ 030° ;
- les moteurs, la boîte de transmission principale (BTP) et le plancher mécanique étaient solidaires ;
- la poutre de queue était rompue et uniquement reliée à la cellule par la commande à bille du rotor anti-couple (RAC). ;
- le fenestron était endommagé mais entier.

L'épave a été récupérée afin de procéder à des examens plus détaillés de l'hélicoptère en dehors du site de l'accident.

### 1.12.3 Relevage de l'épave

Les conditions météorologiques n'ont permis le relevage qu'au mois d'avril 2021 pour les ensembles de grande taille et de juin 2021 pour les éléments plus petits.



**Figure 11 : épave déneigée avant relevage (source : BEA)**



**Figure 12 : relevage de l'épave (source : BEA)**

L'intégralité de l'épave a été transportée dans les locaux du BEA pour la réalisation d'examen techniques.

### 1.12.4 Examen de la cellule et des ensembles mécaniques

L'examen détaillé de la cellule montre que :

- la cellule de l'hélicoptère a été détruite consécutivement aux impacts avec la végétation puis le sol.
- l'avant de l'appareil a été totalement détruit consécutivement aux collisions avec la végétation et le sol. Les portes latérales, avants et coulissantes, ainsi que les fenêtres étaient séparées de la cellule principale.
- la paroi gauche était détruite. La paroi droite était endommagée mais encore solidaire du plancher et du plancher mécanique (désolidarisée lors du relevage).
- les patins étaient rompus en plusieurs endroits.
- la queue de l'appareil était rompue environ à mi-distance entre l'arrière de la cellule et le fenestron. Cette rupture était consécutive à l'impact avec le sol.
- toutes les ruptures observées sur la cellule étaient des ruptures par surcharge consécutives à l'impact avec la végétation et le sol.
- les quatre pales du rotor principal présentaient des endommagements comparables ;

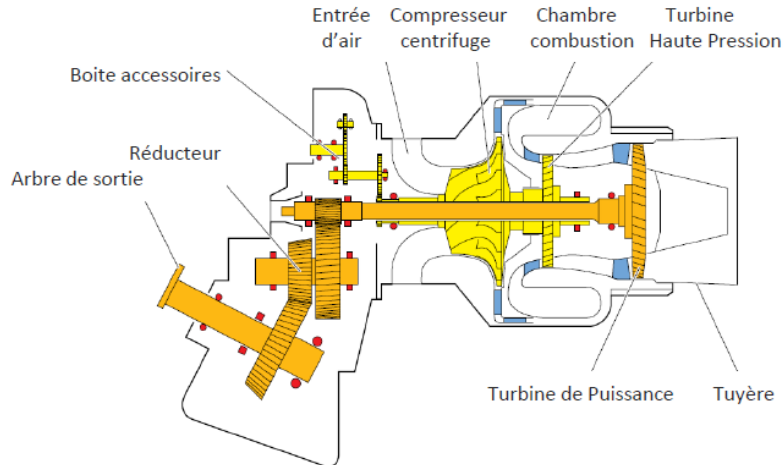
- les pieds de pales étaient solidaires de la tête rotor et les dommages observés étaient caractéristiques d'un contact en rotation avec un élément extérieur relativement tendre (neige, branches d'arbre). Ces observations sont cohérentes avec les deux premières séries d'impacts du rotor avec la végétation ;
- la tête rotor et la BTP portaient des traces d'impacts mais étaient globalement faiblement endommagées. La fixation avant droite de la BTP a rompu par surcharge ;
- les arbres de transmission moteurs étaient en bon état. Ils étaient tous les deux déconnectés au niveau de leur liaison cannelée consécutivement à la déformation de la cellule lors de l'impact avec le sol (générée par un mouvement relatif de la BTP et des deux moteurs). Les traces de frottements sur les arbres de transmission de puissance étaient limitées ce qui semble montrer que les moteurs ne délivraient plus de puissance lors de l'impact final avec le sol ;
- l'arbre de transmission du rotor arrière est composé de trois arbres courts : l'avant, le central et l'arrière. L'arbre court avant, en composite, était rompu en flexion consécutivement à la déformation de la cellule lors de l'impact avec le sol. L'arbre central, métallique, était rompu en flexion consécutivement à la séparation de la poutre de queue lors de l'impact avec le sol ;
- la boîte de transmission arrière (BTA) était faiblement endommagée, bien que la rotation fût rendue impossible par les déformations des pales du fenestron et de son carénage ;
- le fenestron était composé de dix pales. Une de ces pales a été déformée en flexion, deux autres portaient des traces d'impact sur leur bord de fuite. Ces dommages sont postérieurs à la séparation de l'arrière de l'appareil et ont donc eu lieu avec une faible rotation résiduelle ;
- le réservoir carburant a été rompu en plusieurs endroits. L'état d'endommagement de l'hélicoptère n'a pas permis l'examen détaillé du circuit carburant ;
- l'avant de la cellule a été totalement détruit par la collision finale avec le sol ;
- l'examen des commandes de vol a été limité en raison des nombreuses ruptures observées, toutes par surcharge.

L'ensemble des dommages observés sur l'hélicoptère sont consécutifs aux collisions avec la végétation et le sol. Les examens réalisés n'ont pas mis en évidence d'anomalie ni de dysfonctionnement pouvant expliquer l'événement.



### 1.12.5 Synthèse des examens des moteurs et interfaces en cockpit

L'EC135-T1 est équipé de moteurs Arrius 2B1A1 dont le schéma de principe est représenté ci-après.



**Figure 13 : détail des composants du moteur (Source : Safran Helicopter Engines)**

L'examen complet du moteur et de ses accessoires est détaillé en annexe 3.

En synthèse, les éléments suivants ont pu être établis :

- une des deux poignées tournantes a été retrouvée sur la position « flight » ; la position de la seconde poignée tournante n'a pas pu être déterminée, cette dernière était rompue ;
- la destruction du poste de pilotage et les endommagements relevés sur la console centrale supérieure n'ont pas permis de déterminer la position des différents sélecteurs et interrupteurs au moment de l'accident ;
- de nombreux débris d'arbres résineux ont été retrouvés dans les entrées d'air des deux moteurs ;
- aucune anomalie n'a été constatée sur les circuits d'huile et de carburant ;
- les arbres de transmission de puissance entre les deux moteurs et la BTP étaient accouplés du côté BTP, mais désaccouplés du côté moteur ;
- les cannelures d'accouplement côté moteur montrent des traces de contacts de faible profondeur et de faible largeur formant des trajectoires hélicoïdales, ce qui indique que l'arbre de transmission tournait lors du désaccouplement, avec une puissance réduite (faible couple) ;
- des traces d'un pompage consécutif à l'ingestion de débris ont été observées sur l'entrée d'air du moteur 2 ;
- aucune autre singularité n'a été observée sur les moteurs et leurs accessoires ;
- les moteurs fonctionnaient et délivraient de la puissance au moment de la collision avec la végétation.

### 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

L'autopsie pratiquée sur le corps du pilote n'a pas mis en évidence d'éléments contributifs à l'accident.

### 1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie consécutif à l'impact avec le sol.

### 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

#### 1.15.1 Examen des sièges

Le siège avant droit (siège du pilote) était totalement détruit. La ceinture 4 points a été retrouvée bouclée. L'état d'endommagement du siège n'a pas permis de réaliser un examen plus détaillé du siège ou de la ceinture.

Le siège avant gauche (siège de l'instructeur) était endommagé. Il a été retrouvé juste après la rangée d'arbres (zone B). La ceinture 4 points a été retrouvée bouclée. Les marques observées sur le harnais d'épaule droit semblent correspondre à une personne en place sur le siège et attachée.



**Figure 14 : harnais d'épaules du siège avant gauche (Source : BEA)**



**Figure 15 : marque sur le harnais droit du siège avant gauche (Source : BEA)**

#### 1.15.2 Séquence de l'accident

Dans un premier temps, les pales du rotor principal ont heurté la cime de conifères (zone A), puis dans un deuxième temps l'hélicoptère est entré en collision frontale avec un groupe de conifères (zone B). Dans un troisième temps, l'hélicoptère, déjà très endommagé, est entré en collision avec le sol enneigé (zone C).

Lors de la collision frontale avec le groupe de conifères (zone B), le tronc d'un des arbres a détruit le poste de pilotage et déchiré le plancher de la cabine, entraînant la désolidarisation du siège copilote en place avant-gauche de la cellule. Le pilote instructeur assis sur ce siège et attaché par le harnais 4 points a été éjecté de l'hélicoptère. À l'issue de cette séquence, il a repris connaissance dans la neige hors de son siège.

Le harnais du siège a été retrouvé verrouillé fermé. Des amorces de coupures ont été constatées à deux endroits différents sur une des épaulières du harnais. Cela indique qu'au moment de la collision avec les sapins, le bouton de verrouillage des sangles d'épaule était sur la position « libre »<sup>15</sup> et le dos du pilote n'était probablement pas plaqué sur le dossier du siège.

La deuxième coupure correspond à une position du pilote avec le dos plaqué sur le siège.

<sup>15</sup> Un bouton de verrouillage sur le siège pilote permet d'alternier entre une position « bloquée » des sangles d'épaule et une « libre » permettant au pilote de s'incliner librement vers l'avant. Dans cette position, il y a néanmoins blocage automatique si le mouvement vers l'avant est trop brusque (type ceinture de sécurité).

Il est possible que, compte tenu de cette position du bouton de verrouillage et de la séquence de la collision, l'instructeur ait glissé hors du siège lorsque ce dernier s'est désolidarisé de la cellule. L'épaisseur du manteau neigeux présent sur la zone de l'accident a probablement amorti la chute de l'instructeur.

Lors de la collision avec le sol enneigé, l'hélicoptère a touché le sol sur le côté avant droit entraînant la destruction du siège avant droit. Le harnais du siège a été retrouvé fermé et verrouillé.

Compte tenu de la configuration de l'hélicoptère et du type de mission, les quatre autres occupants en zone cargo ne disposaient que d'un seul siège (à l'arrière droit) muni d'une ceinture de sécurité ventrale. Les occupants qui n'utilisaient pas ce siège étaient assis directement sur le plancher de l'hélicoptère et ils ne disposaient pas de ceintures de sécurité.

Les quatre occupants étaient tous équipés de harnais individuels. Chaque harnais était muni d'une longe. Cette longe permettait de s'accrocher à des anneaux reliés à la structure de l'hélicoptère pour les deux treuillistes ou à la ligne de vie disposée sur le plancher pour les deux secouristes.

*Note : La ligne de vie correspond à une (ou plusieurs) corde(s) reliant plusieurs anneaux fixés sur des points d'arrimage disposés sur le plancher ou sur des montants (points fort) de la structure. Elle permet aux occupants en zone cargo au travers des longes des harnais individuel d'être reliés et sécurisés à l'hélicoptère lors des phases d'ouverture des portes pendant le vol tout en conservant une liberté de mouvement dans cette zone. Ce dispositif ne constitue pas un moyen de substitution<sup>16</sup> aux ceintures de sécurité. Cependant certaines activités particulières<sup>17</sup>, compte tenu de la place disponible et de la mission à assurer, peuvent bénéficier de mesures dérogatoires ou adaptées permettant de s'affranchir d'être attaché lors de certaines phases du vol.*

Les observations réalisées sur site montrent que les occupants en zone cargo étaient attachés à l'hélicoptère via les longes des harnais au moment de l'accident. La ceinture de sécurité du siège arrière droit a été retrouvée non verrouillée. Il n'a pas été possible de déterminer si ce siège était utilisé au moment de l'accident.

Les collisions successives avec la végétation puis le sol ne laissaient que peu de chance de survie aux occupants de l'hélicoptère. En prenant en compte les déformations structurelles et l'énergie à l'impact, il est peu probable que la présence de sièges et de ceintures de sécurité individuelles à l'arrière eût pu contribuer à améliorer la survivabilité pour cet accident et alléger le bilan humain.

### 1.15.3 Organisation des secours

L'instructeur qui a été éjecté de l'hélicoptère a pu prévenir les opérations de SAF HELICOPTERES par téléphone et donner les coordonnées géographiques du site de l'accident. Les personnels de la société ont averti les services départementaux (CODIS<sup>18</sup> 73) de la survenue de l'accident.

---

<sup>16</sup> Niveau de protection et d'absorption des chocs et d'immobilisation.

<sup>17</sup> L'hélitreuillage est l'une de ces activités.

<sup>18</sup> Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours.

À 17 h 51, l'ARCC-Lyon<sup>19</sup>, prévenu par le CODIS 73, a déclenché l'alerte et engagé les moyens aériens : hélicoptère du DAG<sup>20</sup> de Modane CHOUCAS 73 et de la Sécurité civile DRAGON 74. En coordination avec la préfecture, une phase C du plan SATER<sup>21</sup> a été déclenchée. Compte tenu des conditions météorologiques dégradées sur la zone de l'accident, le survol par les hélicoptères de la zone n'a pas été possible.

À 18 h 41, CHOUCAS 73, limité par un plafond nuageux à 1 400 m d'altitude, a déposé en aval de la zone de l'accident une équipe du PGHM au sol qui a débuté l'ascension en direction du site de l'accident.

À 20 h 48, l'équipe au sol a retrouvé l'instructeur grièvement blessé et en état d'hypothermie.

Les cinq autres occupants ont été retrouvés décédés à proximité de l'épave de l'hélicoptère.

Le pilote survivant a été médicalisé sur place, évacué à pied vers la vallée par l'équipe de secours du PGHM puis par voie routière vers le centre hospitalier de Grenoble.

Vers 1 h 30 le 9 décembre, l'opération SAR<sup>22</sup> a été suspendue après que les moyens aériens engagés eurent atterri et que l'évacuation du pilote survivant eut été achevée.

L'opération SAR a été clôturée à 8 h 30.

## **1.16 Essais et recherches**

L'hélicoptère était équipé de plusieurs calculateurs permettant la gestion et la surveillance des moteurs, du carburant, de la génération électrique, des pannes des systèmes de bord (voir § 1.11).

### **1.16.1 Résultats d'examen des calculateurs**

#### **1.16.1.1 ECU**

Les deux ECU ont enregistré la « Panne Pas Collectif », respectivement, 54 min 34 et 54 min 33 après la mise sous tension du calculateur et, respectivement, entre 0 et 1 minute et entre 0 et 3 minutes avant la coupure d'alimentation. Il n'y a pas eu d'autre panne enregistrée pour le même vol.

Les deux enregistrements de la « Panne Pas Collectif » ont eu lieu quasi-simultanément lors du vol et reflètent une occurrence commune aux deux moteurs et très proche de la mise hors tension simultanée des deux calculateurs.

À ce moment-là, les deux moteurs délivraient de la puissance à un niveau équivalent et leurs régimes de fonctionnement n'avaient pas atteint leurs limites. De faibles écarts entre les paramètres des deux moteurs ont été enregistrés et s'expliquent par des dispersions normales de performances entre moteurs, des différences normales d'effets d'avionnage entre moteur droit et moteur gauche ainsi qu'à un possible léger écart de temps entre les enregistrements des paramètres des deux moteurs.

---

<sup>19</sup> Aeronautical Rescue Coordination Center.

<sup>20</sup> Détachement Aérien de la Gendarmerie.

<sup>21</sup> Sauvetage Aéro-Terrestre.

<sup>22</sup> Search and Rescue.

Lors des enregistrements de la « Panne Pas Collectif », les systèmes de régulation des deux moteurs étaient dans un mode de régulation cohérent avec des conditions de vol (mode de régulation automatique et position « Vol ») et, logiquement, en mode dégradé provenant de la « Panne Pas Collectif ».

Le message « Panne Pas Collectif » apparaît fréquemment lors des accidents au moment où l'hélicoptère subit un impact. En effet, les valeurs invalides générant cette panne ne peuvent pas être atteintes mécaniquement du fait de la conception de la chaîne de commande du manche. Cette panne a très probablement été déclenchée par les déformations structurales à la suite d'une collision.

#### 1.16.1.2 Brite Saver

Les paramètres suivants ont été extraits de la mémoire du calculateur :

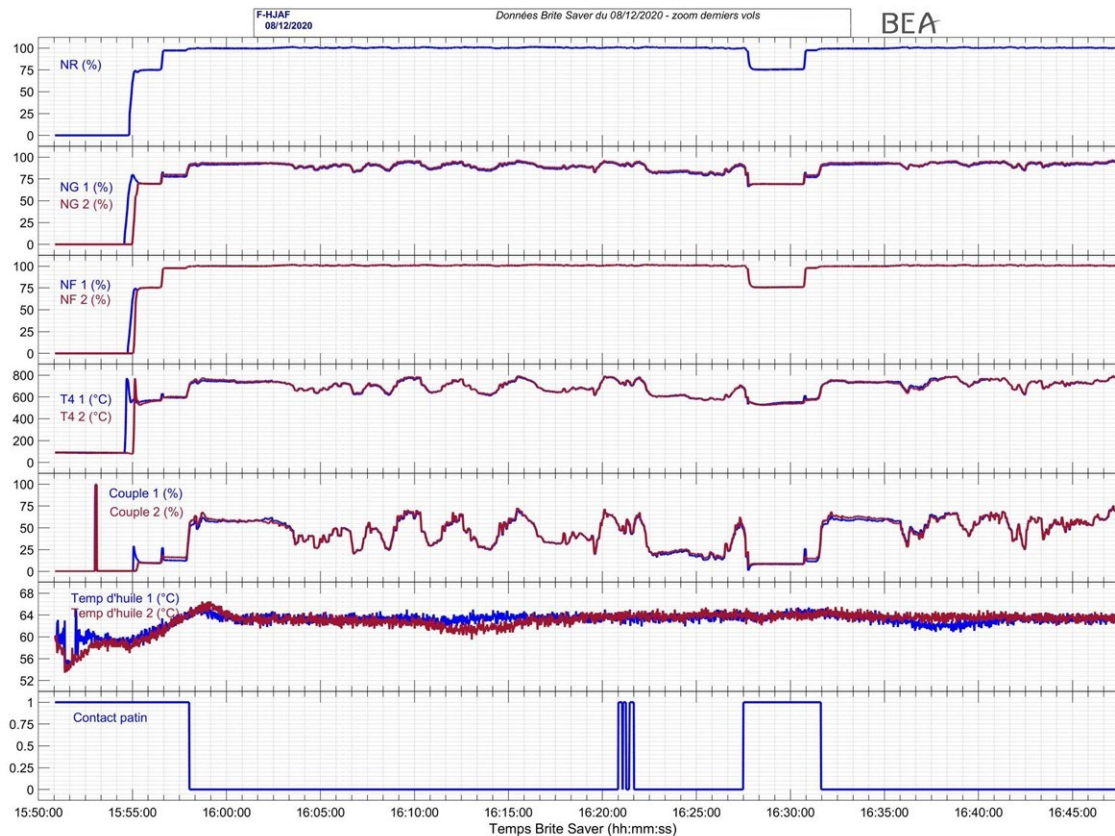
Paramètre	Unité	Commentaire
Date/heure	hh :mm :ss	Temps du Brite Saver
NG 1 et NG 2	%	Vitesse du générateur de gaz (moteur 1 ou 2)
NF 1 et NF 2	%	Vitesse de la turbine libre (moteur 1 ou 2)
NR	%	Vitesse du rotor principal
T4 1 et T4 2	°C	Température à la sortie de la chambre de combustion (moteur 1 ou 2)
Couple 1 et Couple 2	%	Couple du moteur 1 et du moteur 2
Température extérieure	°C	-
Température d'huile 1 et Température d'huile 2	°C	Température d'huile du moteur 1 et du moteur 2
Contact patin	booléen	1 = contact avec le sol 0 = pas de contact

Lorsque le Brite Saver n'est pas connecté à un système GNSS, la date et l'heure ne sont pas automatiquement recalées avec l'heure UTC.

L'horloge du Brite Saver présentait un décalage avec l'heure UTC de 28 min 27 (en retard sur l'heure UTC). Cette valeur a été estimée par la synchronisation des données du Brite Saver avec les paramètres moteur des ECU enregistrés au moment de la « Panne Pas Collectif » et l'heure de l'accident estimée à partir des données radar.

Les dernières données enregistrées étaient datées à 17 h 16 (heure recalée).

Les données correspondant aux deux derniers vols, avec le changement d'équipage moteur tournant ont été tracées sur la figure ci-après.



**Figure 16 : paramètres enregistrés lors du vol de l'accident et du vol précédent (Source : BEA)**

Le paramètre « contact patin » permet d'identifier les deux vols et confirme le posé au chalet du Marret lors du premier vol. Les paramètres « NR », « NG », « NF », « T4 », « Couple » et « Temp d'huile » ne font pas apparaître d'anomalie dans le fonctionnement des moteurs.

Les paramètres « NR » et « NF1/2 » sont corrélés.

Les variations des paramètres « NG », « T4 » et « Couple » sont synchrones et cohérents avec les différentes phases de vol : décollage, montée, mise en stationnaire pour les treuilages, descente et atterrissage. Néanmoins les variations (à la baisse par rapport aux phases de mise en stationnaire) sont plus importantes sur le premier vol de nuit ce qui correspond pour les hippodromes à des trajectoires plus amples et des virages plus grands (moins d'inclinaison) nécessitant moins de couple des moteurs.

### 1.16.2 Trajectoires

Les trajectoires suivies pendant les vols de nuit ont pu être estimées à partir des informations DTS et de la poursuite radar<sup>23</sup> qui calcule des positions estimées de l'aéronef en prenant en compte les informations de plusieurs radars, mais aussi l'extrapolation des positions passées. Les données radar ont été épurées des points manifestement erronés.

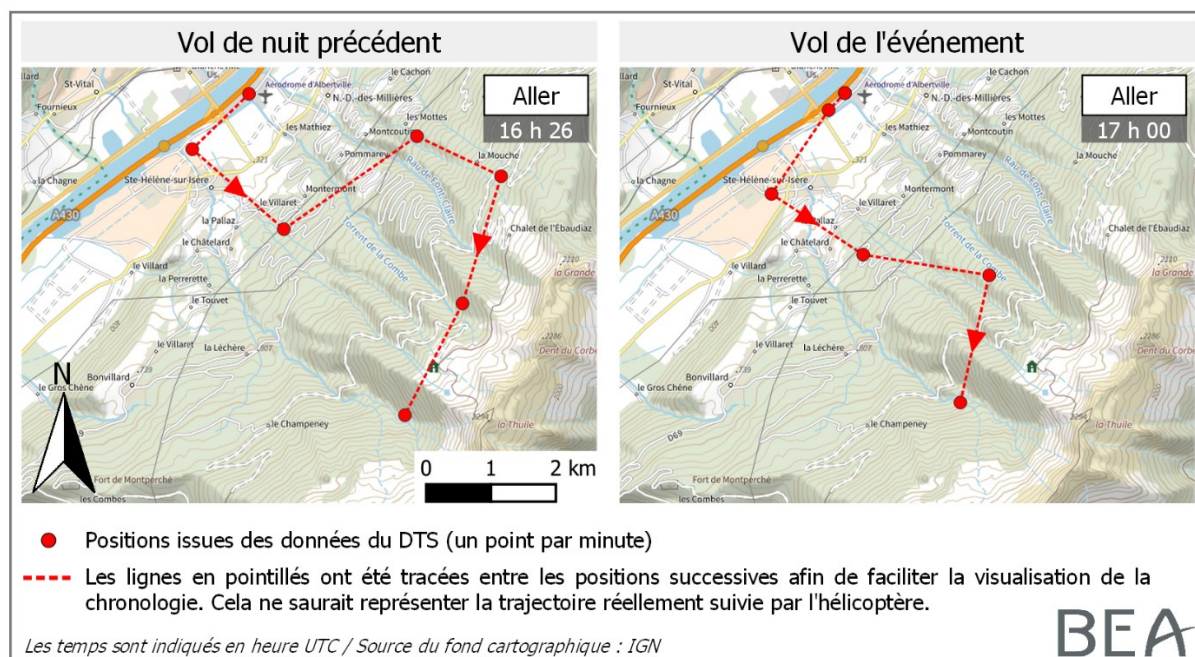
Les trajectoires ont été découpées en plusieurs segments pour les deux vols de nuit :

- 1- Montée vers le site de treuillage.
- 2- Reconnaissance du site et trajectoire suivie pour chacun des trois treuillages.
- 3- Départ du site.

Lors du dernier vol de jour (vol n°4), une reconnaissance du site pour l'exercice de nuit a été effectuée avec le pilote du vol de l'accident. Des éléments de trajectoire ont pu être récupérés.

#### 1.16.2.1 Montée vers le site de treuillage

Les trajectoires de montée vers le site de treuillage ont été réalisées à partir des données DTS (1 point par minute).



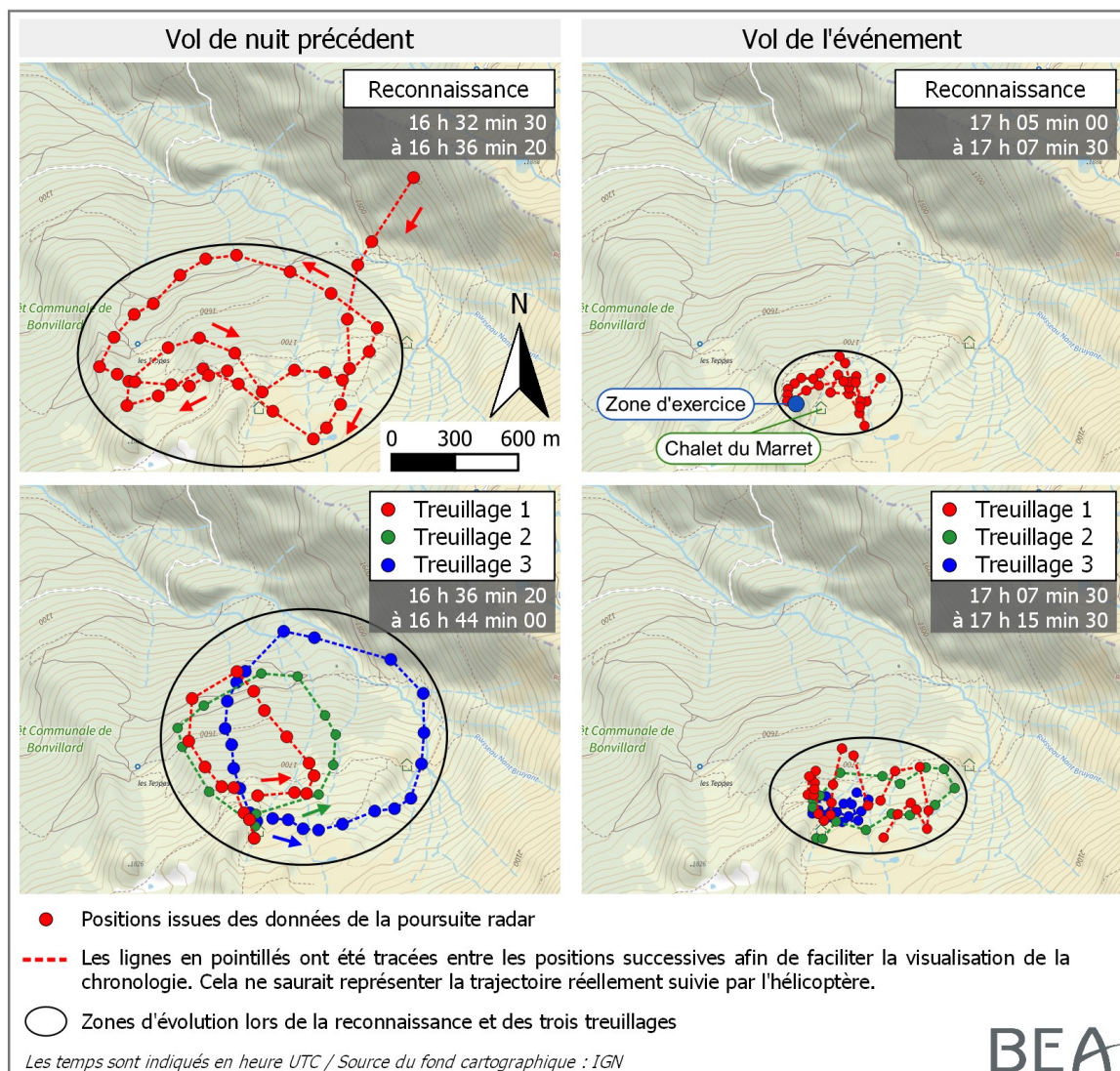
**Figure 17 : trajectoire suivie pour rejoindre le site d'exercice**

#### 1.16.2.2 Reconnaissance du site et treuillages

Les trajectoires de reconnaissance du site et les évolutions pour les treuillages ont été estimées à partir des données de la poursuite radar. Les points enregistrés ont été portés sur la carte à la même échelle, avec la même emprise pour la cartographie, pour comparer les zones d'évolutions lors des deux vols de nuit.

Le treuillage se situe à la fin de chaque hippodrome.

<sup>23</sup> Le radar fournit dans ce cas au mieux un point toutes les 4 secondes. En zone montagneuse, des pertes de détection se produisent à cause du masquage du relief, ce qui diminue le nombre de points disponibles.



**Figure 18 : trajectoires suivies pour la reconnaissance du site et les treuillages**

Le tableau ci-après indique, pour les deux vols de nuit, les durées des hippodromes et le temps du stationnaire au-dessus du site d'exercice au cours duquel le treuil a été utilisé pour la dépose ou la remontée des secouristes.

Vol de nuit précédent	Durée de l'hippodrome et de la treuillée	Temps du stationnaire pour la treuillée
Treuillage 1	2 min 10	Entre 40 et 50 s
Treuillage 2	2 min 15	Environ 45 s
Treuillage 3	3 min 15	Entre 50 et 60 s
<b>Vol de l'événement</b>		
Treuillage 1	2 min 15	Environ 40 s
Treuillage 2	1 min 55	Environ 40 s
Treuillage 3	3 min 50	Entre 50 et 60 s



Pour le vol de nuit précédent, un hippodrome par virage gauche a été effectué avant chaque treuillée.

Malgré les imprécisions des positions radar, on observe lors du vol de l'événement qu'un hippodrome par virage gauche a été effectué avant chacune des treuillées 1 et 2.

Pour la treuillée 3, on détecte deux circuits d'évolution dont le premier a probablement été effectué par virage gauche. Il n'a pas été possible de déterminer, à partir des données de trajectographie, l'axe final de présentation pour la dernière treuillée.

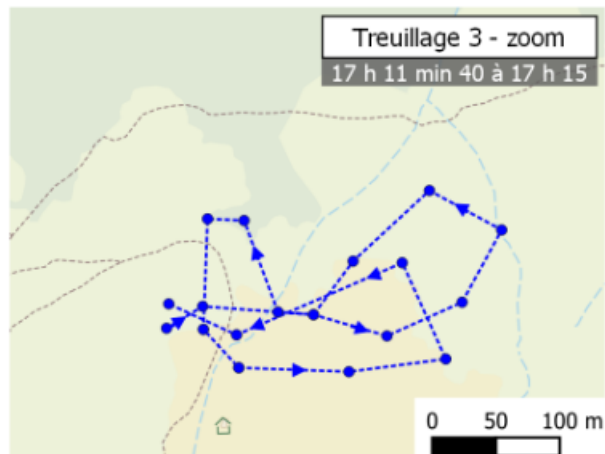


Figure 19 : zoom pour le 3<sup>ème</sup> treuillage (Source : BEA)

### 1.16.2.3 Départ du site du vol de l'événement

La trajectoire de départ du site du vol de l'événement a été estimée à partir des données de la poursuite radar.

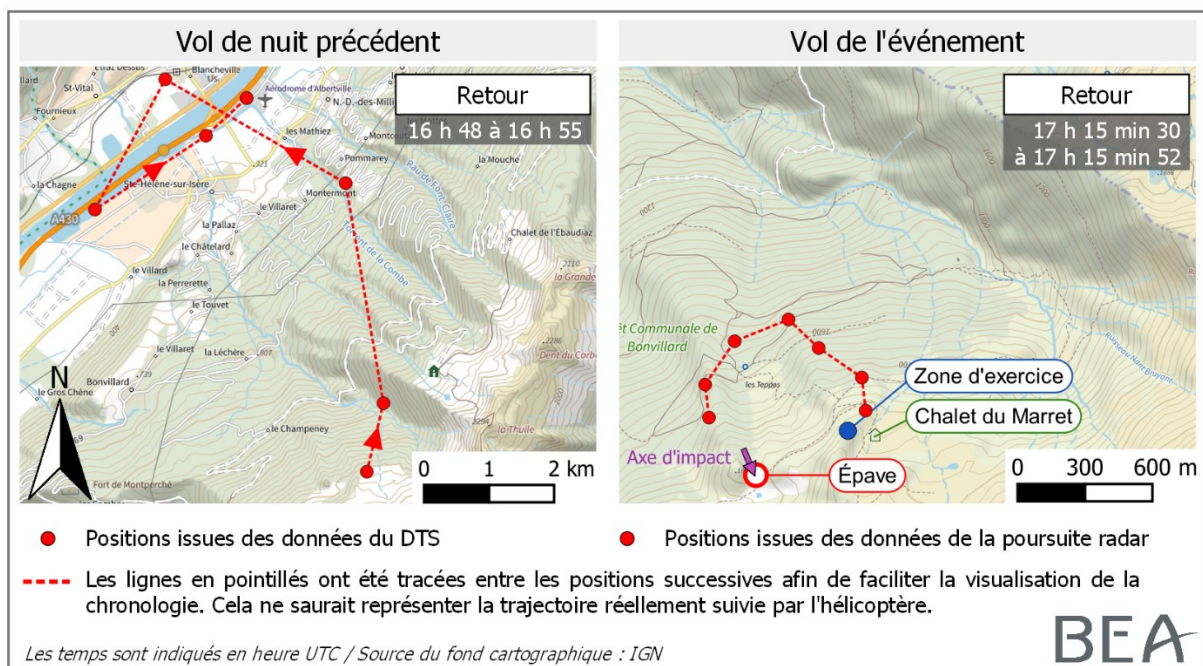


Figure 20 : trajectoire suivie à la fin des treuillages

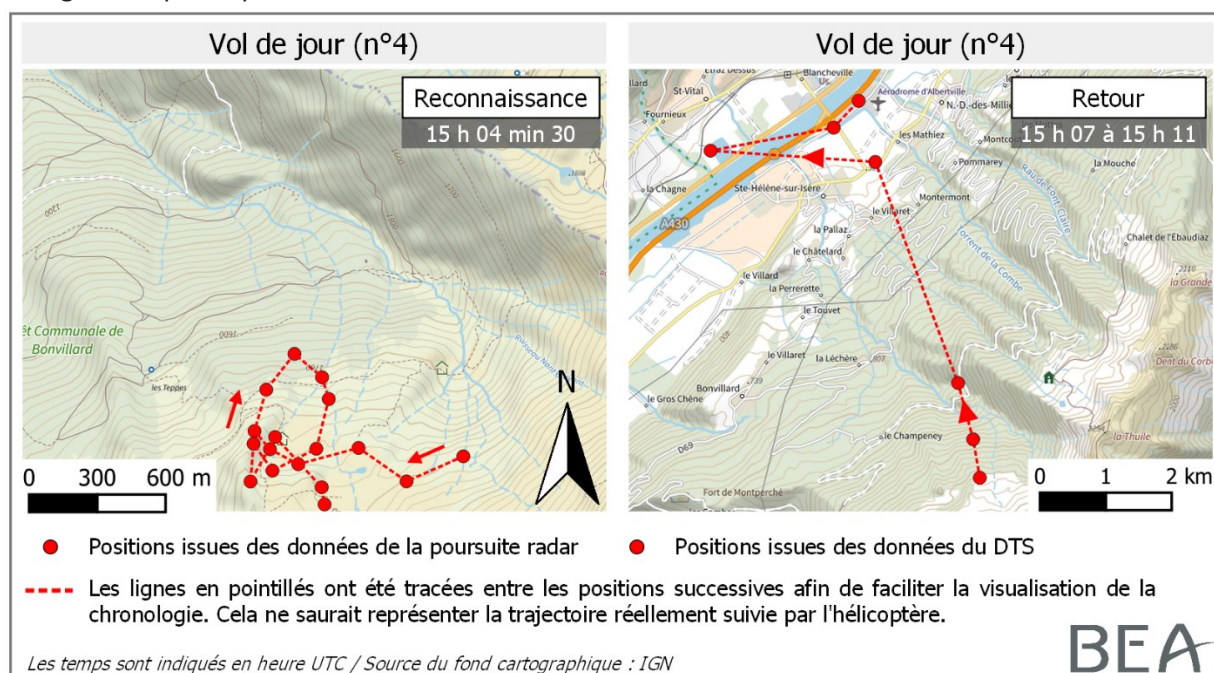
Les informations de la poursuite radar permettent de détecter, au départ<sup>24</sup> du site d'exercice, un vol qui s'est orienté au nord-ouest, avec une augmentation de la vitesse de l'hélicoptère et un virage par la gauche à altitude constante. La fin de la trajectoire estimée est cohérente avec les observations sur le site de l'accident et la position de l'épave, sans pouvoir être précise sur les positions réelles de l'hélicoptère.

#### 1.16.2.4 Vol de jour (n°4)

Lors de ce vol de jour (4<sup>ème</sup> vol), l'équipage de conduite était constitué du pilote et de l'instructeur du vol de l'accident. Ils ont recherché un site d'exercice propice à la réalisation des vols de nuit, proche de l'aérodrome et avec un visuel sur la vallée.

L'équipage a survolé le site pendant environ 2 min 30. Depuis la verticale du site, le pilote a pris de la vitesse sensiblement en direction de l'agglomération d'Albertville puis a effectué un léger virage par la gauche pour se diriger vers l'aérodrome avant de débiter la descente afin d'intégrer le circuit d'aérodrome.

La trajectoire concernant la reconnaissance du site est issue des données de la poursuite radar. La trajectoire du vol retour vers l'aérodrome d'Albertville a été réalisée à partir des informations DTS enregistrées par l'opérateur.



**Figure 21 : trajectoire suivie pendant la reconnaissance du site de jour et retour vers l'aérodrome**

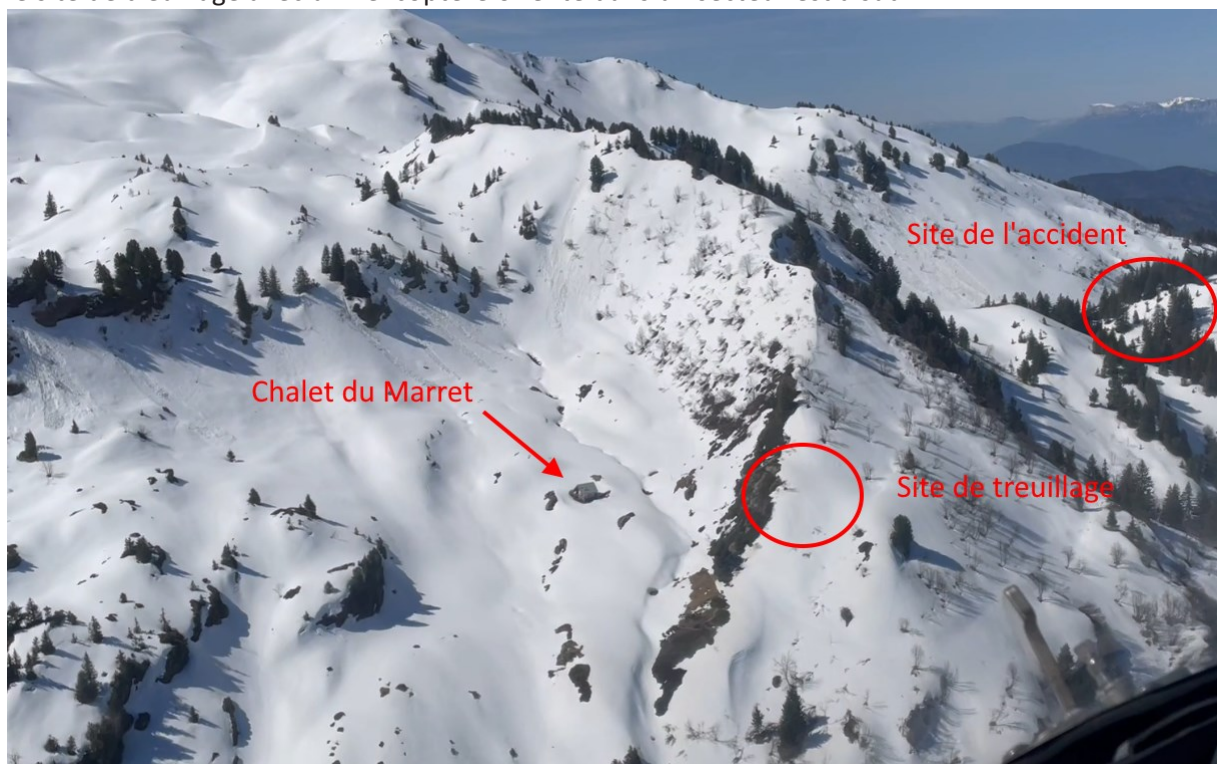
<sup>24</sup> Ces données ne permettent pas de connaître l'orientation initiale de l'hélicoptère au moment où le pilote a quitté le stationnaire.

### 1.16.3 Mission de reconnaissance de jour par hélicoptère

Une mission de jour par hélicoptère a été organisée sur le site de treuillage afin de :

- évaluer les conditions de visibilité des repères environnant en fonction de la hauteur ;
- suivre les trajectoires du F-HJAF réalisées lors des treuillées le jour de l'accident et évaluer les contraintes liées à l'environnement en fonction de l'orientation de l'hélicoptère lors des phases de treuillage ;
- évaluer la visibilité de l'agglomération d'Albertville et autres villages dans la vallée en suivant la trajectoire finale du F-HJAF depuis le site de treuillage.

Le site de treuillage se situe sur un éperon en surplomb du chalet du Marret à environ 50 m et au nord-ouest de ce dernier. Le chalet du Marret est un repère visuel propice au positionnement sur le site de treuillage avec un hélicoptère orienté dans un secteur est à sud.



**Figure 22 : vue générale du site de treuillage (face au sud-ouest) (Source : BEA)**

Les trajectoires suivies, pour reproduire le premier vol de nuit, montrent que l'axe nord-ouest / sud-est des hippodromes ainsi que les cheminements suivis permettent de s'affranchir des obstacles et du relief environnant.

Les trajectoires suivies, pour reproduire les deux premiers hippodromes du vol de l'accident, selon un axe est-ouest, bien que plus resserrées permettent de s'affranchir des obstacles et du relief environnant. Néanmoins la branche finale, pour se positionner sur le site de treuillage, est beaucoup plus courte et nécessite d'anticiper les actions préparatoires pour le guidage et la treuillée.

La trajectoire suivie pour reproduire la présentation pour la troisième treuillée (deux hippodromes) a été réalisée à basse vitesse et dans un temps plus long que celui calculé lors du vol de l'accident. Il a été constaté que :

- pour rester dans le même volume que lors du vol de l'accident, les manœuvres nécessitent d'être plus serrées que pour les deux premières treuillées de ce même vol ;
- l'axe d'approche finale sur le premier hippodrome de la troisième treuillée est court et le temps de préparation est limité ;
- l'axe d'approche finale sur le deuxième hippodrome de la troisième treuillée est un peu plus long et permet un temps de préparation similaire aux deux premières treuillées. L'orientation de l'hélicoptère sur l'éperon est cependant à l'opposé des deux premières treuillées.

Pour évaluer la visibilité de l'agglomération d'Albertville, l'hélicoptère a été positionné entre le site de treuillage et le chalet du Marret, en direction de la ville, à une altitude correspondant à celle du site de treuillage puis s'est progressivement élevé de 100 m.

De la position initiale jusqu'à 100 m, l'agglomération d'Albertville était visible, la première ligne de crête (la plus pénalisante), située entre le site de treuillage et Albertville, ne masquait que l'extrême sud de l'agglomération.



**Figure 23 : vue en direction d'Albertville à l'altitude du site de treuillage (Source : BEA)**

En suivant la trajectoire du vol de l'accident, depuis le départ du site de treuillage, à une hauteur sol de 20 m, avec l'hélicoptère orienté face au chalet du Marret (sud-est) et en réalisant un virage par la gauche jusqu'à une route vers le nord-ouest, il a été possible de confirmer que :

- depuis la verticale du site de treuillage, l'agglomération d'Albertville est visible et se situe à la gauche du pilote ;
- pendant le virage, le pilote a face à lui (secteur midi) successivement : Albertville, Gilly-sur-Isère, Frontenex, et enfin Grésy-sur-Isère ;
- tous les villages situés dans la vallée entre Albertville et Grésy-sur-Isère étaient visibles.



**Figure 24 : vue depuis le site de treillage (hauteur 20 m) en direction d'Albertville lors du virage gauche (Source : BEA)**

#### **1.16.4 Mission drone**

Le BEA a fait réaliser, le 25 août 2022, des prises de vue (vidéos et photographies) par drone à la verticale du site d'exercice (à des hauteurs de 20 m, 30 m et 50 m) au coucher du soleil (CS), au début de la nuit aéronautique (CS+30 min) et de nuit (nuit sans lune à CS+2 h) afin d'évaluer la visibilité des lumières des agglomérations situées dans la vallée.

La planche ci-après composée de trois photographies prises en direction d'Albertville, de l'aérodrome et de Grésy-sur-Isère, à CS + 2 h, montre les lumières des agglomérations situées dans la vallée et visibles depuis la verticale du site d'exercice à une hauteur de 50 m.



Figure 25 : prises de vue de nuit (Source : BEA)

## 1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

### 1.17.1 Cadre réglementaire et réglementation applicable

#### 1.17.1.1 Cadre réglementaire du secours en montagne

En France, jusqu'en 2019, les sociétés commerciales d'hélicoptère qui participaient au secours en montagne de jour et de nuit appliquaient l'arrêté du 24 juillet 1991 modifié relatif aux conditions d'utilisation des aéronefs civils en aviation générale.

En 2019, afin de clarifier le cadre réglementaire applicable au secours en montagne, la DSAC a publié un guide<sup>25</sup> à destination des exploitants d'hélicoptère qui distingue entre autres :

- le secours urgent **non médicalisé** où le référentiel national s'applique, avec l'arrêté du 24 juillet 1991 ; et
- le secours urgent **médicalisé** où le règlement AIR OPS s'applique.

Par ailleurs, les vols de SMUH<sup>26</sup> répondent notamment aux dispositions :

- de la partie CAT du règlement AIR OPS ;
- de l'agrément spécifique SPA.HEMS du même règlement.

Afin de couvrir toutes les configurations d'interventions en secours en montagne soumises au cadre HEMS, l'activité d'hélicoptère qui peut être nécessaire lors des opérations de secours en montagne est soumise aux exigences réglementaires de l'agrément spécifique SPA.HHO de l'AIR OPS.

Une évolution réglementaire de l'AIR OPS proposée par l'AESA en 2018 au travers de la NPA<sup>27</sup> 2018-04 visait à modifier la réglementation des vols de service médical d'urgence par hélicoptère et à étendre son périmètre pour prendre en compte intégralement l'activité du secours en montagne, qu'il soit ou non médicalisé. Cette proposition d'évolution réglementaire devait entrer en application en 2020 mais n'était pas encore en vigueur à la date de l'accident.

#### 1.17.1.2 Partie SPA.HHO du règlement consolidé (UE) n° 965/2012

L'annexe V (PART-SPA) du règlement AIR OPS<sup>28</sup> contient les exigences réglementaires relatives à l'agrément SPA.HHO (*Helicopter Hoist Operations*).

Trois exigences de ce règlement traitent plus particulièrement :

- des conditions administratives permettant d'exercer l'activité d'hélicoptère (exigence SPA.HHO.100) ;
- des exigences en matière d'expérience pour les équipages et notamment la délégation qui est faite à l'exploitant pour définir un programme de formation agréé par l'autorité nationale (exigence SPA.HHO.130) ;
- des exigences sur la nécessité de faire une analyse et une gestion des risques spécifiques à cette activité et les contraintes opérationnelles et organisationnelles permettant de minimiser les risques associés (exigence SPA.HHO.140).

<sup>25</sup> Guide « Secours en montagne par hélicoptère : cadre réglementaire applicable » (Voir Médiathèque).

<sup>26</sup> Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) dans la réglementation européenne.

<sup>27</sup> Notices of proposed amendment.

<sup>28</sup> [Version en vigueur le jour de l'accident.](#)

**« SPA.HHO.100 Opérations d'hélicoptère (HHO) »**

- a) Les hélicoptères ne sont exploités à des fins d'opérations d'hélicoptère en CAT que si l'exploitant a obtenu l'agrément de l'autorité compétente.
- b) Pour obtenir un tel agrément de l'autorité compétente, l'exploitant :
  - 1) effectue des opérations de CAT et est titulaire d'un CTA CAT délivré conformément à l'annexe III (partie ORO) ;
  - 2) démontre à l'autorité compétente qu'il satisfait aux exigences contenues dans la présente sous-partie. »

**« SPA.HHO.130 Exigences en matière d'équipage pour les HHO »**

- a) Sélection. L'exploitant établit des critères de sélection des membres d'équipage pour les missions HHO, en prenant en compte l'expérience acquise.
- b) Expérience. Le niveau minimum d'expérience du commandant de bord qui conduit des vols HHO n'est pas inférieur à : [...]
  - 2) Pour les opérations à terre :
    - i. 500 heures en tant que pilote/commandant de bord d'hélicoptères, ou 500 heures en tant que copilote lors de vols HHO, dont 100 heures en tant que pilote commandant de bord sous supervision ;
    - ii. 200 heures d'expérience opérationnelle dans des hélicoptères, acquise dans un environnement opérationnel similaire à celui des opérations prévues ; et
    - iii. 50 cycles d'hélicoptère, dont 20 cycles effectués de nuit si des opérations de nuit sont effectuées.
- c) Entraînement opérationnel et expérience. Réussite d'un entraînement conformément aux procédures HHO figurant dans le manuel d'exploitation et expérience pertinente dans le rôle et l'environnement dans lesquels les opérations HHO sont effectuées.
- d) Expérience récente. Tous les pilotes et les membres d'équipage HHO qui participent à des opérations HHO ont effectué au cours des 90 derniers jours :
  - 1) dans le cas d'opérations de jour : toute combinaison de trois cycles d'hélicoptère de jour ou de nuit, chacun comportant une transition depuis et vers le vol stationnaire ;
  - 2) dans le cas d'opérations de nuit : trois cycles d'hélicoptère de nuit, chacun comportant une transition depuis et vers le vol stationnaire.
- e) Composition de l'équipage. La composition minimale de l'équipage pour les opérations de jour ou de nuit est définie dans le manuel d'exploitation. L'équipage minimal dépendra du type d'hélicoptère, des conditions météorologiques, du type de mission [...]. L'équipage minimum n'est en aucun cas inférieur à un pilote et un membre d'équipage HHO.
- f) Formation et contrôle
  - 1) La formation et les contrôles sont exécutés conformément à un plan de cours détaillé approuvé par l'autorité compétente et figurant au manuel d'exploitation.
  - 2) Membres d'équipage
    - i. Les programmes de formation de l'équipage : améliorent la connaissance de l'environnement de travail et des équipements HHO ; améliorent la coordination de l'équipage et comportent des mesures pour réduire au minimum les risques associés aux procédures HHO normales et d'urgence, ainsi qu'aux décharges d'électricité statique.



- ii. *Les mesures mentionnées au point f) 2) i) sont évaluées lors de contrôles de compétences effectués de jour en conditions météorologiques de vol à vue (VMC), ou lors de contrôles de compétences de nuit en VMC lorsque des opérations HHO de nuit sont effectuées par l'exploitant. »*

**« SPA.HHO.140 Informations et documentation**

- a) *L'exploitant veille à ce que, dans le cadre du processus d'analyse et de gestion des risques, les risques associés à l'environnement HHO soient réduits au minimum en précisant dans le manuel d'exploitation : la sélection, la composition et l'entraînement des équipages ; les niveaux des équipements et les critères d'envoi en mission ; et enfin les procédures et minimums opérationnels, de manière que des opérations normales et anormales plausibles soient décrites et traitées correctement.*
- b) *Des extraits pertinents du manuel d'exploitation sont mis à la disposition de l'organisme pour lequel les opérations HHO sont effectuées. »*

**1.17.2 Organisation générale de SAF HELICOPTERES et missions**

**1.17.2.1 Généralités**

La société SAF HELICOPTERES dispose :

- d'un MANEX contenant l'ensemble des procédures et consignes applicables afin de conduire ses activités de transport aérien commercial (dites « CAT ») et spécialisées (dites « SPO ») ;
- d'un certificat de transporteur aérien (CTA) référencé FR.AOC.0037 lui permettant de réaliser des vols de transport commercial ;
- d'un Manuel d'Activités Particulières (MAP) afin de conduire ses activités dans le cadre de l'arrêté du 24 juillet 1991<sup>29</sup> et d'un manuel de formation aux activités particulières décrites dans le MAP.

**1.17.2.2 Missions et flotte**

La société SAF HELICOPTERES réalise les activités suivantes :

- vols de transport commercial répondant notamment aux dispositions de la partie CAT du règlement AIR OPS ;
- vols de travail aérien répondant aux dispositions de la partie SPO du même règlement ;
- vols de SMUH de jour comme de nuit et répondant notamment aux dispositions de la partie CAT et de l'agrément spécifique de la partie SPA.HEMS ;
- vols de secours en montagne répondant soit aux dispositions de la partie CAT et des agréments spécifiques SPA.HHO et SPA.HEMS de l'AIR.OPS, soit à l'arrêté du 24 juillet 1991.

Par ailleurs, SAF HELICOPTERES possédait l'agrément spécifique SPA.NVIS<sup>30</sup> de l'AIR OPS. SAF HELICOPTERES a indiqué au BEA que seule la base de Besançon avait mis en œuvre des vols sous jumelles de vision nocturne (JVN).

La flotte de la société était constituée d'hélicoptères AIRBUS de type AS350, EC130, EC135.

<sup>29</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000537341/2020-03-05>

<sup>30</sup> Opérations avec systèmes d'imagerie nocturne.

### 1.17.2.3 Organisation

Conformément à l’AIR OPS, l’organisation de la société s’articule autour des secteurs de responsabilité suivants :

- Direction Cadre responsable
- Sécurité Responsable de la sécurité
- Conformité Responsable de la surveillance de la conformité (RSC)
- Opérations vol Responsable désigné des opérations en vol (RDOV) et deux adjoints (pilotes)
- Opérations sol Responsable désigné des opérations au sol (RDOS)
- Formation Responsable désigné de la formation et entraînement des équipages (RDFE) et un adjoint
- Navigabilité Responsable désigné du maintien de la navigabilité (RDMN)

Le rôle du RDFE est défini dans la partie A du MANEX :

- **« Responsabilités :**

*Le Responsable Désigné de la Formation des Équipages s’assure du maintien du niveau de compétences constant et de la validité des qualifications des équipages pour assurer la sécurité de l’exploitation de la compagnie SAF Hélicoptères.*

- **Tâches principales :**

Concernant les PNT, le RDFE est en charge de :

- *Prendre connaissance de la veille réglementaire mensuelle diffusée par le RSC et de modifier les programmes de formation et d’entraînement, le cas échéant*
- *Élaborer et suivre les programmes de formation initiale et continue*
- *Élaborer et/ou superviser la réalisation des supports de formation*
- *Rédiger et amender la partie D du Manuel d’Exploitation*
- *Établir et mettre à jour les dossiers de formation individuels*
- *Suivre la validité de l’expérience récente, des documents, formations, entraînements et contrôles périodiques*
- *Planifier les formations, tests en vol, entraînements et contrôles périodiques*
- *Désigner les contrôleurs compagnies et les formateurs SPO*
- *Superviser les instructeurs, contrôleurs, formateurs et examinateurs*
- *S’assurer que le niveau d’entraînement des pilotes est suffisant au regard des missions à effectuer*
- *Réaliser les tests d’aptitude en vol et au sol lors du recrutement de pilotes*
- *Dispenser certains cours lors des réunions pilotes*
- *Il doit s’assurer que les maintiens de compétences, contrôles en vol, et tout autres actes de formation est planifié au plus tôt*
- *Il doit s’assurer que les alertes « jaunes »<sup>31</sup> d’Air Maestro sont prises en compte et que des actions de formations sont prévues »*

---

<sup>31</sup> Alerte indiquant que le risque identifié sur une mission nécessite une vérification.

Le rôle du RDOV est également défini dans la partie A du MANEX :

- **« Responsabilités :**

*Il s'assure que les procédures d'exploitation définies sont conformes à la réglementation en vigueur et les normes de sécurité de la compagnie, et les modifie le cas échéant.*

*Il est responsable de la vérification de la bonne application des procédures d'exploitation par les Personnels Navigants Techniques de la compagnie.*

*Le RDOV est responsable de la désignation des équipages et des hélicoptères pour les vols de la compagnie. Il peut néanmoins déléguer les désignations mentionnées ci-avant à des personnels qualifiés. Lorsque la désignation des équipages se fait à travers Air Maestro, toute personne ayant accès au module de planification peut désigner un équipage sous l'autorité du RDOV. En cas de non-conformité, le RDOV recevra une alerte 20 heures avant le début de mission.*

*Le RDOV peut s'appuyer sur les compétences des pilotes de la compagnie.*

- **Tâches principales :**

*Le RDOV est en charge de*

- *Prendre connaissance de la veille réglementaire mensuelle diffusée par le RSC et de modifier les procédures d'exploitation vol le cas échéant*
- *Rédiger les parties A, B et C du Manuel d'Exploitation ainsi que les manuels ou procédures spécifiques dans le cadre de missions particulières (SOSM, PSP...)*
- *Désigner les équipages en tenant compte des spécificités de chaque mission.*
- *Superviser et contrôler le respect des procédures d'exploitation par les PNT*
- *Vérifier et contrôler les dossiers de vol et s'assurer de leur archivage*
- *Assurer la préparation technique des missions spéciales avec les responsables désignés concernés*
- *Dispenser certains cours lors des réunions pilotes »*

#### 1.17.2.4 Manuel d'exploitation (MANEX)

Conformément à l'AIR.OPS, le MANEX se divise en quatre parties :

- **Partie A (A.CAT et A.SPO) :** elle traite des généralités, de l'organisation de la société, des procédures d'exploitation et de la politique applicable dans la société.
- **Partie B :** elle contient, pour chacun des aéronefs en liste de flotte dans la société, tous les thèmes liés à l'exploitation de l'aéronef en fonction de son type et de sa variante.
- **Partie C :** elle contient toutes les consignes et informations sur les routes, hélistations et zones exploitées dans le cadre des opérations de CAT.
- **Partie D (D.CAT et D.SPO) :** elle comprend l'ensemble des programmes de formation des personnels en lien avec les activités de transport commercial de passagers (D.CAT) et de travail aérien (D.SPO) de la société. Les activités spéciales comme le SPA.HEMS et SPA.HHO sont incluses dans la partie D.CAT.

Le MANEX a été amendé en octobre 2020 afin de pouvoir bénéficier de l'agrément spécifique SPA.HHO pour réaliser des opérations de treuillage par hélicoptère, y compris pour les activités de secours urgent médicalisé.

Un supplément au MANEX traitant des procédures d'exploitation SPA.HHO a également été ajouté (voir § 1.17.3.2).

Les vols de nuit en VFR au sein de la société pouvaient s'effectuer dans le cadre :

- du transport aérien commercial pour le transport de passagers ou de fret ;
- d'opérations nécessitant une autorisation spéciale : SPA.HEMS, SPA.HHO, SPA.NVIS ;
- de l'aviation générale (convoyage, retour de mission, entraînement au vol de nuit, vol de contrôle en ligne (CEL) et hors ligne (CHL), secours en montagne non médicalisé, etc.).

#### **1.17.2.5 Manuel d'Activités Particulières (MAP) et Manuel de Formation aux Activités Particulières (MFAP)**

Le MAP<sup>32</sup> en vigueur au moment de l'accident conformément à l'arrêté du 24 juillet 1991 inclut l'activité d'hélicoptère.

Dans le cas d'activités non soumises au règlement AIR OPS (hors MANEX), le MAP s'applique.

Le MAP décrit entre-autre : l'organisation des activités au sein de la société, les conditions d'exploitation, les conditions d'expérience, de qualification des équipages et prérequis ainsi que les activités concernées.

Pour l'hélicoptère (section 6 du MAP), contrairement aux autres activités, le MAP ne précise pas si cette activité peut être réalisée de jour ou de nuit. Il définit cependant les qualifications et conditions d'expérience nécessaires. Le MAP traite également des procédures secours, des différents treuils utilisables, des équipements indispensables, de la préparation et de la réalisation de l'activité ainsi que des prérogatives du commandant de bord à décider de poursuivre, d'interrompre ou d'annuler la mission s'il juge que la sécurité est engagée.

Le MFAP est associé au MAP et décrit les compétences devant être dispensées afin de pouvoir délivrer les qualifications nécessaires à la pratique de ces activités particulières.

#### **1.17.3 Agrément SPA.HHO**

##### **1.17.3.1 Historique et approbation de l'agrément**

SAF HELICOPTERES exploite depuis de nombreuses années des hélicoptères équipés de treuils notamment dans le domaine du secours en montagne de jour durant les saisons hivernales sous l'arrêté du 24 juillet 1991.

SAF HELICOPTERES a effectué une demande d'agrément SPA.HHO en complément de l'agrément SPA.HEMS déjà détenu, afin de pérenniser cette activité de secours en montagne pour anticiper l'évolution de la réglementation européenne et se conformer au guide publié par la DSAC (voir § 1.17.1.1). Cette demande d'agrément permettait également à SAF HELICOPTERES de poursuivre ses opérations d'hélicoptère pour le secours en montagne médicalisé de jour tout en les étendant aux opérations de nuit. Cette demande incluait un programme de formation spécifique. L'objectif de cette formation était de faire acquérir aux pilotes et aux treuillistes le savoir-faire nécessaire pour conduire des opérations d'hélicoptère en équipage constitué en respectant les exigences réglementaires du SPA.HHO de l'AIR.OPS.

SAF HELICOPTERES a précisé au BEA au cours de l'enquête que l'objectif opérationnel visé était de pouvoir terminer après la tombée de la nuit des opérations de secours en montagne initiées en fin de journée. Il n'était ainsi pas prévu de déclencher des opérations d'hélicoptère après la tombée de la nuit.

---

<sup>32</sup> Edition 5 Révision 7 en date du 14 octobre 2016.

La demande d'agrément SPA.HHO et les programmes de formation (pilote et TCM) déposés par SAF HELICOPTERE le 13 octobre 2020 ont été approuvés par la DSAC-CE le 4 décembre 2020, soit quatre jours avant l'accident.

### 1.17.3.2 Supplément SPA.HHO du MANEX de SAF HELICOPTERES

SAF HELICOPTERES a développé un supplément spécifique au MANEX qui décrit l'ensemble des procédures applicables à l'activité d'hélicoptère dans le cadre des vols de transport commercial (SPA.HHO) en particulier le service médical d'urgence par hélicoptère (SPA.HEMS). Il est précisé qu'il sera aussi « *le support destiné à la formation initiale et récurrente des membres d'équipage* ».

L'objectif de ce supplément est de garantir la bonne connaissance et la bonne exploitation du treuil de l'EC135 afin de garantir la sécurité des vols. Il est précisé dans le préambule que « *les membres d'équipage peuvent être amenés à adapter exceptionnellement la procédure standardisée en fonction de la situation rencontrée* ».

Ce supplément de 72 pages décrit :

- le treuil et les systèmes et/ou composants associés ;
- les limitations de l'EC135 équipé du treuil ainsi que les limitations du treuil ;
- les procédures standards applicables ;
- les procédures d'urgence ;
- les équipements des personnels (de bord et d'intervention) et de l'hélicoptère ;
- les limitations de masse et centrage (latéral et longitudinal) spécifiques à cette activité ;
- la préparation technique du treuil et les inspections particulières lors de la visite avant vol.

La particularité du treuillage de nuit fait l'objet d'un paragraphe d'une page dans les procédures standards pour l'ensemble du document. Y figure une note qui indique que « *lors de la phase de décollage, il paraît opportun de demander au pilote de monter verticalement pour dégager plus rapidement dans l'axe. (visibilité réduite sortie du halo du phare de recherche)* » et le paragraphe *Conseils au pilote* précise « *le guidage : il doit être doux et précis car les repères pour le pilote ne sont pas toujours évidents (limités au halo du phare ou d'un éclairage extérieur)* ». Les risques particuliers associés à la nuit en relation avec le milieu montagneux dans lequel peuvent s'effectuer les opérations de SAF HELICOPTERES (ex : perte de références extérieures en montagne ou perte de la visibilité de la zone de treuillage) ne sont pas traités dans ce document.

### 1.17.3.3 Étude de risque et gestion de l'activité SPA.HHO

Afin d'intégrer l'activité SPA.HHO aux activités de la société et d'obtenir l'agrément de la DSAC-CE, SAF HELICOPTERES a dû réaliser une « étude du changement » et une « étude d'impact sur la sécurité ». Ces deux études sont regroupées dans un document unique.

L'étude du changement établit la liste des documents et procédures qui font l'objet de modification et s'appuie sur une matrice de conformité qui détaille les ajouts au MANEX permettant de répondre aux exigences réglementaires.

Le cadre d'emploi opérationnel défini par SAF HELICOPTERES dans le MANEX partie D (§ D.2.1.5.2.D) pour les équipages disposant de la qualification « Stade avancé HHO » est le suivant : « *Un pilote qualifié « stade avancé HHO », peut effectuer tout type d'intervention SMUH à l'aide du treuil en milieu montagneux et/ou mer, mais aussi de nuit, dès lors qu'il aura suivi la formation avancée correspondante.*

*SAF hélicoptères considère que cette formation complète la formation et l'expérience du pilote quant au milieu considéré (cf. AIR OPS-Annexe V-SPA.HHO.130) ».*

Les minima opérationnels et météorologiques pour les opérations SPA.HHO sont identiques à ceux du SPA.HERMS et définis dans le MANEX partie A (§§ A.8.6.6.8 et A.8.2.4.2).

Ces minima sont pour les opérations :

- de jour, un plafond de 1 200 ft et une visibilité de 3 km ;
- de nuit, un plafond de 1 500 ft et une visibilité de 5 km.

Les conditions aérologiques sont également prises en compte dans le MANEX :

- *« Si les conditions aérologiques sont perturbées, alors les opérations de treuillage sont interdites. Le Commandant de bord jugera d'accepter ou de refuser la mission en fonction des conditions du moment, et au vu d'une reconnaissance aérologique préalable. »*

Les conditions d'expérience de zone et d'environnement sont également décrites dans le MANEX partie A (§§ A.8.6.6.5 et A.5.1.4.3) :

- *« Avant de pouvoir effectuer des opérations SPA.HHO, un Commandant de Bord devra justifier au minimum de 8 mois d'opérations dans l'environnement géographique (Montagne – Mer – Plaine). Cette expérience peut inclure toute expérience équivalente effectuées dans les forces armées, Gendarmerie et/ou Sécurité Civile et/ou tout opérateur civil. »*

L'étude d'impact sur la sécurité s'appuyait sur une cartographie des risques (voir annexe 9 : Cartographie des risques associée à l'activité SPA.HHO) qui identifiait les dangers potentiels liés à l'activité SPA.HHO et les barrières de prévention permettant une réduction de la probabilité d'occurrence et/ou de la gravité associée à l'événement indésirable encouru.

La cartographie des risques proposée sous la forme d'un tableau était essentiellement axée sur l'opération de treuillage elle-même, à l'exclusion des phases de vol pour rejoindre ou quitter le site d'intervention. Dix dangers (de 1 à 10) avaient été identifiés. Les barrières de prévention étaient décrites sommairement mais aucun document détaillant l'étude précise de mitigation des risques et les références aux parties du MANEX traitant de ce sujet n'avait été proposé en annexe du tableau de cartographie.

Un seul danger (n°8) pouvait concerner à la fois l'opération de treuillage mais également la phase de vol pour rejoindre ou quitter le site d'intervention, sans que cela ne soit exprimé explicitement.

- N°8 : « Distance de sécurité de l'aéronef avec les obstacles trop faible ». La barrière de prévention est axée sur la préparation de la mission (reconnaissance de zone), la formation et l'expérience de l'équipage.

Aucun danger spécifique au vol à très basse hauteur en zone montagneuse, au vol de nuit (en plaine ou zone montagneuse), au vol de nuit qu'il s'agisse d'une nuit claire ou sombre, aux conditions aérologiques, à la perte de référence visuelle (jour ou nuit) n'a été pris en compte dans cette cartographie des risques.

#### **1.17.4 Plan de formation SPA.HHO**

Le plan de formation détaille le choix et le recyclage des primo-formateurs devant conduire la formation des pilotes et TCM. Le choix de ces primo-formateurs s'est fait sur la base de la reconnaissance des compétences dans le domaine du treuillage associé à un recyclage au sol et de

la pratique en vol. À ce titre, le RDFE en qualité de pilote et le RDOV en qualité de treuilliste ont été désignés comme primo-formateurs de cette formation SPA.HHO.

Le plan de formation précise que le programme de la formation SPA.HHO des personnels ab initio se décompose en deux niveaux de pratique : « Initial » et « Stade avancé ».

Ils sont décrits dans le MANEX dans la partie D (voir § 1.17.5 pour les pilotes et annexe 8 : Formation SPA.HHO (Partie TCM) pour les TCM).

Le plan de formation SPA.HHO « Initial » détaille également la politique appliquée par SAF HELICOPTERES pour la formation des pilotes et TCM disposant d'une expérience dans le domaine du treuillage et déjà qualifiés pour les opérations de transport externe de charge humaine HEC 1 et HEC 2 sur EC135 et AS350 dans le cadre des activités de travail aérien SPO.

Il est précisé que le programme décrit dans le MANEX sera adapté par le RDFE pour tenir compte de l'expérience déjà acquise par les pilotes et les TCM dans le domaine du treuillage : *« Ces personnels suivront un programme théorique adapté mais reprenant néanmoins l'ensemble des modules. S'agissant de la pratique, celle-ci sera axée sur la standardisation des procédures normales et d'urgence, mais aussi la communication et la coordination au sein de l'équipage. Cette action reprendra là encore tous les items abordés au sein du programme déposé. »*

Aucune adaptation du plan de formation « Stade avancé » n'est prévue.

Selon SAF HELICOPTERES, les pilotes et treuillistes retenus pour suivre les premières formations présentaient une expérience significative d'hélicoptère de jour et plus particulièrement en montagne. Cette formation devait leur permettre de standardiser les méthodes de travail en équipage. De ce fait, le RDFE et le RDOV ont privilégié une simplification de la formation prévue, en particulier pour les vols de jour.

## **1.17.5 Formation SPA.HHO (Partie pilote) décrite dans le MANEX**

### **1.17.5.1 Personnels compétents pour délivrer la formation pilote**

SAF HELICOPTERES définit dans la section 1.8.3 du MANEX partie D pour la formation HHO les personnels compétents pour dispenser cette formation : *« Pilote désigné par le RDFE – FI [Flight Instructor] / TRI [Type Rating Instructor] disposant d'une expérience en vol > 500 treuillages ».*

### **1.17.5.2 Niveaux et critères de sélection**

La formation chez SAF HELICOPTERES se décompose en deux niveaux de pratique de l'activité HHO.

#### **Qualification de « Stade initial HHO »**

*« Un pilote qualifié « stade initial HHO » est en mesure de réaliser des opérations de treuillage en plaine, où des repères visuels fiables sont à proximité immédiate, et où des obstacles ou des mouvements de terrain particuliers lui interdisent un posé. »*

#### **Prérequis**

*« Le commandant de bord doit posséder une expérience minimale de 500 heures de vol en tant que pilote /commandant de bord avant d'entreprendre cette formation.*

*Par la suite, afin d'opérer en opération réelle en tant que commandant de bord, une expérience minimale de 50 treuillages est exigée. »*

## Reconnaissance d'expérience

« S'agissant des pilotes possédant déjà une expérience avérée dans le domaine de l'hélicoptère acquise au sein de SAF Hélicoptères, des armées ou d'une autre compagnie, une évaluation sera réalisée par le RDFE ou un pilote expérimenté désigné.

« A l'issue de cette évaluation et selon les critères précisés ci-dessous, le RDFE pourra réduire la formation afin d'adapter leurs connaissances aux procédures pratiquées par le SAF et à l'équipement qu'ils serviront. A minima, le module théorique n°6, un vol « procédures HHO » et un vol « procédures d'urgence » seront réalisés.

Critères pris en compte pour mener une formation réduite :

- Niveau de l'évaluation ;
- Expérience globale en treuillage ;
- Expérience avec un équipement similaire à celui exploité ;
- Environnement géographique dans lequel le candidat a développé son expérience treuillage (exemple : France, Canada, Afrique, etc.) ;
- Expérience récente du candidat ;
- Le candidat devra justifier d'un minimum de 50 treuillages, toute expérience confondue ; et/ou justifier des 50 treuillages à l'issue de la formation réduite ;
- Expérience sur le type d'appareil exploité. »

## Contenu de l'évaluation

« Celle-ci est composée du test de fin de formation théorique HHO, ainsi que certains items du contrôle de fin de formation pratique HHO (cf. Check Forms).

A l'issue de ces deux tests, le RDFE adaptera la formation afin de présenter le postulant au test de fin de formation HHO (cf. Check Forms) »

**Qualification de « Stade avancé HHO »**

« Un pilote qualifié « stade avancé HHO », peut effectuer tout type d'intervention SMUH à l'aide du treuil en milieu montagneux et/ou mer, mais aussi de nuit, dès lors qu'il aura suivi la formation avancée correspondante. SAF hélicoptères considère que cette formation complète la formation et l'expérience du pilote quant au milieu considéré (cf. AIR OPS-Annexe V-SPA.HHO.130). »

## Prérequis et reconnaissance d'expérience

« Les critères afin de prétendre à l'obtention de la qualification « Stade avancé HHO » sont les suivants :

- Le pilote doit justifier d'un minimum de 50 treuillages.
- Le RDFE doit prendre en compte l'expérience globale du candidat selon les critères suivants :
  - Opérations HEMS avec treuillage
  - Opérations HHO sur le type de machine
  - Expérience globale du postulant au regard de son activité HHO antérieure
  - L'environnement géographique global dans lequel le candidat a développé son expérience en vol. »

**1.17.5.3 Programme de la formation**

La formation au sol comporte 6 modules pour une durée totale de 12 h 30 de cours et un test théorique d'une durée de 0 h 30.

La formation en vol pour le « Stade initial HHO » (Voir Annexe 5 : Fiches de séances de vol pilote SPA.HHO « Initial ») comporte 3 séances de vol chacune d'une durée de 1 h et comportant 6 treuillages chacune. Cette formation est suivie d'un vol de contrôle d'une durée de 0 h 40.

Des fiches de formation destinées aux instructeurs « complètent le programme de formation SPA.HHO déposé et permet à l'instructeur d'obtenir des précisions quant au contenu de chaque séance en vol. Elles ont pour objectifs :

- De permettre aux instructeurs de délivrer une instruction standardisée en suivant un scénario défini,
- De fixer les modalités d'enseignement en assurant une sécurité optimale. »



La formation en vol pour le « Stade avancé HHO » (voir Annexe 6 : Programme des vols SPA.HHO « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit ») en fonction du type d'exploitation de l'hélicoptère comporte :

- pour l'activité HHO en milieu montagne : 3 séances de vol chacune d'une durée de 1 h et comportant 6 treuillages chacune ;
- pour l'activité HHO de nuit : 2 séances de vol chacune d'une durée de 1 h et comportant 6 treuillages chacune.

Le programme de formation tel que déposé par la société SAF HELICOPTERES et approuvé par la DSAC ne prévoit pas d'adaptation du programme pour la partie « Stade avancé HHO » et ne prévoit pas que les formations initiales et avancées puissent être réalisées au cours de la même formation.

Une description comparable des critères de sélection et du programme de formation est définie dans le MANEX pour les treuillistes. (Voir annexe 8 : Formation SPA.HHO (Partie TCM))

### **1.17.6 Formation SPA.HHO dispensée/prévue du lundi 7 au mercredi 9 décembre**

#### **1.17.6.1 Programme**

L'agrément de la formation SPA.HHO a été délivré par la DSAC-CE le vendredi 4 décembre 2020. Les équipages concernés par cette formation ont reçu par courrier électronique, le jour même, le programme de la formation théorique et pratique (voir Figure 26).

Le programme de la formation que les stagiaires devaient suivre et qui leur a été transmis ne détaillait pas les objectifs finaux de cette formation. Il n'était pas possible de savoir si ce programme de formation visait, en cas de réussite lors du vol de contrôle, à l'obtention du ou des agrément(s) : SPA.HHO « initial », ou SPA.HHO « initial » et « Avancé Montagne », ou SPA.HHO « initial » et « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit ».

Pour chaque vol de jour, compte tenu de la présence de deux personnes en formation (un pilote et un treuilliste), le RDFE avait instauré la règle suivante : lors de chaque exercice, le pilote en instruction serait associé au treuilliste formateur et le treuilliste en formation serait associé au pilote instructeur. De ce fait, pour chaque vol effectué selon cette règle le nombre de treuillées réalisées était partagé entre les deux personnes en formation.

Pour les vols de nuit, les deux personnes en formation (pilote et treuilliste) devaient travailler en binôme sous la supervision du pilote instructeur et du treuilliste formateur. De ce fait, les deux personnes en formation bénéficiaient de la totalité de la durée du vol et du nombre de treuillées réalisées.



Une action de formation SPA.HHO est planifiée du 7 au 9 décembre au profit d'équipages de SAF Hélicoptères. Celle-ci consiste en une phase théorique et une phase pratique conformément au programme déposé.

**1- Personnels présents :**

- a. **Instructeurs :** Instructeur pilote RDFE, Instructeur treuilliste RDOV
- b. **Pilotes :** 4 pilotes en formation
- c. **Treuillistes :** 2 treuillistes en formation

**2- Planification :**

	Lundi 07/12	Mardi 08/12	Mercredi 09/12
8h00-9h00	Formation théorique (tous)	<b>Vol 1 :</b> Evaluation Pilote n°1, Treuilliste n°1	Briefing Vol de contrôle.
9h30-10h30		<b>Vol 1 :</b> Evaluation Pilote n°2, Treuilliste n°2	<b>Vol 4 :</b> Contrôle Pilote n°1, Treuilliste n°2
11h00-12h00		Débriefing vpl 1 / Briefing vol 2	<b>Vol 4 :</b> Contrôle Pilote n°2, Treuilliste n°1
12h00-13h00		Déjeuner	Déjeuner
13h00- 14h30		<b>Vol 2 :</b> Procédures norm/Sec Pilote n°1, Treuilliste n°1	Débriefing/Modalités administratives
15h00-16h30		<b>Vol 2 :</b> Procédures norm/Sec Pilote n°2, Treuilliste n°2	
16h30-17h30		Débriefing vpl 2 / Briefing vol 3	
17h30-19h00		Briefing « Evaluation »	<b>Vol 3 :</b> VDN Pilote n°1, Treuilliste n°1 Pilote n°2, Treuilliste n°2

**Figure 26 : programme des vols déposé pour la formation SPA.HHO (Source : SAF HELICOPTÈRES)**

**1.17.6.2 Livrets de formation pilote et treuilliste**

Les livrets de formation des deux pilotes et des deux treuillistes retrouvés après l'accident avaient été ouverts et comportaient les renseignements « État civil » et « Expérience aéronautique ». La décision d'adaptation du programme de formation en vol n'a pas été tracée. La formation théorique suivie, le résultat du test de cette formation ainsi que du vol d'évaluation qui devait permettre de valider la décision d'allègement du programme n'ont pas été portés sur la fiche.

### 1.17.7 Synthèse sur les qualifications et prérequis pour la réalisation des vols

Pour la réalisation des vols de jour et de nuit, l'analyse des documents montre que :

- l'instructeur possédait une qualification d'instructeur valide, avait suivi la formation de primo formateur SPA.HHO (Pilote), était qualifié sur le type d'hélicoptère et qualifié vol de nuit. Il possédait également l'expérience en nombre d'heures de vol et de treuillages pour dispenser la formation SPA.HHO (Pilote) de jour comme de nuit (conformément à la réglementation en vigueur et au MANEX de SAF HELICOPTERES) ;
- le formateur treuillage avait suivi le stage de primo formateur SPA.HHO (TCM) et possédait le niveau d'expérience requis pour dispenser la formation SPA.HHO (TCM) de jour comme de nuit ;
- les pilotes en formation possédaient les qualifications de type et également l'autorisation VFR de nuit ainsi que le niveau d'expérience en nombre d'heures de vol et de treuillages requis pour prétendre à suivre la formation SPA.HHO stade initial. Leur niveau d'expérience était suffisant pour bénéficier de l'allègement du programme SPA.HHO initial ;
- les treuillistes en formation possédaient le niveau d'expérience en nombre d'heures de vol et de treuillages requis pour prétendre à suivre la formation SPA.HHO stade initial. Leur niveau d'expérience était suffisant pour bénéficier de l'allègement du programme SPA.HHO initial ;
- les deux secouristes participant aux exercices de treuillage étaient à jour de la formation requise (et dispensée par SAF HELICOPTERES) pour assurer cette fonction.

### 1.17.8 Surveillance de l'exploitant par la DSAC

Dans le cadre de la réglementation AIR OPS, la société SAF HELICOPTERES fait l'objet de la part de la DSAC d'un plan de surveillance pour les activités liées au CTA et au SPO.

Le plan de surveillance comporte des audits, inspections et contrôles sur des thèmes comme : le système de gestion, les bases opérationnelles de l'exploitant, la formation des équipages, la préparation des vols, etc.

Les actions de surveillance sont menées par la DSAC et s'étalent sur une période (cycle) qui pour SAF HELICOPTERES a été fixée à 24 mois, ce qui correspond au cycle standard pour un exploitant CAT.

Pour SAF HELICOPTERES, le suivi du CTA et la gestion du plan de surveillance sont assurés par la DSAC-CE.

Depuis début 2019, qui correspond à un changement de cadre dirigeant de la société, les actions de surveillance (programmées ou inopinées) menées par la DSAC n'ont pas fait l'objet de constatation de niveau 1<sup>33</sup>. Certaines actions de surveillance ont fait l'objet de constatations de niveau 2<sup>34</sup> qui ont soit été corrigées, soit fait l'objet d'un plan d'action correctif par l'exploitant. Les échanges entre SAF HELICOPTERES et l'autorité de surveillance ont été décrits par cette dernière comme « cordiaux et constructifs » depuis 2019.

---

<sup>33</sup> Non-conformité significative entraînant une réduction de la sécurité ou un danger pour la sécurité des vols.

<sup>34</sup> Non-conformité au référentiel réglementaire qui risque de réduire la sécurité ou présente un danger potentiel à la sécurité des vols.

### 1.17.9 Approbation par l'autorité de surveillance de l'activité HHO

Afin de pouvoir exercer l'activité SPA.HHO dans le cadre du CAT, l'exploitant SAF HELICOPTERES a soumis à l'inspecteur en charge de la compagnie (IEC) de la DSAC-CE le projet du MANEX incluant cette activité, ainsi que le programme de formation associé.

Pour délivrer l'agrément SPA.HHO, l'IEC s'appuie sur l'avis technique des pôles NO-OH<sup>35</sup> et PN-EPN<sup>36</sup> de l'échelon central de la DSAC.

Lorsque plus aucun point bloquant n'est identifié, l'IEC délivre l'agrément pour l'activité concernée.

La version du MANEX incluant l'activité SPA.HHO, déposé initialement en septembre 2020, a subi plusieurs modifications par l'exploitant à la suite d'avis défavorables des services de la DSAC avant d'obtenir l'agrément de l'activité SPA.HHO le 4 décembre 2020, en l'absence de points bloquants identifiés par les services de la DSAC.

*Note : Ce processus itératif n'est pas inhabituel lors de la mise en place de nouveaux agréments. SAF HELICOPTERES était le premier opérateur français à demander cet agrément.*

En parallèle, plusieurs échanges entre la DSAC et SAF HELICOPTERES (confirmés par les deux entités) avaient eu lieu et il avait été indiqué que les équipages concernés par la première formation étaient expérimentés dans le domaine du treuillage et du secours en montagne.

De ce fait, la DSAC n'avait pas identifié de point bloquant dans la dernière version du MANEX intégrant l'activité SPA.HHO et l'IEC avait pu délivrer l'agrément de cette activité.

Néanmoins le pôle PN-EPN avait émis des remarques notamment sur le programme de formation qui devrait faire l'objet d'améliorations (et plus particulièrement le détail des vols pour la partie SPA.HHO « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit ») sur la base du retour d'expérience à l'issue des premières formations dispensées. Ces remarques devaient être transmises par l'IEC à SAF HELICOPTERES dans les jours suivant la délivrance de l'agrément via l'outil d'échange METEOR. L'accident est survenu avant que ces remarques ne soient portées à la connaissance de l'exploitant.

### 1.17.10 Modifications du MANEX et contraintes induites.

Le MANEX de l'exploitant doit être modifié lorsqu'interviennent entre autres :

- des mises à jour dans l'organigramme, l'organisation, la liste des personnels occupant certains postes à responsabilité au sein de l'exploitant ;
- des modifications de procédures, des évolutions réglementaires ;
- l'ajout de nouvelles activités ou types d'exploitation et les formations associées.

L'ajout de nouvelles activités ou types d'exploitation résulte généralement du positionnement de la société par les services commerciaux sur de nouveaux secteurs d'activité afin de répondre à une demande de clients (privés ou étatiques s'agissant des activités de secours aérien). De ce fait, la signature de nouveaux contrats induit implicitement une date de mise en place de cette nouvelle activité. Cette date devient donc pour les responsables désignés RDFE et RDOV une date buttoir pour la mise en place de la formation des équipages, la rédaction des procédures associées à cette nouvelle activité, la modification du MANEX pour répondre aux exigences réglementaires et l'obtention des services de la DGAC de l'agrément de cette nouvelle activité.

En fonction de la complexité de cette nouvelle activité, la charge de travail pour le RDFE et RDOV peut très rapidement augmenter et s'ajouter aux tâches habituelles s'ils ne disposent pas de ressources humaines adaptées pour absorber la charge.

<sup>35</sup> Navigabilité Opération - Opérations Hélicoptères.

<sup>36</sup> Personnel Navigant – Expertise Personnel Navigant.

Par ailleurs, certains délais, notamment ceux liés à l'obtention de l'agrément par la DSAC, ne peuvent pas être réduits. En effet, les modifications du MANEX, plus particulièrement l'introduction de nouvelles procédures et formations, doivent être étudiées par différents services de la DSAC (DSAC NO-OH, DSAC PN-EPN) afin de s'assurer que le niveau de sécurité proposé par la société reste suffisant, que les procédures sont robustes et que les formations proposées répondent aux critères d'exigence requis.

Il en résulte que la formation, qui ne peut débuter avant l'obtention de l'agrément et doit être achevée avant le début de la nouvelle activité, peut être soumise à des contraintes temporelles importantes.

Le début de la saison de secours en montagne devait débuter le 12 décembre 2020 avec la mise en place d'équipages disposant de l'agrément SPA.HHO. La période de formation disponible était donc de cinq jours ouvrés (du 7 au 11 décembre).

Par ailleurs, les prévisions météorologiques étaient défavorables sur au moins deux des cinq jours et il était nécessaire de pouvoir former au moins deux équipages (pilote et treuilliste).

## **1.18 Renseignements supplémentaires**

### **1.18.1 Témoignages**

#### **1.18.1.1 Témoignage du pilote instructeur**

##### **1.18.1.1.1 Témoignage initial**

L'instructeur indique que les deux vols du matin avaient pour but d'évaluer les stagiaires et les deux vols de l'après-midi de s'exercer aux procédures d'urgence. Il précise que les deux vols de nuit étaient bien prévus.

Il ajoute que les pilotes ayant déjà une expérience du treuillage, l'objectif des vols et de la formation SPA.HHO était principalement d'harmoniser les procédures et renforcer le travail en binôme.

Il indique qu'en l'absence de station météorologique sur l'aérodrome, l'appréciation des conditions météorologiques a été faite par une observation directe depuis l'aérodrome. Les cartes de prévisions (TEMSI) ont été consultées et l'utilisation d'applications météorologiques sur smartphone a permis de confirmer les observations et les prévisions. Il précise qu'aucun phénomène météorologique significatif sur la journée et le début de soirée sur la période de vol envisagée n'était de nature à compromettre les vols.

Pour le premier vol de nuit, le décollage a eu lieu vers 16 h 25 et le vol s'est déroulé sans problème, aucun nuage, banc de brume ou barbules n'a été détecté.

Pour le deuxième vol de nuit, le décollage a eu lieu à 17 h et ils se sont dirigés vers le même site que lors du vol précédent. Il précise qu'avec le pilote, pendant la montée vers le site d'exercice, ils ont observé quelques bancs de brume et des barbules sur le flanc de la montagne située au nord-nord-est du site d'exercice. Ils ont estimé que ces phénomènes ne présentaient aucun danger et n'étaient pas gênants pour la réalisation du vol. Il ajoute que sur le site et à proximité immédiate les conditions météorologiques étaient bonnes.

Il indique qu'arrivés sur le site d'exercice, le pilote après en avoir réalisé la reconnaissance a fait deux hippodromes au cours desquels les deux secouristes ont été déposés. Le pilote a procédé à la récupération des deux secouristes lors d'une dernière treuillée.

Il précise que le pilote a débuté un virage par la gauche pour quitter le site de treuillage. Il ajoute, pour le vol de l'accident, qu'il voyait bien les lumières d'Albertville et de Grésy-sur-Isère et que lorsque le pilote a quitté la zone pour rentrer il voyait sur sa gauche les lumières de Grésy-sur-Isère et devant lui celles d'Albertville.

Il explique qu'il n'y avait pour lui aucun danger et c'est pourquoi il s'est retourné pour s'enquérir des personnels à l'arrière et leur faire signe que ça c'était bien passé. Lorsqu'il s'est retourné vers l'avant, il a vu les arbres lui arriver dessus et il n'a pas eu le temps de reprendre les commandes. Lorsqu'il est revenu à lui, il était étendu dans la neige et il était blessé. Il confirme qu'il était bien attaché sur son siège au moment de l'accident et qu'il ne s'explique pas comment il a pu se retrouver dans la neige hors de son siège. Il a pu appeler les opérations de SAF HELICOPTERES pour signaler l'accident et demander l'envoi d'un hélicoptère de secours.

À ce moment, le ciel était étoilé et il n'y avait pas de nuages. Il indique qu'il s'est mis à l'abri sous des branchages. Il indique qu'il entendait le bruit des turbines qui s'arrêtaient, qu'il a ensuite appelé pour détecter d'éventuels survivants, mais qu'il n'a pas eu de réponse. Puis plus tard, il entendait sonner les téléphones portables. Selon lui, la couche nuageuse est apparue environ trente minutes après l'accident.

Il ajoute que la zone d'entraînement de jour était différente de la zone choisie pour les vols de nuit. Il précise que le repérage de la zone de nuit avait été fait lors du dernier vol de l'après-midi et que cette zone avait été choisie compte tenu de sa proximité avec l'aérodrome mais suffisamment éloignée pour ne pas générer des nuisances sonores. Il ajoute que les personnels travaillaient de façon croisée (un formateur en binôme avec un personnel en formation) pour les vols de jour mais que pour les vols de nuit, s'agissant d'un vol d'évaluation, les deux personnels en formation (pilote et treuilliste) travaillaient en binôme, les deux formateurs n'étant présent qu'en tant qu'observateur pour évaluer le travail en équipement et l'application des procédures.

Concernant le déroulement du premier vol de nuit, il indique qu'à l'issue de la troisième treuillée, il y a eu apparition de buée en cabine à la fermeture de la porte mais que le pilote en agissant sur la ventilation a pu résorber facilement cette buée.

Sur les conditions météorologiques, il précise qu'il avait connaissance des prévisions et de l'arrivée de la perturbation mais que selon les observations réalisées depuis l'aérodrome au cours de la journée et avant le premier vol de nuit, la perturbation ne devait arriver qu'en fin de soirée et donc qu'il n'y avait aucune contre-indication à la réalisation des deux vols de nuit. Les observations durant le premier vol de nuit et l'absence de nuage au cours de ce vol ont renforcé sa conviction que cette perturbation ne serait pas gênante.

Concernant le vol de l'accident, il pense que le pilote, lors du cheminement retour vers l'aérodrome, est descendu trop tôt et trop vite, peut-être pour passer sous les barbules, ce qui pourrait expliquer la collision avec les arbres. Pour lui le pilote était bien en direction de l'agglomération d'Albertville avant de débiter le virage par la gauche qui devait l'amener sur l'aérodrome.

#### **1.18.1.1.2 Informations complémentaires recueillies lors d'entretiens/réunions au cours de l'enquête**

L'instructeur a confirmé que le programme SPA.HHO diffusé aux stagiaires constituait le programme adapté et devait permettre de délivrer la qualification SPA.HHO « initial » et SPA.HHO « Avancé Montagne » compte tenu de l'expérience des personnels en formation et justifiait le choix de l'environnement dans lequel devait se dérouler les vols de la formation.

Il a également mentionné qu'il a été chargé de former et non de sélectionner les équipages.

L'instructeur confirme également que les vols de nuit s'inscrivaient dans le cadre de la formation SPA.HHO. Néanmoins il s'agissait au cours de ces deux vols d'évaluer l'équipage afin d'adapter le programme des vols de nuit suivants.

En ce qui concerne l'activité de treuillage de nuit, l'instructeur indique que pour SAF HELICOPTERES l'objectif de cette formation était de permettre aux pilotes de terminer si besoin une opération de secours en montagne débutée de jour après l'heure légale de la nuit aéronautique tout en restant dans la légalité. En aucun cas, toujours selon l'instructeur, cette formation ne devait permettre le déclenchement d'opération de secours en montagne de nuit.

L'instructeur a indiqué que selon lui le site choisi pour les deux vols de nuit ne présentait pas de difficultés particulières.

Il précise que lors du deuxième vol de nuit, après le décollage et pendant la montée, il a observé des halos lumineux autour des lumières des villes ce qui indiquait un environnement humide dans la vallée, mais cette observation n'était pas de nature à remettre en cause la poursuite du vol.

Une fois l'hélicoptère installé sur la trajectoire de retour vers l'aérodrome d'Albertville, il avait les lumières de Grésy-sur-Isère devant lui et celle de la ville d'Albertville sur sa droite, il s'est alors retourné pour s'enquérir des personnels à l'arrière et avoir un contact visuel.

Il précise que lors de la troisième treuillée le pilote l'a informé d'un changement de repère et d'orientation afin de conserver les lumières de la vallée sur la droite. À l'issue, le pilote s'est repositionné en stationnaire face au chalet du Marret (i.e. face au sud-est) avant de débiter le virage par la gauche et la prise de vitesse.

L'instructeur a précisé que contrairement au premier vol de nuit, il n'avait pas été envisagé de se poser à proximité du chalet du Marret.

En ce qui concerne la différence des trajectoires constatée sur les hippodromes des deux vols, l'instructeur l'attribue à la synergie qui peut s'installer entre le pilote et le treuilliste sur le déroulé de la procédure mais également au choix du pilote sur la proximité à garder avec le site d'exercice en fonction de la visibilité de ce dernier, des repères environnants et des contraintes liées au relief. Il précise toutefois qu'à aucun moment lors des deux vols il n'a eu besoin d'intervenir et que selon lui, la sécurité du vol n'a pas été compromise.

L'instructeur indique que la charge de travail d'un RDFE est très importante. Il précise que les modifications du MANEX, associées à l'activité SPA.HHO, à la conception et la mise en place de la formation SPA.HHO pour répondre aux exigences réglementaires et obtenir son approbation par les services de l'aviation civile, ont conduit à une surcharge de travail non négligeable, bien que ce travail ait été réalisé principalement par le RDOV. Cette charge de travail est venue s'ajouter aux tâches habituelles dévolues au RDFE. Il précise que le nombre important de types différents d'hélicoptères présents au sein de la société est également de nature à augmenter la charge de travail.

Il précise également qu'il effectue de longues journées de travail et travaillait à ce moment-là 7 jours sur 7. Il considère cependant que cela n'a pas eu d'impact sur le vol et son organisation.

## 1.18.1.2 Témoignage du pilote ayant effectué le premier vol de nuit

Le pilote indique que la formation théorique a eu lieu sur la journée du 7 décembre et a été animée par le RDFE en cohérence avec le contenu décrit dans le plan de formation SPA.HHO de la société.

Cette partie théorique a été ponctuée d'exercices portant sur le schéma de l'analyse en vol d'une opération de treuillage ainsi que sur la phraséologie spécifique à utiliser.

Il précise que le matin du 8 décembre toutes les personnes devant suivre la formation pratique étaient présentes. Deux binômes ont été constitués respectivement d'un pilote en formation ainsi que d'un treuilliste en formation. Le lendemain, les binômes auraient été croisés pour le vol de contrôle.

Le pilote indique que le RDFE a réalisé la réunion préparatoire du premier vol en confirmant la composition des binômes, précisant que la zone de travail pour la journée serait dans l'est du massif du Grand Arc afin de réduire les nuisances sonores et que les points précis de treuillage seraient définis une fois sur site.

Le pilote ajoute que l'aérodrome d'Albertville n'est pas équipé de station météorologique à vocation d'information et de prévision aéronautique et que, compte tenu de la proximité de la zone de travail avec l'aérodrome, le dossier météo constitué de TAF et METAR n'a pas été consulté.

Il indique que l'observation des conditions a été effectuée directement depuis la base d'opération du SAF.

Il précise qu'une fine couverture nuageuse d'altitude était visible. Il ajoute que la consultation d'une application de prévision météorologique sur smartphone a fait état d'un léger vent de secteur nord-est et d'une dégradation des conditions en soirée.

Il précise que le F-HJAF a été configuré afin de correspondre à la configuration du secours médicalisé avec en cargo un seul siège conservé à l'arrière droit et avec les lignes de vie installées sur le plancher cabine. Il ajoute qu'il s'agit d'une configuration standard et prévue dans le MANEX ; par conséquent, la masse et le centrage étaient, selon lui, dans le domaine de vol autorisé.

Il indique que les vols du matin ont été réalisés conformément à la planification. Pour les vols de l'après-midi, le RDFE a effectué la réunion préparatoire et les conditions météorologiques ainsi que les prévisions sont restées inchangées.

Les deux vols ont été réalisés sans qu'aucun problème ne soit rapporté.

Le pilote indique que la nuit aéronautique était à 17 h 20 (heure locale) et que la réunion préparatoire pour le vol de nuit a été réalisée par le RDFE à 17 h (heure locale). Au cours de cette réunion, le RDFE a abordé les points suivants :

- l'exercice devait consister à déposer au treuil chacun des deux secouristes (2 treuillées) puis effectuer une treuillée pour la récupération simultanée des deux secouristes ;
- après le retour à la base, le changement de binôme se ferait rotor tournant avec le RDFE aux commandes ;
- le temps de vol estimé était d'environ 30 minutes pour chaque vol ;
- compte tenu de la nuit, il était prévu de travailler sur la partie ouest du massif du Grand Arc afin de garder de bonnes conditions de vol à vue et notamment avec les lumières de la ville d'Albertville.

Le pilote précise que le bulletin départemental Savoie de Météo-France édité par l'agence de Bourg-Saint-Maurice indiquait une dégradation des conditions météorologiques pour le début de la soirée.



Il ajoute que depuis les locaux de SAF HELICOPTERES, l'observation visuelle des conditions météorologiques sur le massif du Grand Arc ne généraient pas d'inquiétudes particulières quant à la réalisation de l'exercice dans des conditions de vol satisfaisantes.

Le pilote indique que la mise en route du troisième vol a été effectuée à 17 h 25 (heure locale), la masse de carburant dans le réservoir principal était de 205 kg.

Il a décollé en piste 05, est monté initialement au cap nord-est, puis a poursuivi en direction du massif du Grand Arc. Il a viré de 180 degrés par la droite avec un cap sud-ouest en direction de la zone d'exercice.

Il précise que le crépuscule a permis de garder une vision suffisamment précise pour la recherche en sécurité de la zone de travail. Il ajoute qu'une couche nuageuse partielle bien visible se situait au-dessus des crêtes qui culminent à une altitude d'environ 2 300 m, celle-ci ne présentait aucune menace immédiate.

Il a arrêté la montée à environ 1 800 m, à la limite de la végétation.

Le pilote indique que la zone d'exercice choisie se situait sur une croupe enneigée à proximité du chalet du Marret qui pouvait si nécessaire servir d'abri aux secouristes dans l'hypothèse d'un problème pour leur récupération.

Il précise qu'il a effectué une reconnaissance pratique d'aire de poser afin de déterminer les différents paramètres d'arrivée, de treuillage et de départ ; l'altitude estimée du point de treuillage était d'environ 6 600 ft (2 000 m).

Il ajoute que les exercices se sont déroulés sans aucun problème hormis un début d'embuage intérieur de la cabine à la rentrée des secouristes dans la cabine et que l'ouverture de la fenêtre coulissante « mauvais temps » et l'activation du chauffage cabine ont permis d'y remédier.

Il indique que pour clôturer l'exercice, le RDFE lui a demandé d'effectuer un poser à proximité immédiate du chalet du Marret. Les conditions de vol malgré la nuit sombre étaient excellentes. À l'issue, le pilote s'est dirigé vers l'aérodrome d'Albertville et a atterri en piste 05. Le changement d'équipage a été réalisé rotor tournant comme prévu et la masse de carburant restant à bord était de 125 kg.

Lors d'un échange téléphonique ultérieur, le pilote a précisé qu'il avait reçu le programme de la formation par courriel le 4 décembre et que pour lui le vol de nuit s'inscrivait dans la formation hélitreuillage SPA.HHO. Il devait débiter la saison de secours en montagne à la fin de la semaine<sup>37</sup> et il n'avait pas connaissance d'une session supplémentaire de vol de nuit dans le cadre de la formation SPA.HHO « Avancé Nuit ».

#### **1.18.1.3 Témoignage du treuilliste en formation ayant effectué le premier vol de nuit**

Il précise que les vols de la journée se sont déroulés conformément au programme prévu. Il ajoute que le matin une dégradation des conditions météorologiques était prévue dans la nuit de mardi à mercredi mais qu'elle ne remettait pas en cause le programme de l'après-midi.

Il indique que pour les vols de nuit, après une réunion préparatoire et l'exposé de l'exercice, la perturbation, évoquée pendant la journée, apparaissait mais que la base des nuages était suffisamment haute et permettait la réalisation des vols. Il ajoute qu'il était convenu qu'en cas d'évolution le déroulement de la mission serait adapté.

---

<sup>37</sup> Compte tenu du contexte de pandémie de la COVID-19 et des mesures nationales touchant les stations de sport d'hiver, l'activité secours en montagne a été annulée.

Il précise que dans le cadre du vol de nuit et afin d'assurer un maximum de visibilité, les deux phares de l'hélicoptère avaient été utilisés et qu'un bandeau lumineux était fixé au crochet du treuil.

Il indique qu'après le décollage et la montée vers le chalet du Marret, il a observé que la base des nuages se situait au niveau de la cime du massif du Grand Arc et que cela n'était pas gênant pour le vol. Il indique qu'une fois sur le site d'exercice, la visibilité était bonne sans précipitation ou formation nuageuse et qu'il y avait une luminosité résiduelle. Il ajoute que les trois treuillées ainsi que le retour vers l'aérodrome d'Albertville se sont déroulés sans problème et que le changement d'équipage a eu lieu rotor tournant comme prévu lors de la réunion préparatoire.

Il indique que la réunion bilan des vols de nuit devait avoir lieu le lendemain matin avant le vol de contrôle.

### **1.18.2 Réunion avec des experts de l'activité du secours en montagne et des opérations de treuillage**

Une réunion s'est tenue au BEA le 14 juin 2022 en présence d'experts de l'activité du secours en montagne et des opérations de treuillages : exploitants étatiques, exploitants privés effectuant du secours dont SAF HELICOPTERES, la DSAC. Au cours de cette réunion, les éléments factuels de l'enquête ont été présentés et ont donné lieu à des échanges et avis au regard des « bonnes pratiques ».

Concernant le déroulement de la formation et l'adaptation du programme, il en ressort que la formation en simultané du pilote et du treuilliste n'est pas une pratique courante. Le choix de réaliser conjointement la formation « Initiale » et « Avancé Montagne » pour les vols de jour peut être compris compte tenu de l'expérience déjà détenue par les stagiaires.

Pour les vols de nuit, des réserves ont été émises sur le niveau d'expérience du pilote en formation au regard du choix du site et de la complexité de la mission : nuit sombre en zone montagneuse, conditions météorologiques potentiellement en dégradation. La faible expérience perçue du pilote en formation concernait notamment le faible nombre d'heures de vol de nuit, considérant que la plupart des vols de nuit de ces dernières années était des vols de navigation dans le cadre de déplacements SAMU ou de retour de missions de secours en montagne vers la base de Courchevel en crépusculaire (juste après la nuit aéronautique).

Pour les trajectoires entre chaque treuillage, la différence entre les deux vols de nuit fait apparaître deux choix d'évolutions différents : lors du deuxième vol, les temps quasiment identiques à ceux du premier vol indiquent que le pilote a évolué dans un périmètre plus restreint, à des vitesses plus faibles et avec des inclinaisons plus importantes lors des virages, ce qui de nuit avec peu de repères visuels peut conduire à un ressenti « d'inconfort » et un vol plus « heurté ».

De plus, il apparaît que les hippodromes réalisés laissaient peu de marge en cas de défaillances techniques (avarie moteur par exemple).

Par ailleurs, dans le contexte d'une évaluation ou d'une formation du pilote par l'instructeur, il apparaîtrait plus pédagogique de consolider la méthodologie de travail par des évolutions standards et d'éviter des évolutions qui n'offrent pas une marge de sécurité suffisante en cas d'imprévu.

Il a été confirmé que les fonctions de RDOV et RDFE, au travers de l'expérience des participants au sein d'une société commerciale sont très « chargées » de manière habituelle et qu'un manque de ressources humaines (adjoints) peut s'avérer critique surtout lors de la mise en place de nouvelles

activités ou formations ou de nouveaux aéronefs. La diversité des fonctions rattachées à ces postes entraîne des sollicitations quasi permanentes des RDFE et RDOV bien souvent dans l'urgence et peuvent conduire ces derniers à ne pas pouvoir, lors de vols de contrôle ou de formation par exemple, disposer du niveau de concentration requis.

## 1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Le lieu de l'accident présentait la particularité de se trouver en environnement montagneux. L'accès en était difficile et l'enneigement conséquent, d'autant plus que les prévisions météo dans les jours qui ont suivi l'accident étaient globalement défavorables.

Après s'être rendu sur site en hélicoptère le 10 décembre 2020 en tirant profit d'une fenêtre météo favorable et avoir procédé aux premières constatations, le choix a été fait de relever l'épave à une date ultérieure et de la transporter dans les installations du BEA situées au Bourget. Un examen complet dans des conditions optimales pouvait alors s'y dérouler.

Le relevage s'est déroulé les 21 et 22 avril 2021, la zone était alors encore très enneigée. L'absence de chemin carrossable et la présence d'une couverture neigeuse encore importante impliquait d'héliporter l'épave. Celle-ci était fortement détruite, l'élément principal le plus lourd aurait donc pu en théorie être héliporté par un hélicoptère de type AS350. L'opérateur en charge du relevage a toutefois retenu un AS332 aux capacités largement supérieures et a priori surdimensionnées. Cette décision s'est avérée déterminante pour la réussite de l'opération : la présence d'une importante couche de glace située sous l'épave et retenant cette dernière a nécessité d'utiliser finalement l'intégralité de la puissance disponible.

Les éléments de l'épave ont ensuite pu être déposés dans la vallée sur un semi-remorque spécialement affrété auprès d'une société spécialisée. Ce dernier s'est rendu au Bourget où l'épave a été préservée dans les installations du BEA.



**Figure 27 : photo du relevage (source : BEA)**

## 2 ANALYSE

### 2.1 Introduction

Le 8 décembre 2020, le planning des vols de l'hélicoptère EC135-T1 immatriculé F-HJAF exploité par SAF HELICOPTERES prévoyait six vols de formation : deux vols le matin, deux vols l'après-midi et deux vols de nuit.

Cette formation s'inscrivait dans le cadre d'un agrément spécifique à l'utilisation du treuil en transport aérien commercial (SPA.HHO). Elle faisait suite à l'approbation obtenue de la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC) le 4 décembre et était dispensée afin de disposer d'équipages qualifiés pour débiter la saison de secours en montagne prévue le 14 décembre, pour laquelle SAF HELICOPTERES avait obtenu un contrat commercial.

La formation dispensée devait permettre à l'exploitant d'utiliser le treuil lors de vols médicalisés urgents, en montagne.

Cette première session de formation concernait deux équipages, composés chacun d'un pilote et d'un treuilliste et disposant d'une expérience reconnue en treuillage en zone montagneuse de jour.

En fin d'après-midi, les deux équipages ont effectué la réunion préparatoire avant les deux vols de nuit. La consultation des données de prévisions météorologiques avait mis en évidence l'arrivée d'une perturbation neigeuse dans la soirée. Compte tenu de l'arrivée de cette perturbation, du programme très court de l'exercice (trois treuillées) et de la proximité du site de l'exercice (situé à 3,2 NM dans le sud-est de l'aérodrome et à 1 820 m d'altitude), l'ensemble des personnes concernées a pris la décision d'effectuer les deux vols à la suite et de changer d'équipage rotor tournant à l'issue du premier vol de nuit.

Pour ces deux vols de nuits, l'équipage à bord était constitué d'un pilote instructeur, d'un pilote en instruction, d'un treuilliste en formation, d'un treuilliste formateur et de deux secouristes qui participaient aux treuillées. Les formations du pilote et du treuilliste étaient combinées à la différence de la ségrégation qui avait été mise en place lors des vols de jour. L'instructeur a indiqué que l'objectif de ces deux vols de nuit était d'évaluer les équipages.

À l'issue du premier vol de nuit, le premier équipage (pilote en instruction et treuilliste en formation) a été remplacé par le second binôme. Le pilote instructeur, le treuilliste formateur et les deux secouristes sont restés à bord pendant ce changement.

Le second pilote en instruction a décollé à 17 h de l'aérodrome d'Albertville à destination du site de l'exercice. Arrivé sur la zone, le pilote a réalisé les mêmes exercices que lors du vol précédent.

À l'issue de la troisième treuillée et une fois la porte fermée, le pilote a débuté un virage par la gauche. L'analyse de la trajectoire suivie pour quitter la zone d'exercice montre que le pilote s'est orienté sensiblement vers le nord-ouest tout en accélérant. C'est à ce moment-là que l'instructeur s'est retourné vers les quatre autres occupants situés à l'arrière. Selon l'instructeur, avant de se retourner, la trajectoire était stabilisée et il n'y avait pas de risque manifeste.

Les données de trajectographie montrent que l'hélicoptère a amorcé un virage par la gauche qui s'est poursuivi sur 180° tout en restant en palier. La trajectoire ainsi suivie a amené l'hélicoptère vers le flanc de la montagne ; il est entré en collision avec la végétation puis le sol.

L'examen de l'épave, de la documentation de maintenance et des données enregistrées par différents calculateurs n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement de l'hélicoptère susceptible d'expliquer l'accident.

Les éléments collectés tendent à montrer que l'hélicoptère est resté contrôlé jusqu'à la collision.

L'analyse qui suit traite principalement des circonstances opérationnelles et organisationnelles dans lesquelles le vol de l'accident s'est déroulé.

## **2.2 Comparatif des deux vols de nuit et des différentes treuillées**

Les deux vols de nuit étaient théoriquement similaires. La durée prévue était d'environ 30 minutes. Cependant l'analyse des trajectoires suivies fait apparaître des différences significatives. La trajectoire suivie pour rejoindre la zone d'exercice est sensiblement identique pour les deux vols. Néanmoins, lors des phases de reconnaissance et de treuillage, le pilote du deuxième vol évoluait selon des trajectoires beaucoup plus serrées que le pilote du premier vol de nuit.

Lors du premier vol, le pilote évoluait dans une zone d'environ 1 500 m de diamètre pour la reconnaissance et 800 à 1 000 m pour les phases de treuillage ce qui, en accord avec son témoignage, indique qu'il disposait d'une luminosité ambiante encore suffisante pour distinguer le relief et venir se positionner sur la zone d'exercice tout en effectuant les hippodromes tels que décrits dans les procédures SPA.HHO du MANEX.

Lors du vol de l'accident, les trajectoires étaient plus serrées, environ 600 m pour la phase de reconnaissance et les deux premières treuillées puis seulement 300 m pour la troisième treuillée. Les données trajectographiques indiquent que le pilote a effectué deux tours avant de débiter cette dernière treuillée. La vitesse d'évolution était également plus faible. La présence sur le site d'exercice a duré environ 7 min 30 (depuis la fin de la reconnaissance jusqu'au départ du site). Les deux premières présentations et les deux treuillées de dépose ont duré 3 min 40. La présentation pour la treuillée de récupération a duré 3 min 20 et la treuillée de récupération a duré entre 50 et 60 s.

Selon l'instructeur, au cours de l'hippodrome en vue de la troisième treuillée, le pilote du vol de l'accident a annoncé qu'il se trouvait mal positionné et qu'il recommençait l'approche pour se présenter sur le point de récupération des deux secouristes. L'instructeur précise que les manœuvres réalisées par le pilote en formation, bien que serrées, ne présentaient pas de risque particulier. Il n'a pas détecté de problème au cours des différentes treuillées et n'a pas été amené à intervenir sur les commandes de vol.

L'enquête n'a pas permis de déterminer si les trajectoires enregistrées au cours des exercices de ce deuxième vol de nuit révèlent un problème particulier, notamment si le pilote en formation éprouvait des difficultés latentes depuis le début de ces exercices de nuit, si ses performances de pilotage s'étaient dégradées lors de la troisième approche ou s'il cherchait à s'adapter à des conditions environnementales évolutives ou à la nuit sombre.

### 2.3 Références visuelles extérieures

Le vol de l'accident était un vol local (éloignement de moins de 6,5 NM) en espace aérien non contrôlé, depuis un aérodrome non contrôlé qui ne disposait pas de station météorologique pour évaluer les conditions sur l'aérodrome. De ce fait, les pilotes étaient responsables de l'évaluation des conditions météorologiques pour déterminer s'ils pouvaient décoller et réaliser le vol.

Le second vol de nuit a été entrepris sur la base des observations des conditions météorologiques des personnes à bord de l'hélicoptère lors du premier vol de nuit qui confirmaient la décision initiale prise avant les vols de nuit.

En prenant en compte les témoignages de l'instructeur et du pilote en formation lors du premier vol de nuit, ainsi que les paramètres de température enregistrés, il apparaît que les conditions météorologiques étaient meilleures, au moment du vol de l'accident, que celles présentées par les cartes de prévisions.

Néanmoins, à l'avant de la perturbation, en raison de l'abaissement des températures et de l'augmentation de l'humidité, il est possible que des phénomènes locaux aient pu se développer sur les flancs de la montagne comme des bancs de brume ou de brouillard ou des bancs de barbules proches du relief.

Il peut être noté que la nuit de l'accident, la lune n'était pas levée ; c'était donc une nuit sombre. Si les lumières des agglomérations au loin étaient visibles, elles permettaient de s'orienter et de se situer par rapport à des points de repère lointains. La situation de nuit sombre sans lune rendait en revanche très difficile le discernement des reliefs proches. Seule l'utilisation des phares, pendant les évolutions à faible vitesse ou en quasi stationnaire, permettait de distinguer et d'éviter les obstacles proches. Le pilote ne pouvait discerner le relief environnant qu'au travers du halo lumineux projeté par le phare de l'hélicoptère. De plus, lors des jours précédents, des chutes de neige avaient entièrement recouvert le sol et la végétation dans cette zone, ce qui rendait particulièrement difficile la distinction d'éventuels bancs nuageux et, le cas échéant, d'en évaluer la proximité.

Par ailleurs, il est possible que des bancs de nuages ou de brouillards locaux, même s'ils n'étaient pas présents sur la zone d'exercice, pouvaient masquer, au moment de quitter cette zone, une partie des lumières de l'agglomération d'Albertville ou des communes voisines dans la vallée.

Les éléments de témoignage recueillis auprès de l'instructeur, notamment en raison de la confusion à laquelle il peut être confronté en raison de l'accident, ne permettent pas de déterminer précisément les conditions météorologiques qui prévalaient lors du vol de l'accident, ni sur la zone d'exercice, ni sur les trajets aller et retour. Toutefois, l'instructeur précise qu'avant de se retourner la trajectoire paraissait sécurisée. Il est peu probable que l'instructeur se soit retourné, et ce faisant qu'il cesse de surveiller les paramètres de vol, s'il avait détecté une situation anormale ou potentiellement dangereuse comme la perte des références visuelles extérieures. De plus, l'instructeur a indiqué que le pilote ne lui avait pas fait part, à ce moment-là, d'un problème ou d'une situation inhabituelle.

Au départ du site de l'exercice, de nuit, il était attendu que le pilote s'éloigne dans une direction qui permettait d'assurer une absence d'obstacles sur la trajectoire prévue, les phares n'étant plus le moyen primaire à utiliser pour identifier la route à prendre ou pour l'évitement des obstacles.

## 2.4 Aides à la navigation disponibles lors du vol de nuit

L'hélicoptère F-HJAF disposait d'un système HELIMAP de positionnement sur fond de carte par GNSS et de fonctionnalités permettant de définir des points particuliers comme l'aérodrome d'Albertville et le site d'exercice et d'afficher la route à suivre entre ces points.

Les pratiques au sein de la société et les différents types de missions réalisées (transport de charge à l'élingue, sauvetage en montagne, transport de personnels ou SMUH) s'effectuant de jour dans des zones que les pilotes connaissent bien, n'incitent pas à l'utilisation de l'HELIMAP lors des vols de secours en montagne. En effet la bibliothèque cartographique installée ne propose qu'un seul fond de carte au 1/500 000<sup>ème</sup> relativement peu détaillé par rapport à la précision de navigation qu'exigent les missions réalisées.

Les vols de nuit réalisés par SAF HELICOPTERES correspondaient principalement à des vols de navigation ou vols SMUH inter-hospitaliers pour lesquels, en dehors des phases d'atterrissage et de décollage, les hauteurs de vols choisies doivent permettre de s'affranchir des obstacles. Les cheminements et les repères au sol (lumières des agglomérations) sont connus et facilement identifiables et les moyens de radionavigation classique ou par GNSS sont adaptés au type de vol. Le système HELIMAP s'il était utilisé n'était qu'un moyen complémentaire pour la gestion de la trajectoire et du vol.

Dans le cas d'hélicoptère de nuit en zone de montagne et en évolution sous les lignes de crête dans le relief, en l'absence de moyen de radionavigation classique et de repères visuels facilement identifiables, un système de positionnement comme l'HELIMAP peut être une aide supplémentaire pour le pilote afin de se situer par rapport au relief environnant, aux obstacles et pour définir une route à suivre en sécurité. Il est cependant nécessaire que le fond cartographique utilisé soit adapté à l'activité. Dans le cas du F-HJAF, sous réserve que le pilote ait utilisé l'HELIMAP, la détection des obstacles et de la proximité du relief aurait été difficile compte tenu du niveau de détail de la carte disponible (OACI VFR 1/500 000<sup>ème</sup>). Cependant la sélection de l'aérodrome d'Albertville comme point de destination aurait probablement permis au pilote d'avoir une indication de route à suivre.

## 2.5 Expérience de pilotage en situation

Le pilote en formation lors du vol de l'accident, compte tenu de son ancienneté au sein de la société, avait probablement une bonne connaissance de jour de la région et des repères environnants. Cependant, il avait une faible expérience du vol de nuit. De plus, cette expérience de nuit avait probablement été acquise essentiellement lors de vols de transport médicalisé ou de convoi. Le pilote devait donc disposer d'une connaissance des repères lumineux correspondants aux abords de l'aérodrome et aux cheminements classiques. Il est probable qu'il avait moins d'aisance pour les identifier ou les conserver en dehors des environnements connus, notamment à proximité du relief.

Au-delà des repères visuels spécifiques à la région, le vol de nuit, qui plus est en montagne, expose davantage que le vol de jour à certains facteurs de risques tels que la dégradation des performances visuelles, les aberrations visuelles ou encore la désorientation spatiale<sup>38</sup>.

---

<sup>38</sup> Voir § 4 du guide [« VFR de nuit en hélico »](#).

Sans qu'elle permette de supprimer ces facteurs de risques, l'expérience en situation contribue normalement à mieux s'en prémunir. L'instructeur a pu surestimer la pertinence de l'expérience de vol de nuit du pilote en formation par rapport au vol de formation envisagé, qui présentait des difficultés particulières (évolutions à proximité du relief en montagne, par condition de nuit sans lune). Des réserves quant à l'expérience préalable du pilote en formation, émises lors de la réunion d'experts de l'activité du secours en montagne et des opérations de treuillage tenue au BEA, vont dans le sens de cet avis.

## 2.6 Gestion de la sécurité

SAF HELICOPTERES assurait depuis plusieurs années des opérations de secours en montagne avec treuillage, en se conformant aux règles opérationnelles d'un arrêté national. Lors d'interventions de secours en montagne déclenchées en fin de journée, les pilotes ont été amenés à effectuer des retours de nuit. SAF HELICOPTERES a indiqué que son choix n'était pas d'engager des opérations de secours de nuit, bien que l'arrêté national le lui permît. Cette restriction d'exploitation que s'imposait SAF HELICOPTERES n'était pas clairement mentionnée dans le Manuel d'Activités Particulières (MAP) de la société.

Des évolutions réglementaires au niveau européen (règlement AIR OPS) ont amené l'exploitant à demander l'agrément SPA.HHO pour pouvoir réaliser des opérations de treuillage dans le cadre de vols de secours médicalisés urgents de jour et de nuit. Celui-ci a précisé au BEA au cours de l'enquête, que l'objectif opérationnel visé restait de pouvoir terminer après la tombée de la nuit des opérations de secours en montagne débutées en fin de journée. Il n'était pas prévu de déclencher des opérations d'hélitreuillage après la tombée de la nuit. Cette restriction d'exploitation, que SAF HELICOPTERES a indiqué vouloir s'imposer, n'était pas clairement mentionnée dans le MANEX de la société. La réglementation prévoit qu'un plan de formation adapté aux opérations prévues dans le cadre du SPA.HHO soit défini par l'exploitant et intégré au MANEX. Une fois que l'agrément SPA.HHO est délivré par les services de l'aviation civile, l'exploitant est tenu de respecter et d'appliquer les procédures du MANEX ainsi modifié.

La délivrance d'un agrément par l'autorité signifie normalement que, par les dispositions qu'il a prises, l'exploitant a pu démontrer sa capacité à répondre aux exigences réglementaires, mais également à garantir un niveau de sécurité suffisant à l'exercice des activités envisagées.

L'enquête a toutefois montré que SAF HELICOPTERES n'avait pas clairement défini les objectifs opérationnels visés au travers de l'obtention de l'agrément SPA.HHO. À titre d'exemple, il n'était pas clairement défini si des prestations de secours en montagne de nuit étaient envisagées ni dans quelles circonstances le cas échéant. À ce sujet, le MANEX (Partie D) indiquait qu'un pilote qualifié au « stade avancé HHO » pouvait effectuer tous les types d'interventions médicalisées d'urgence à l'aide du treuil en milieu montagneux, y compris de nuit. La formation correspondante était décrite comme « un complément à la formation et à l'expérience du pilote quant au milieu considéré ». Selon l'instructeur, également RDFE, l'objectif de la formation « Avancé Nuit » était uniquement de permettre aux équipages de rejoindre leur base dans de bonnes conditions si une mission débutée de jour se prolongeait au-delà de la nuit aéronautique



Si le premier vol effectué le jour de l'accident à la nuit tombante pouvait s'inscrire dans ce cadre opérationnel, le deuxième vol effectué lors d'une nuit pleinement établie, sans lune, introduisait des difficultés supplémentaires qui allaient au-delà du cadre opérationnel évoqué par l'instructeur et par SAF HELICOPTERES.

L'absence de précision concernant le contexte opérationnel envisagé au travers de l'obtention de l'agrément SPA.HHO pose la question des bases sur lesquelles SAF HELICOPTERES :

- a réalisé l'étude d'impact sur la sécurité relative à l'agrément SPA.HHO ; et
- a défini la formation associée et a déterminé que les pilotes en formation disposaient d'une expérience, notamment de nuit, leur permettant de suivre cette formation.

La cartographie des risques rédigée par SAF HELICOPTERES laisse supposer que l'étude d'impact sur la sécurité :

- n'a pas été l'occasion d'explorer les facteurs de risques spécifiques à l'exploitation à la fois de nuit et en montagne ;
- a quasiment exclusivement porté sur la phase de treuillage qui caractérise l'activité SPA.HHO, sans traiter explicitement des phases d'arrivée et de départ du site d'intervention, qui implique un vol d'avancement à proximité du relief;
- n'intégrait pas de volet spécifique aux vols de formation entrepris dans le cadre de cet agrément SPA.HHO.

Pour neuf des dix dangers identifiés lors de l'étude d'impact, le niveau de risque tel qu'il était évalué initialement avait été abaissé au regard des différentes barrières de sécurité listées. L'expérience des équipages était une barrière proposée face à trois des risques identifiés ; la formation des équipages face à six d'entre eux. Les lacunes dans la formation et l'expérience récente constituaient un danger à part entière dans la cartographie des risques SPA.HHO élaborée par SAF HELICOPTERES.

L'analyse des risques n'a pas été approfondie au-delà de la cartographie. La portée attendue des barrières listées dans cette cartographie n'a pas été précisée non plus.

Le changement que constituait l'exploitation sous agrément SPA.HHO avait été jugé acceptable au regard de l'évaluation finale du niveau de risque global.

Lorsque l'hélicoptère est entré en collision avec le relief, l'exercice de treuillage était terminé et il était attendu du pilote en formation qu'il prenne la direction du retour vers l'aérodrome. De ce point de vue, on pourrait considérer que l'accident ne matérialise pas un risque spécifique à l'agrément SPA.HHO. Cependant, l'accident a mis en évidence deux facteurs de risques spécifiques au contexte du programme de formation SPA.HHO :

- vol à proximité directe du relief en montagne et de nuit, dans des conditions d'éclairage naturel ne permettant pas de distinguer les obstacles proches, environnement pour lequel l'expérience du pilote en formation était probablement surestimée ;
- vol combinant la formation du pilote et du treuilliste, soit dans un contexte susceptible de multiplier les aléas, les points d'attention et les besoins de coordination entre le poste de pilotage et l'arrière.

Ces facteurs de risques spécifiques n'avaient pas été anticipés par SAF HELICOPTERES au travers de l'étude d'impact sur la sécurité réalisée en vue de l'agrément SPA.HHO.

## 2.7 Contexte des deux vols de formation de nuit

Il s'agissait de la première session de formation SPA.HHO organisée par SAF HELICOPTERES. Elle faisait suite à l'obtention de l'agrément trois jours auparavant. Le pilote instructeur, également RDFE, et le treuilliste formateur, également RDOV, étaient les deux seules personnes formées pour dispenser la formation qu'ils avaient mis en place.

Le programme de formation SPA.HHO déposé par SAF HELICOPTERES et approuvé par la DSAC-CE prévoyait sous certaines conditions une possibilité d'adaptation de la formation SPA.HHO « Initial » en fonction de l'expérience des stagiaires. L'enquête a montré que les pilotes et les treuillistes en formation disposaient des prérequis nécessaires pour participer à la formation SPA.HHO dispensée au sein de SAF HELICOPTERES. Par ailleurs, ils pouvaient bénéficier de l'adaptation de la formation SPA.HHO « Initial ». En revanche, la formalisation de cette vérification par SAF HELICOPTERES était absente.

Les vols réalisés de jour le 8 décembre montrent par ailleurs que :

- les deux vols de jour « Evaluation » et « Proc Norm/Sec » se sont déroulés en zone de haute montagne tout en reprenant en simultané les exercices normalement étudiés lors des vols prévus par la formation SPA.HHO « Initial » et SPA.HHO « Avancé Montagne » ;
- les temps de vol ainsi que le nombre de treuillées effectuées par les stagiaires, compte tenu de la stratégie de répartition des rôles à bord<sup>39</sup>, sont inférieurs à ceux prévus par le programme de formation SPA.HHO « Initial » et SPA.HHO « Avancé Montagne » ;
- les programmes SPA.HHO « Initial » et « Avancé Montagne » ont été fusionnés alors que ce n'était pas prévu par le MANEX ;
- les deux vols de nuit (dont le vol de l'accident) s'inscrivaient dans le programme de formation SPA.HHO.
- les deux vols de nuit ont été réalisés en environnement montagneux alors que les stagiaires n'avaient validé ni la formation SPA.HHO « Initial » ni la formation SPA.HHO « Avancé Montagne » réalisées de jour.

Le programme de formation prévu par le MANEX, même adapté, ne prévoyait pas de pouvoir fusionner et/ou dispenser en simultané les formations Initiale et Avancé, ni de diminuer le nombre de vols pour la formation Avancé. Le programme de formation en vol qui a été suivi le 8 décembre ne correspondait ainsi pas au programme de formation SPA.HHO déposé par la société SAF HELICOPTERES et approuvé par la DSAC, même en tenant compte des possibilités d'adaptation prévues dans ce programme.

L'instructeur a confirmé que compte tenu de l'expérience des personnels devant être formés (nombre d'heures de vol, nombre de treuillages, expérience du secours en montagne les saisons précédentes), le programme de la formation transmis aux stagiaires le vendredi 4 décembre prenait en compte l'adaptation pour la partie vol de la formation SPA.HHO « Initial » et sa fusion avec la formation SPA.HHO « Avancé Montagne ». Il n'a toutefois pas confirmé que cette stratégie s'appliquait également pour la formation SPA.HHO « Avancé Nuit ».

---

<sup>39</sup> Les stagiaires travaillant en alternance, ils ne bénéficient que de la moitié des treuillages totaux réalisés et du temps de vol effectif sur le site d'exercice. Les temps de vol pour rejoindre le site et en revenir étant décomptés en totalité.

L'objectif des deux vols de nuit dont le vol de l'accident n'a pas pu être clairement défini au cours de l'enquête. En effet, bien que ces vols aient été inscrits dans le planning des vols de la formation SPA.HHO et que ces vols aient été réalisés conformément à ce planning, les témoignages recueillis auprès de l'instructeur ainsi que du pilote et du treuilliste du premier vol de nuit ne sont pas complètement concordants quant à l'objectif de ces vols :

- au cours de l'enquête, l'instructeur a indiqué que ces vols de nuit s'inscrivaient dans le cadre de la formation SPA.HHO « Avancé Nuit » mais qu'il s'agissait de vols d'évaluation devant permettre de déterminer le contenu des vols de nuit suivants ;
- selon le pilote du premier vol de nuit, le programme de la formation reçu par courriel le vendredi 4 décembre ne laissait pas supposer qu'il était prévu des vols de formation de nuit après ceux programmés le 8 décembre ;
- selon le treuilliste du premier vol de nuit, ce vol faisait partie du programme de formation.

Quoi qu'il en soit, le pilote en formation lors du vol de l'accident n'ayant pas encore acquis les qualifications SPA.HHO « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit », le vol de l'accident ne pouvait être réalisé, formellement, que dans le cadre de la formation SPA.HHO « Avancé Nuit » sous la supervision de l'instructeur.

Par ailleurs, les équipages totalisaient plus de 50 treuillages, ce qui, sous réserve de détenir l'agrément SPA.HHO « Avancé Montagne », leur aurait permis d'exercer l'activité de secours en montagne (transport médicalisé) avec opération de treuillage de jour. Pour l'activité de secours en montagne (transport médicalisé) de nuit, les équipages devaient détenir l'agrément SPA.HHO « Avancé Nuit » et justifier de 20 treuillages de nuit dont trois réalisés dans les 90 derniers jours. Ces exigences figuraient au MANEX de l'exploitant.

Le programme pour les vols de nuit consistait en la réalisation de trois treuillages, ce qui permettait de répondre aux exigences d'expérience récente.

En revanche, notamment pour ce qui concerne le pilote en formation lors du vol de l'accident, le logiciel utilisé par l'exploitant ne permettait pas de comptabiliser le nombre de treuillages effectués de nuit. L'analyse des indications portées sur son carnet de vol n'a pas permis non plus de déterminer le nombre de treuillages de nuit réalisés au cours des trois dernières années. Même s'il apparaît que lors de son activité de secours en montagne les années précédentes, plusieurs interventions avec treuillage ont été débutées de jour et se sont terminées de nuit, il n'a pas été possible de déterminer si les treuillages se sont déroulés de nuit ou si le temps de vol de nuit porté sur le carnet ne concernait que la navigation retour vers la base. Il n'a donc pas été possible de déterminer si le pilote avait déjà réalisé des treuillages de nuit par le passé et combien.

Au-delà de ces considérations de conformité réglementaire, il apparaît que, de l'opinion des experts de l'activité du secours en montagne et des opérations de treuillage réunis par le BEA le 14 juin 2022, les pilotes en formations disposaient d'une expérience préalable leur permettant de suivre les vols de formation réalisés de jour. À l'inverse, l'expérience en vol de nuit du pilote en formation lors de l'accident, expérience acquise principalement lors de vols de navigation SAMU et lors de vols de retour de mission de secours vers la base de Courchevel après la nuit aéronautique, était probablement faible eu égard aux difficultés spécifiques du vol de formation prévu, à proximité directe du relief en montagne et de nuit, dans des conditions d'éclairage naturel ne permettant pas de distinguer les obstacles proches.

## 2.8 Enjeux contractuels et contraintes associées

La mise en place de l'activité SPA.HHO et de la formation associée au sein de la société SAF HELICOPTERES a nécessité une modification importante du MANEX. La version modifiée du MANEX intégrant l'activité SPA.HHO a été soumise aux services de la DSAC en septembre 2020 afin d'obtenir l'agrément de cette activité. Elle a subi plusieurs modifications au fil des échanges avec l'autorité.

SAF HELICOPTERES a obtenu l'agrément de l'activité SPA.HHO de la part de la DSAC le 4 décembre 2020. La saison de secours en montagne devait débuter le 12 décembre 2020. Pour cette échéance, il était nécessaire de former au moins deux équipages (composés chacun d'un pilote et d'un treuilliste). La période de formation possible était donc de cinq jours ouvrés (du 7 au 11 décembre) dont le premier jour était dédié à la formation théorique.

La contrainte temporelle qui s'est précisée sur la fin du projet et les prévisions météorologiques défavorables sur deux des quatre jours disponibles pour réaliser les vols de la formation SPA.HHO ont probablement amené le RDFE et le RDOV à proposer un programme condensé sur un temps réduit avec peu de marge de manœuvre sur la date de réalisation des vols de nuit.

Par ailleurs, l'obtention de l'agrément SPA.HHO et la formation des équipages qui en découlait ont constitué sur une période de quelques mois un projet dimensionnant pour la société compte tenu des enjeux contractuels. Le RDFE et le RDOV apparaissaient comme les pièces maîtresses de ce projet en ce qu'ils étaient censés intervenir à de multiples reprises, notamment pour :

- contribuer à l'étude d'impact sur la sécurité ;
- élaborer le plan de formation et mettre à jour le MANEX ;
- échanger avec la DSAC en vue de l'obtention de l'agrément ;
- organiser tactiquement et dispenser intégralement la première session de formation, en tant que primo-formateurs.

Arrivé dans la société seulement quatre mois avant l'accident, le RDFE devait également, dans ce court laps de temps, se familiariser avec :

- les ressources et les pratiques de son nouvel employeur ;
- les tâches qui lui étaient dévolues en tant que RDFE ;
- le cadre d'activité propre à l'aviation civile ;
- un environnement opérationnel nouveau pour lui.

La direction de la société n'a probablement pas su détecter ou prendre la mesure de la pression induite représentée par les engagements contractuels, pression que se sont imposée les cadres responsables, et en particulier le RDFE et le RDOV. Cette pression a pu les conduire à s'écarter de la conformité dont ils sont normalement les garants et à compromettre leur capacité à gérer efficacement certains risques.

En particulier, il est probable qu'ils surestimaient l'expérience de nuit du pilote en formation lors du vol de l'accident face aux dangers associés à un vol de nuit en environnement hostile (montagne, nuit sombre, dégradation prévue de la météo).

### 3 CONCLUSIONS

#### 3.1 Faits établis par l'enquête

##### 3.1.1 Société SAF HELICOPTERES

- La société disposait d'un Manuel d'exploitation (MANEX) intégrant l'activité d'hélicoptère en transport commercial (agrément SPA.HHO).
- La modification du MANEX intégrant l'activité SPA.HHO a été jugée conforme aux exigences réglementaires par la DSAC-CE et approuvée par celle-ci dans sa dernière version le 4 décembre 2020.

##### 3.1.2 Hélicoptère EC135-T1 immatriculé F-HJAF

- L'hélicoptère disposait d'une autorisation délivrée par la DSAC-CE le 4 décembre 2020 permettant d'effectuer des opérations d'hélicoptère en VFR de jour et de nuit associée à l'exemption réglementaire CAT.POL.H.305 « Exploitation sans assurance d'une possibilité d'atterrissage forcé en sécurité ».
- L'examen de la documentation de maintenance de l'hélicoptère n'a pas mis en évidence d'anomalie ni de panne latente qui aurait pu restreindre son utilisation.
- L'hélicoptère était dans le domaine de masse et centrage autorisé par le constructeur.
- Les performances de l'hélicoptère compte-tenu des conditions du jour et du chargement (équipements, personnels embarqués, carburant) permettaient la réalisation du vol.
- L'analyse des paramètres généraux enregistrés par les divers calculateurs de bord n'a pas mis en évidence de dysfonctionnement au cours du vol.
- Les examens pratiqués sur l'épave de l'hélicoptère n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement susceptible d'expliquer l'accident.
- L'analyse des paramètres moteurs issus des calculateurs embarqués permet de conclure que :
  - Les variations des paramètres moteurs sur la journée et plus particulièrement lors des deux vols de nuit sont cohérentes avec la description des profils et phases de vol issue des témoignages et des indications portées sur le compte rendu matériel.
  - Le fonctionnement des deux moteurs était nominal pendant le deuxième vol de nuit jusqu'à la deuxième collision avec les arbres.
  - L'apparition de la même panne « Pas collectif » sur les deux moteurs, juste avant l'arrêt quasi simultané des deux calculateurs de régulation moteur, coïncide avec la deuxième collision avec les arbres qui a entraîné la destruction du poste de pilotage et des chaînes de commandes.
- L'arrêt quasi simultané des deux moteurs est dû à l'ingestion de neige et de débris végétaux qui ont été retrouvés lors de l'examen de l'épave.

##### 3.1.3 Personnel à bord

- Le pilote instructeur possédait les qualifications et l'expérience lui permettant de conduire un vol d'instruction de nuit conformément aux exigences réglementaires et requises par les procédures de la société SAF HELICOPTERES.
- Le pilote en instruction possédait les qualifications et l'expérience récente lui permettant de réaliser des vols de nuit et de suivre la formation aux opérations d'hélicoptère, telle que définie dans le MANEX.

- Le treuilliste formateur possédait les qualifications et l'expérience lui permettant de dispenser la formation de treuilliste lors d'un vol de nuit.
- Le treuilliste en formation possédait les qualifications et expérience lui permettant de suivre une formation aux opérations d'hélicoptère.
- Les deux secouristes possédaient l'expérience et avaient suivi la formation dispensée par SAF HELICOPTERES leur permettant de participer aux exercices d'hélicoptère de jour et de nuit.

#### **3.1.4 Programme de formation**

- Le programme de formation SPA.HHO déposé par SAF HELICOPTERES a été approuvé par la DSAC-CE le 4 décembre 2020.
- Le contenu du programme de formation SPA.HHO répond aux exigences réglementaires de l'activité SPA.HHO.
- La formation théorique dispensée le lundi 7 décembre 2020 était conforme au programme de formation prévu dans le MANEX.
- La formation pratique en vol dispensée le mardi 8 décembre 2020 n'a pas suivi les différentes étapes du programme de la formation SPA.HHO décrit dans le MANEX.
- Les modules de formation SPA.HHO « Initial » et SPA.HHO « Avancé Montagne » ont été réalisés simultanément, cette configuration n'était pas prévue par le programme de formation SPA.HHO.
- Les vols de nuit réalisés le 8 décembre 2020 s'inscrivaient dans le cadre de la formation SPA.HHO « Avancé Nuit ».

#### **3.1.5 Météorologie**

- Les différentes cartes de prévision météorologiques indiquaient l'arrivée d'une perturbation neigeuse avec des nuages bas dans la soirée.
- La carte prévisionnelle TEMSI de 15 h indique que la région d'Albertville n'était pas encore touchée par la perturbation neigeuse. Celle de 18 h montre que la limite avant de cette perturbation touchait la région d'Albertville.
- Les témoignages recueillis indiquent qu'à 16 h 30 la perturbation neigeuse n'était pas présente et que la visibilité et le plafond étaient compatibles avec la réalisation des vols.
- Les images d'observation satellitaire montraient l'avancée de la perturbation (masse de couleur jaunâtre indiquant des nuages de basse altitude) et notamment qu'entre 17 h et 17 h 30 la zone d'exercice était progressivement touchée par cette perturbation. L'absence d'image à l'heure de l'accident (17 h 15) n'a pas permis de déterminer précisément si ces nuages bas étaient présents ou non. Néanmoins la zone d'exercice était probablement soumise aux phénomènes précurseurs de la perturbation liés à l'environnement montagneux et à la nuit.
- La présence de bancs de brume et de barbules dans la vallée et sur le flanc nord du Massif du Grand Arc a été observée par l'instructeur lors du deuxième vol de nuit.

#### **3.1.6 Séquence de l'accident**

- Les deux déposes par treuillage des deux secouristes et la récupération en duo de ces derniers se sont déroulées comme prévu.
- Le pilote a quitté le site d'exercice en prenant de la vitesse en direction du nord-ouest avant de virer par la gauche.
- Le virage par la gauche a été poursuivi sur environ 180°.

- Le rotor et l'avant de l'hélicoptère ont heurté deux arbres isolés.
- L'ingestion par les deux moteurs de débris de végétaux et de neige a provoqué l'extinction quasi simultanée des moteurs.
- L'hélicoptère est entré en collision avec un deuxième groupe très dense d'arbres qui ont entraîné la destruction de l'avant de l'hélicoptère et la séparation de plusieurs portes latérales.
- Au cours de la collision avec ces arbres, l'instructeur assis en place avant gauche a été éjecté avec son siège de l'hélicoptère.
- L'hélicoptère a heurté le sol enneigé et s'est immobilisé dans la neige.

### 3.1.7 Survie

- Compte tenu des dégâts observés sur l'hélicoptère sur site et en atelier, l'accident ne laissait que peu de chance de survie pour les occupants de l'hélicoptère présents à bord lors de la collision finale avec le sol.
- La survie de l'instructeur s'explique par son éjection de l'hélicoptère lors de la dernière collision avec les arbres, la très faible hauteur à laquelle elle est survenue et l'épaisseur du manteau neigeux au sol qui a amorti la chute.
- L'instructeur et le pilote étaient attachés sur leur siège et les quatre autres personnes à bord étaient très probablement reliées à l'hélicoptère par leur harnais.

## 3.2 Facteurs contributifs

À la fin d'un vol présenté comme un vol d'évaluation dans le cadre de la formation hélicoptère de nuit par l'instructeur, le pilote a quitté le site et effectué un virage d'environ 180° par la gauche tout en restant en palier. Le vol semble avoir été contrôlé jusqu'à la collision avec les arbres. Il n'a pas été possible de déterminer les raisons pour lesquelles le pilote a entrepris ce virage. Il ne peut être exclu que ce virage ait été débuté pour éviter des nuages et des bancs de brume apparus à proximité du site de l'exercice.

Il n'a pas été possible de déterminer les raisons exactes pour lesquelles le pilote a poursuivi le virage par la gauche jusqu'à entrer en collision avec les arbres puis le sol. Cela pourrait s'expliquer par une perte de conscience de la situation du pilote concernant la position de l'hélicoptère par rapport au relief.

Ont pu contribuer à une possible perte de conscience de la situation du pilote concernant la position de l'hélicoptère par rapport au relief :

- la disparition partielle ou totale des points de repère lointains que constituaient les lumières des agglomérations dans la vallée en raison de la dégradation des conditions météorologiques ;
- la perte de références visuelles extérieures dans la phase finale de la trajectoire en raison de conditions de luminosité réduites lors d'une nuit sombre sans lune qui ne permettaient pas au pilote de distinguer les obstacles et le relief environnants ;

- une interruption temporaire de la surveillance de la trajectoire par l'instructeur dans le contexte d'une expérience totale et récente du pilote en vol de nuit limitée, par rapport aux difficultés spécifiques de cette phase de vol, à proximité immédiate du relief par une nuit sombre ne permettant pas de distinguer les obstacles environnants. En éloignement du site de treuillage, l'instructeur a considéré que la trajectoire débutée était cohérente avec un retour en sécurité vers l'aérodrome et s'est retourné pour échanger avec les autres occupants de l'hélicoptère.

Il ne peut être exclu qu'un phénomène d'illusions sensorielles lors d'une nuit sombre ait pu contribuer à la possible perte de conscience de la situation du pilote concernant la position de l'hélicoptère par rapport au relief.

Ont pu contribuer à la décision d'entreprendre un vol d'instruction avec des marges de sécurité réduites dans un environnement hostile (montagne, nuit sombre, dégradation prévue de la météo) :

- une prise en compte insuffisante de la faible expérience totale et récente du pilote en vol de nuit en montagne à proximité immédiate du relief ;
- une sous-estimation des risques du vol potentiellement induite par une contrainte temporelle sur la réalisation de la formation. Cette contrainte pourrait s'expliquer par la volonté de disposer d'équipages qualifiés pour répondre à la demande de l'activité secours en montagne la semaine suivante. Cela a pu inciter l'instructeur/RDFE à proposer un programme de formation allégé qui devait permettre aux stagiaires d'obtenir l'ensemble des agréments SPA.HHO alors que ce type d'allègement n'est pas prévu dans le MANEX. Si SAF HELICOPTERES a pu considérer que l'expérience du pilote en vol montagne de jour permettait cet allègement, ce raisonnement ne paraît pas transposable aux vols de formation de nuit.

Ont pu contribuer à créer une pression que se sont imposée les cadres responsables, et en particulier les personnels en charge de la mise en place de l'activité d'hélicoptère SPA.HHO :

- la prise en compte insuffisante par l'encadrement de la société (y compris le treuilliste formateur responsable des opérations en vol et le pilote instructeur responsable de la formation et entraînement des équipages) des délais nécessaires à l'intégration dans le MANEX des procédures relatives à l'activité SPA.HHO et à la délivrance par les services de l'aviation civile de l'agrément de cette activité compte tenu des dates contractuelles prévues de mise en place de cette activité ;
- la surcharge de travail générée par la mise en place de l'activité SPA.HHO et de la formation associée.



### 3.3 Enseignements de sécurité

#### **Respect du Manuel d'exploitation (MANEX)**

Dès les premières formations réalisées, le pilote instructeur, également responsable désigné de la formation et entraînement des équipages (RDFE) et en charge de la mise en place et l'organisation de la formation pour l'obtention de l'agrément spécifique à l'hélicoptère, s'est écarté de la formation prévue dans le MANEX.

L'instructeur a confirmé que, compte tenu de l'expérience des personnels devant être formés (nombre d'heures de vol, nombre de treuillages, expérience du secours en montagne les saisons précédentes), le programme de la formation transmis aux stagiaires le vendredi 4 décembre prenait en compte l'adaptation pour la partie vol de la formation SPA.HHO « Initial » et sa fusion avec la formation SPA.HHO « Avancé Montagne ».

Le programme de formation SPA.HHO prévu par le MANEX, même adapté, ne prévoyait pas de pouvoir fusionner et/ou dispenser en simultanément les formations Initiale et Avancé, ni de diminuer le nombre de vols pour la formation Avancé.

Le respect du MANEX, rédigé à l'issue d'une analyse de sécurité, constitue le socle minimum à respecter pour former les équipages puis réaliser l'ensemble des opérations prévues tout en atténuant les risques associés à ces activités.

La rédaction d'un MANEX doit être vue par l'ensemble des personnels de l'exploitant comme un outil pour les aider à réaliser les vols en sécurité et les responsables désignés qui l'ont eux-mêmes élaboré devraient a fortiori s'astreindre à le respecter scrupuleusement.

Le respect du MANEX peut également être un moyen de résister aux pressions temporelles et financières pour les personnes en charge de sa mise en application.

## 4 MESURES DE SECURITE PRISES DEPUIS L'OCCURRENCE

#### **Agrément SPA.HHO de SAF HELICOPTERES**

Le lendemain de l'accident, la DSAC-CE a suspendu l'agrément SPA.HHO de la société SAF HELICOPTERES.

Le 5 janvier 2021, SAF HELICOPTERES après avoir apporté des modifications au programme de formation SPA.HHO a demandé à la DSAC-CE la levée de la suspension d'agrément.

Le 26 janvier 2021, la DSAC-CE a levé la suspension pour les activités de jour.

#### **Organisation de SAF HELICOPTERES**

SAF HELICOPTERES a depuis l'accident procédé à une modification de l'organisation des Responsables Désignés en affectant des ressources humaines supplémentaires en particulier :

- la nomination d'adjoints aux différents Responsables Désignés ;
- la nomination d'un Officier de sécurité des vols (OSV) pour certaines activités particulières (SAMU, opération de levage et de secours) ;
- l'augmentation du nombre de personnes en charge de la sécurité et de la conformité ;
- la création d'un bureau d'étude qui participe entre autres à l'amélioration de la documentation, aux études opérationnelles et analyses de sécurité.

## 5 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

*Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.*

### Gestion de la sécurité de nouvelles activités

La délivrance d'un agrément pour une activité par les services de l'aviation civile indique que, par la mise en place de procédures adaptées, l'exploitant a pu démontrer à la fois sa capacité à répondre aux exigences réglementaires (traçabilité, suivi, navigabilité, compétence des équipages) mais également que les procédures mises en place permettent de garantir un niveau de sécurité suffisant pour l'exercice de ses activités.

L'enquête a toutefois montré que SAF HELICOPTERES n'avait pas clairement défini les objectifs opérationnels visés au travers de l'obtention de l'agrément spécifique à l'utilisation du treuil en transport aérien commercial (SPA.HHO), notamment l'agrément SPA.HHO « nuit ». L'absence de précision concernant le contexte opérationnel envisagé au travers de l'obtention de l'agrément SPA.HHO pose la question des bases sur lesquelles SAF HELICOPTERES :

- a réalisé l'étude d'impact sur la sécurité relative à l'agrément SPA.HHO ; et
- a défini la formation associée et déterminé que les pilotes en formation disposaient d'une expérience, notamment de nuit, leur permettant de suivre cette formation.

À titre d'exemple, SAF HELICOPTERES a précisé au BEA au cours de l'enquête que l'objectif opérationnel visé était de pouvoir terminer après la tombée de la nuit des opérations de secours en montagne débutées en fin de journée. Il n'était pas prévu de déclencher des opérations d'hélicoptère après la tombée de la nuit. Cette restriction d'exploitation, que SAF HELICOPTERES a indiqué vouloir s'imposer, n'était pas clairement mentionnée dans le Manuel d'exploitation (MANEX) de la société. Si le premier vol effectué le jour de l'accident à la nuit tombante pouvait s'inscrire dans ce cadre opérationnel, le deuxième vol effectué lors d'une nuit pleinement établie, sans lune, introduisait des difficultés supplémentaires qui allaient au-delà du cadre opérationnel évoqué par SAF HELICOPTERES.

La cartographie des risques rédigée par SAF HELICOPTERES laisse supposer que l'étude d'impact sur la sécurité :

- n'a pas été l'occasion d'explorer les facteurs de risques spécifiques à l'exploitation à la fois de nuit et en montagne ;
- a presque exclusivement porté sur la phase de treuillage qui caractérise l'activité SPA.HHO, sans traiter explicitement des phases d'arrivée et de départ du site d'intervention, qui impliquent un vol d'avancement à proximité du relief ;
- n'intégrait pas de volet spécifique aux vols de formation entrepris dans le cadre de cet agrément SPA.HHO.

L'analyse des risques n'a pas été approfondie au-delà de la cartographie. La portée attendue des barrières listées dans cette cartographie n'a pas été précisée non plus.

Lorsque l'hélicoptère est entré en collision avec le relief, l'exercice de treuillage était terminé et il était attendu du pilote en formation qu'il prenne la direction du retour vers l'aérodrome. De ce point de vue, on pourrait considérer que l'accident ne matérialise pas un risque spécifique à l'agrément SPA.HHO. Cependant, l'accident a mis en évidence deux facteurs de risques spécifiques au contexte du programme de formation SPA.HHO :

- vol à proximité directe du relief en montagne et de nuit, dans des conditions d'éclairage naturel ne permettant pas de distinguer les obstacles proches, environnement pour lequel l'expérience du pilote en formation était probablement surestimée ;
- vol combinant la formation du pilote et du treuilliste, soit dans un contexte susceptible de multiplier les aléas, les points d'attention et les besoins de coordination entre le poste de pilotage et l'arrière.

Ces facteurs de risques spécifiques n'avaient pas été anticipés par SAF HELICOPTERES au travers de l'étude d'impact sur la sécurité réalisée en vue de l'agrément SPA.HHO.

Plus particulièrement, le niveau de clarté de la nuit (nuit claire ou nuit sombre) ne constituait pas un critère décisionnel et limitatif à la réalisation d'un vol de nuit en montagne à proximité immédiate du relief.

**En conséquence, le BEA recommande que :**

- **SAF HELICOPTERES définisse le contexte et les limites opérationnels des vols de secours en montagne de jour et de nuit (incluant ou non de l'hélitreuillage) afin de réaliser l'étude d'impact sur la sécurité relative à cette activité et de déterminer la formation et les critères d'expérience associés.**  
[Recommandation FRAN-2022-017]
- **SAF HELICOPTERES s'assure que le contexte et les limites opérationnels de l'ensemble de ses vols soient définis afin de conduire une analyse des risques adaptée.**  
[Recommandation FRAN-2022-018]

## Annexes

Annexe 1 : Limitations .....	85
Annexe 2 : Performances, Masse et centrage.....	88
Annexe 3 : Examen détaillé des moteurs et des interfaces en cockpit .....	90
Annexe 4 : Examen des calculateurs .....	97
Annexe 5 : Fiches de séances de vol pilote SPA.HHO « Initial ».....	102
Annexe 6 : Programme des vols SPA.HHO « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit » .....	103
Annexe 7 : Cartes d'observation satellitaires sur la période 16 h – 17 h 30 .....	104
Annexe 8 : Formation SPA.HHO (Partie TCM) .....	107
Annexe 9 : Cartographie des risques associée à l'activité SPA.HHO .....	109

## Annexe 1 : Limitations

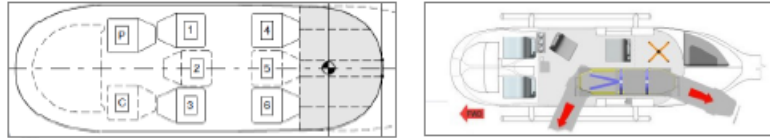
Extrait du MANEX B QRH EC135-T1 motorisé par deux moteurs Arrius 2B1A\_1

### 1 Limitations 1

#### Limitations opérationnelles

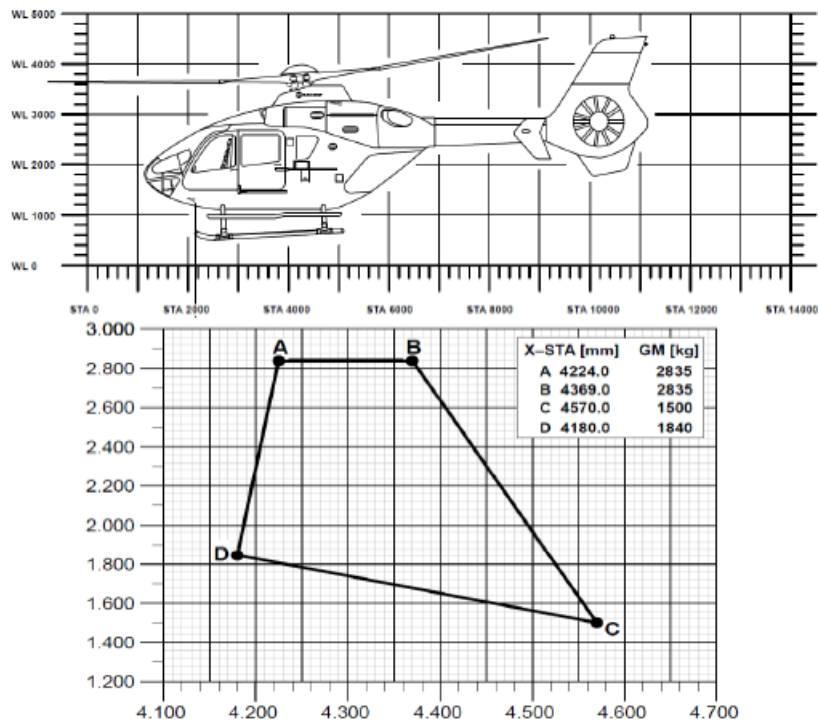
Certification : Voir EASA Type Certificate (TCDS) N° R.009 – EC 135

Configuration : 6 sièges passagers – 1 siège pilote ou sanitaire (voir schémas)



Type d'opération approuvée: VFR jour/nuit mono pilote. Vol en condition givrante et manœuvres acrobatiques **interdit**.

#### Limitations masse et centrage



<b>1</b>	<b>Limitations</b>	<b>1</b>
----------	--------------------	----------

<b>Limitations paramètres</b>
-------------------------------

Paramètres	Limitations
Masse maximale	2835 kg
Masse minimale	1500 kg
VNE	<b>155kt</b> (ou tableau VNE)
VNE OEI	<b>110kt</b> (ou tableau VNE)
VNE autorotation	<b>90kt</b> (ou tableau VNE)
Température minimale d'utilisation	- 35°C
Température maximale d'utilisation	ISA + 39°C et <50°C
Altitude maximale d'utilisation (Limitation Manuel de vol)	20 000 ft
Altitude maximale sans oxygène (Limitation transport public)	30min maximum entre 10 000ft et 13 000ft max
Vent maximal pour mise et arrêt rotor	50 kt

#### Limitations NR

Régimes	Avec puissance	Sans puissance
<u>Minimal transitoire</u> (20 s. maxi)	85 %	
<u>Minimal continu</u>		
1500 kg ≤ MT ≤ 1900 kg	95 %	80 %
1900 kg ≤ MT	95 %	85 %
<u>Maximal continu</u>	104 %	106 %
<u>Maximal transitoire</u> (20 s. maxi)		112 %

#### Limitations de pente

Limitations de pente	Avec Indication MM	Sans Indication MM
A piquer	8° maxi	6° maxi
A cabrer	12° maxi	6° maxi
En latéral	14° maxi	6° maxi

<b>1</b>	<b>Limitations</b>	<b>1</b>
<b>Limitations GTM</b>		

*Limitations des moteurs (Turbomeca Arius 2B1A\_1)*

Régime d'utilisation	Limites Transmission (Hélicoptère)  Couple maxi %	Limites d'Utilisation des Moteurs		
		TOT Maxi. °C	Régime N1 Maxi/IND ΔN1 (Générateur de gaz) %	Régimes N2 Maxi. (Arbre de sortie) %
Transitoire de démarrage		895 (5 s.)		
Démarrage		810		
Transitoire			65 mini.	85mini 108 maxi.
Puissance partielle				106(≤10% TQ)
<b>AEO</b>				
Régime de décollage(5 mn)	$V \leq V_y : 2 \times 75$	895	-1,5	104
Régime maxi. continu	2 x 69	855	-2,4	104
<b>OEI</b>				
Régime 2 mn 30	128	945	+2,6	104
Régime maxi. continu	86	895	0	104

## Annexe 2 : Performances, Masse et centrage

Extrait du MANEX B QRH EC135-T1 motorisé par deux moteurs Arrius 2B1A\_1

### 4 **PERFORMANCES** 4

#### CP3 : Stationnaire AEO HES

**Tableau n°9 : Masses maximales permettant un stationnaire hors effet de sol tous moteurs en fonctionnement.**

OAT \ Zp	0 ft	1000 ft	2000 ft	3000 ft	4000 ft	5000 ft	6000 ft	7000 ft	8000 ft							
-15°C	2835	2835	2835	2835	2835	2835	2835	2835	2830							
-10°C									2820							
-5°C									2815							
0°C									2805							
5°C									2800							
10°C									2825	2715						
15°C									2720	2610						
20°C									2730	2610	2510					
25°C									2720	2625	2515	2410				
30°C									2720	2620	2520	2420	2310			
35°C									2720	2625	2510	2425	2325	2220		
40°C									2820	2705	2600	2500	2400	2310	2225	

**Masse maximale permettant de maintenir le stationnaire HES AEO.**

► Conditions : sur 2 GTM : vent nul, prélèvement de P2 coupé, Puissance de décollage.

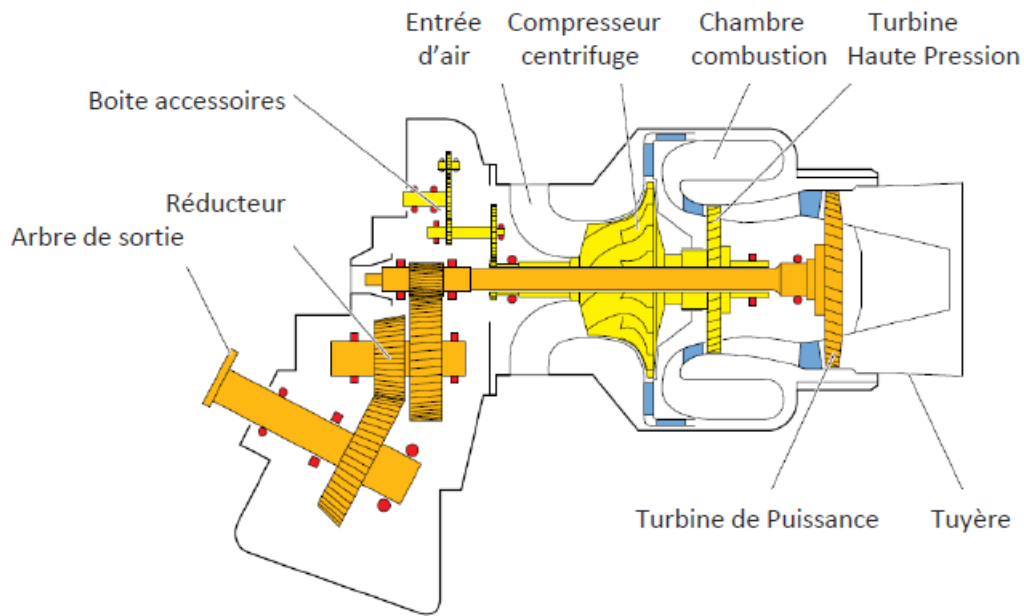




## Annexe 3 : Examen détaillé des moteurs et des interfaces en cockpit

### 1. Généralités

L'EC135-T1 est équipé de moteurs Arrius 2B1A1 dont le schéma de principe est représenté ci-dessous.



**Figure 28 : détail des composants du moteur**

### 2. Systèmes de commande moteur dans le cockpit

La vanne coupe-feu du moteur gauche est en position ouverte. La position de celle du moteur droit n'a pas pu être déterminée.

Les deux leviers de commande de pas collectif ont été retrouvés séparés de la cellule. La poignée tournante sur l'un des leviers est sur la position « flight », la position de la seconde poignée tournante n'a pas pu être déterminée, cette dernière étant rompue.



**Figure 29 : poignées tournantes**

La destruction du poste de pilotage et les endommagements relevés sur la console centrale supérieure n'ont pas permis de déterminer la position des différents sélecteurs et interrupteurs au moment de l'accident.

### 3. Capotages moteur

Le capot du moteur gauche est resté en place sur l'hélicoptère et apparaît visuellement intact. Le capot du moteur droit a été endommagé et en partie arraché, laissant le moteur partiellement exposé.

Les capotages à l'avant du compartiment BTP et incluant les entrées d'air extérieur ne sont plus présents et ont été totalement détruits.

### 4. Entrées d'air des moteurs

Les plénums des deux moteurs sont en place. Celui du moteur gauche est peu endommagé. Celui du moteur droit, bien que complet, est très déformé.



**Figure 30 : plénums des moteurs gauche et droit**

Les deux plénums ne sont pas obstrués mais contiennent de petits débris provenant de l'hélicoptère ainsi que de nombreux branchages d'arbres résineux (sapins).



**Figure 31 : débris observés dans le plénum du moteur gauche**



**Figure 32 : débris observés dans le plénum du moteur droit**

#### **5. Circuit d'alimentation en carburant**

Les supports des commandes de contrôle de débit manuel sont déformés. Le levier de la commande du moteur gauche est rompu. La position de ces commandes n'est donc représentative de la situation avant la collision avec les arbres.

Les tuyauteries souples d'alimentation en carburant des deux moteurs sont en place. Les écrous sont serrés et les fils frein sont en place. Aucune anomalie n'a été constatée.

#### **6. Circuit d'huile**

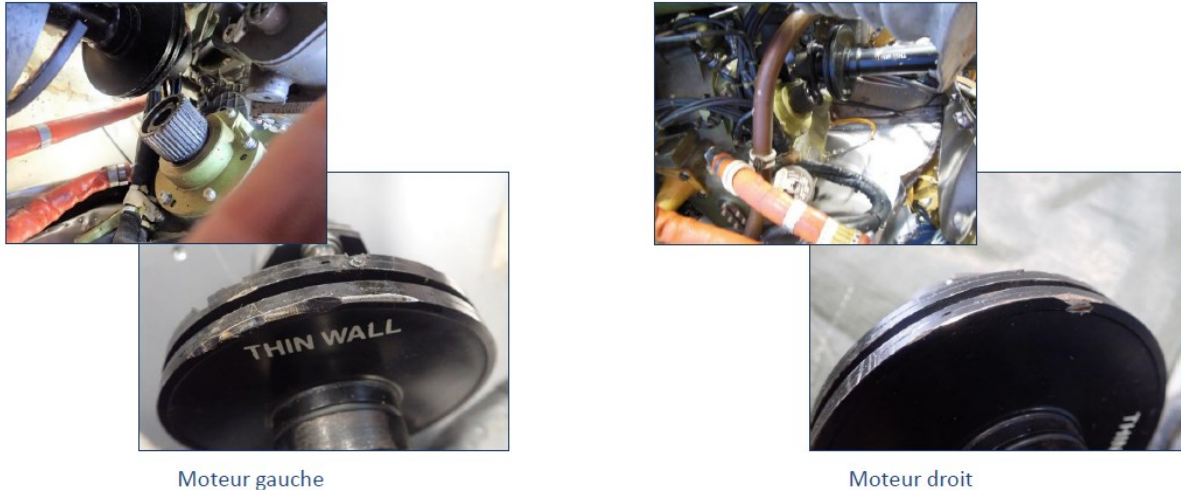
Les tuyauteries souples du circuit d'huile des deux moteurs sont en place, raccordées et ne présentent aucun endommagement. Aucune anomalie n'a été constatée.

#### **7. Attaches moteur**

Les supports du moteur gauche ne présentent pas de déformation visible. Pour le moteur droit, le support avant extérieur est rompu et le support arrière est fléchi. Ces endommagements, qui résultent de la collision avec les arbres ou le sol, ont modifié significativement le positionnement du moteur par rapport à la BTP.

#### **8. Transmission de puissance**

Les arbres de transmission de puissance entre les deux moteurs et la BTP sont connectés en entrée de la BTP mais sont désengagés des arbres cannelés en sortie des moteurs. Le désengagement des deux arbres de transmission indique un écartement important entre les deux moteurs et la BTP et sont liés à la collision avec le sol. Après leur désengagement, les arbres de transmission sont venus en contact avec les carter moteurs et avec les arbres cannelés de sortie de puissance moteur. Les traces de frottements sur les arbres de transmission de puissance sont de faible amplitude (secteur angulaire) ce qui indique une absence de rotation de ces derniers.



Moteur gauche

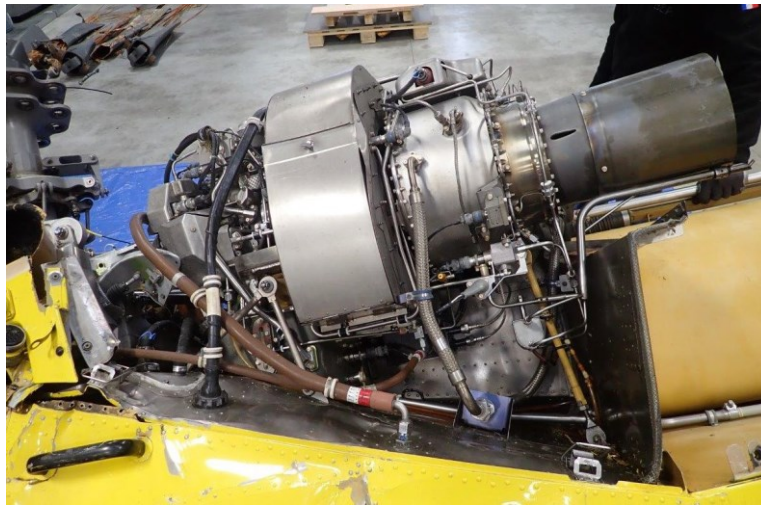
Moteur droit

**Figure 33 : Position des arbres de transmission et traces d'interférence****9. Prolongateur de tuyère**

Le prolongateur du moteur gauche est en place et présente de légères déformations à son extrémité. Le prolongateur de tuyère du moteur droit est en place mais très endommagé (écrasement).

**10. Examen détaillé du moteur n° 1 (gauche) s/n 30206**

Le moteur ne présente pas de dommage significatif visible.

**Figure 34 : vue d'ensemble du moteur gauche****10.1 Module 1**

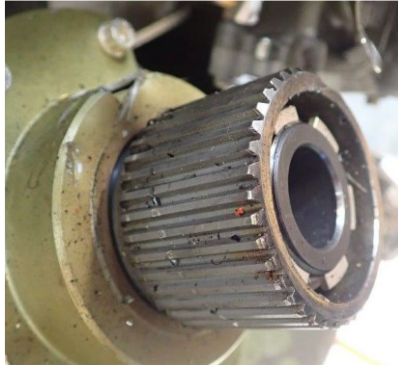
Le module 1 était en bonne condition générale.

Après la dépose du démarreur de la boîte accessoire, la rotation manuelle de l'arbre a entraîné la rotation du générateur de gaz a permis de vérifier la continuité de la chaîne cinématique complète du moteur. Aucun point dur ou bruit anormal n'a été décelé lors de cet essai.

La rotation manuelle de l'arbre de sortie de puissance du moteur a entraîné la rotation de la turbine de puissance sans point dur ni bruit anormal, confirmant la continuité de la chaîne cinématique de puissance.

Le flasque situé entre le carter et l'arbre de sortie cannelé a reçu plusieurs impacts. La position de ces impacts est en cohérence avec la position de l'arbre de transmission de puissance qui a été constatée sur l'épave.

Les cannelures de l'arbre de sortie montrent de traces de contacts de faible profondeur et de faible largeur formant des trajectoires hélicoïdales, ce qui indique que l'arbre de sortie moteur tournait lors du désaccouplement de l'arbre de transmission. L'absence d'arrachement de matière en extrémité des cannelures indique un faible couple lors du désaccouplement.



**Figure 35 : arbre cannelé et flasque**

L'ensemble de ces observations indique que le moteur et la BTP se sont, dans un premier temps, écartés avant de se rapprocher.

## 10.2. Module 2

Le module 2 est en bonne condition.

Les pales du compresseur et les aubes du diffuseur centrifuge sont en bon état, sans dommage apparent, ni érosion. De nombreux débris de petite taille sont présents et en cohérence avec les débris observés dans le plénum. Une légère trace de touche est observée en sommet de pale du rouet. Il n'est pas possible de déterminer si cette touche résulte de l'accident ou si elle était antérieure. Toutefois, cette trace de touche est superficielle et n'a pas d'incidence sur le fonctionnement du compresseur.

L'examen endoscopique de la chambre de combustion, de la turbine haute pression et de la turbine de puissance a montré que ces organes sont propres et en bon état. De légères traces de contact rotor/stator ont été décelées sur la turbine de puissance. La nature de ces traces de contact n'a pas affecté le fonctionnement de cette dernière.

## 11. Équipements

La grille d'entrée d'air est en place et en bon état. De nombreux débris de petite taille sont incrustés dans la grille et en cohérence avec la nature des débris retrouvés dans le plénum.

L'ensemble des tuyauteries et des faisceaux électriques sont en place et en bon état. Les raccords des tuyauteries sont serrés et les connecteurs des faisceaux sont connectés et serrés.

La tuyère est en place et en bon état.

Le filtre à carburant et son réceptacle sont propres, aucune trace de carburant n'est visible, l'indicateur de colmatage n'est pas apparent.

Le filtre à huile et son réceptacle sont propres, de l'huile est présente dans le réceptacle, l'indicateur de colmatage n'est pas apparent.

Les deux bouchons magnétiques ne présentent pas de particule ou de dépôt significatif.

Le HMU est en place et ne présente aucune anomalie. L'ensemble des tuyauteries et faisceaux sont correctement raccordés.

L'ensemble clapet et sa protection sont en place et ne présentent aucun dommage.

## 12. Examen détaillé du moteur n° 2 (droit) s/n 30045

Le moteur présente plusieurs dommages significatifs au niveau des équipements externes.



**Figure 36 : vue d'ensemble du moteur gauche**

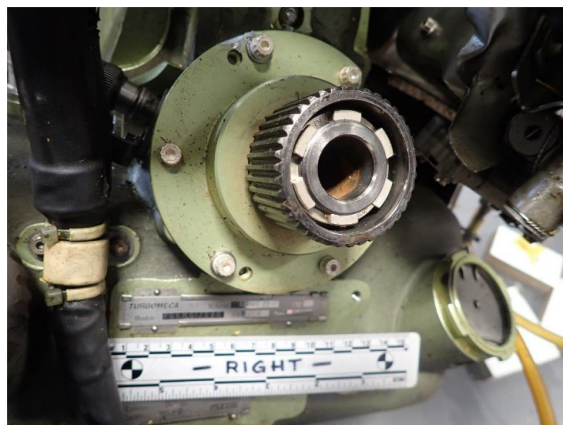
### 12.1. Module 1

Le module 1 était en bonne condition générale.

Après la dépose du démarreur de la boîte accessoire, la rotation manuelle de l'arbre a entraîné la rotation du générateur de gaz a permis de vérifier la continuité de la chaîne cinématique complète du moteur. Aucun point dur anormal n'a été décelé lors de cet essai, seul un faible bruit typique d'un léger frottement a été détecté.

La rotation manuelle de l'arbre de sortie de puissance du moteur a entraîné la rotation de la turbine de puissance sans point dur ni bruit anormal, confirmant la continuité de la chaîne cinématique de puissance.

Le flasque situé entre le carter et l'arbre de sortie cannelé a reçu un impact en partie supérieure. La position de cet impact est en cohérence avec la position de l'arbre de transmission de puissance qui a été constatée sur l'épave. Les cannelures de l'arbre de sortie montrent deux traces de contacts de faible profondeur et de faible largeur formant des trajectoires hélicoïdales, ce qui indique que l'arbre de sortie moteur tournait lors du désaccouplement de l'arbre de transmission. L'absence d'arrachement de matière en extrémité des cannelures indique un faible couple lors du désaccouplement.



**Figure 37 : arbre cannelé et flasque**

L'ensemble de ces observations indique que le moteur et la BTP se sont, dans un premier temps, écartés avant de se rapprocher.

## 12.2. Module 2

Le module 2 est en bonne condition.

Les pales du compresseur et les aubes du diffuseur centrifuge sont en bon état, sans dommage apparent, ni érosion. De nombreux débris de petite taille sont présents et en cohérence avec les débris observés dans le plénum. Une légère trace de touche est observée en sommet de pale du rouet. Il n'est pas possible de déterminer si cette touche résulte de l'accident ou si elle était antérieure. Toutefois, cette trace de touche est superficielle et n'a pas d'incidence sur le fonctionnement du compresseur.

L'examen endoscopique de la chambre de combustion, de la turbine haute pression et de la turbine de puissance a montré que ces organes sont propres et en bon état. Des traces de contact rotor/stator ont été décelées sur la turbine de puissance. La nature de ces traces de contact n'a pas affecté le fonctionnement de cette dernière.

## 13. Équipements

La grille d'entrée d'air est en place et en bon état. De nombreux débris de petite taille sont incrustés dans la grille et en cohérence avec la nature des débris retrouvés dans le plénum.

Quelques débris fibreux sont plaqués à l'intérieur de la grille à des endroits qui ne correspondent ni au point bas lorsque l'hélicoptère est sur ses patins, ni au point bas correspondant à la position de l'épave sur le site. Cette observation peut indiquer un souffle de l'intérieur du moteur vers l'extérieur résultant d'un pompage moteur après l'ingestion de débris.

L'ensemble des tuyauteries sont en place et leurs raccords sont connectés et serrés. Néanmoins plusieurs d'entre elles sont déformées ou localement écrasées.

La plupart des faisceaux électriques sont en place et les connecteurs des faisceaux sont connectés et serrés. Seuls les connecteurs du boîtier de raccordement des faisceaux du harnais pyrométrique sont arrachés. Ce boîtier est situé à proximité des tuyauteries ayant été endommagées.

La tuyère est en place mais fortement endommagée très probablement par le contact avec le sol.

Le filtre à carburant et son réceptacle sont propres, aucune trace de carburant n'est visible, l'indicateur de colmatage n'est pas apparent.

Le filtre à huile et son réceptacle sont propres, de l'huile est présente dans le réceptacle, l'indicateur de colmatage n'est pas apparent.

Les deux bouchons magnétiques ne présentent pas de particule ou de dépôt significatif.

Le HMU est en place et ne présente aucune anomalie. L'ensemble des tuyauteries et faisceaux sont correctement raccordés.

L'ensemble clapet et sa protection sont en place. La plaque de protection est enfoncée et de la matière végétale a été retrouvée à proximité.



## Annexe 4 : Examen des calculateurs

### 1. ECU

L'ECU (*Engine Control Unit*) est un calculateur numérique assurant la régulation du débit carburant et la gestion des paramètres moteur. Des informations de pannes et leur contexte sont enregistrés dans une mémoire non volatile à des fins d'aide à la maintenance.

#### 1.1. Généralité sur les données enregistrées par les calculateurs

Dès que le calculateur est alimenté deux compteurs sont incrémentés :

- compteur de temps total de fonctionnement « Total time » depuis la sortie d'usine ;
- compteur de temps de mise sous tension « Power On time » depuis le démarrage du vol.

Ce dernier repart de zéro à chaque mise sous tension.

Le calculateur déclenche l'enregistrement d'un bloc de « contexte de panne » lorsqu'une panne moteur ou calculateur est détectée. Il enregistre alors les paramètres moteur principaux, les états des entrées et sorties logiques, le mode de régulation et les messages de pannes. Jusqu'à huit blocs de « contexte de pannes » peuvent être enregistrés.

Les blocs associés au vol de l'événement ont pu être identifiés grâce aux valeurs des compteurs.

Les données enregistrées dans les blocs de données sont les suivantes :

Désignation	Unité de mesure
N1 : Vitesse du générateur de gaz	% (100 % = 54 117 tr/min)
N2 : Vitesse de la turbine libre	% (100 % = 44 038 tr/min)
P0 : Pression atmosphérique	mBar
P3 : Pression de la chambre à combustion	Bar
T1 : Température de l'air ambiant	°C
T4 : Température en sortie de la turbine haute pression	°C
Pas du collectif	%
Couple	% (100 % = 665 Nm)
Valeur de consigne N1	%
Valeur de consigne débit carburant	l/hr
Entrées logiques	
Sorties logiques	
Occurrence (type de panne)	

#### 1.2. Données enregistrées

Les calculateurs étaient dans un état permettant leur remise sous tension. Ils ont été connectés sur banc et les données ont été déchargées.

##### Calculateur n°1 (s/n 6ALD0133CE)

Le bloc n°3 correspondait au vol de l'accident. Pour ce bloc, le « total time » était de 1 786,5 h et le « power on time » de 54 min 34.

##### Calculateur n°2 (s/n 6ALD0116CE)

Le bloc n°1 correspondait au vol de l'accident. Pour ce bloc, le « total time » était de 7 053,3 h et le « power on time » de 54 min 33.

## Synthèse des données enregistrées

Le tableau ci-dessous résume les données enregistrées dans le bloc n°3 du calculateur du moteur gauche et celles du bloc n°1 du calculateur du moteur droit :

Désignation	Calculateur n°1 (moteur gauche), bloc n°3	Calculateur n°2 (moteur droit), bloc n°1
Temps total de fonctionnement	1 786,5 h	7 053,3 h
Temps depuis dernière mise sous tension	54 min 34	54 min 33
N1	92,5 %	93,9 %
N2	99,1 %	98,2 %
P0	807 mbar	805 mbar
P3	5,81 Bar	6,00 Bar
T1	4,4 °C	1,4 °C
T4	722,8 °C	728,8 °C
Collective pitch	61,6 %	56,2 %
Couple	39,6 %	42,0 %
Consigne N1	105 %	98,7 %
Consigne débit carburant	146,3 l/hr	150,3 l/hr
Entrées logiques	Vol	Vol
Sorties logiques	Mode régulation dégradé	Mode régulation dégradé
Occurrence	Panne Pas Collectif (externe)	Panne Pas Collectif (externe)

### 1.3. Exploitation des données

Les deux calculateurs ont enregistré quasi simultanément l'occurrence « Panne Pas Collectif ». Ce message indique la détection d'une valeur invalide dans la chaîne de mesure de recopie de la position du Pas Collectif. Le calculateur déclare le signal invalide lorsque :

- la valeur est hors limites (inférieure à 7 % ou supérieure à 93 %) ;
- la variation de la valeur dépasse un gradient de 200 %/sec.

À la suite de cette occurrence, la valeur du signal du « Pas Collectif » n'est plus prise en compte par le système de régulation et est remplacée par une valeur de recueil. Le système de régulation envoie également un signal au système avionique qui indique alors le message « DEGRADE » synonyme de fonctionnement du système de régulation en mode automatique dégradé lié à l'utilisation de la valeur de recueil. Le système de régulation continue de contrôler le moteur en mode automatique.

Les paramètres du moteur n°1 montrent que ce dernier fonctionnait à 92,5 % de N1, soit 50 058 tr/mn, que la température des gaz en sortie de turbine haute pression était de T4=722,8 °C et que le moteur délivrait 39,6 % de couple soit 263 Nm. La vitesse de la Turbine Libre était de 99,1 %, soit 43 642 tr/mn. La valeur en N1 était inférieure à la limite de 54 009 tr/mn dans les conditions de vol relevées par le calculateur. Les valeurs en T4 et couple étaient inférieures aux limites acceptables par le moteur à la PMC de 855 °C et 75,1 % respectivement. La vitesse N2 était dans la plage d'utilisation autorisée sans limite de durée en vol de 94 % < N2 < 106 %.

Les paramètres du moteur n°2 montrent que ce dernier fonctionnait à 93,9 % de N1, soit 50 816 tr/mn, que la température des gaz en sortie de turbine haute pression était de T4=728,8°C et que le moteur délivrait 42 % de couple soit 279 Nm. La vitesse de la Turbine Libre était de 98,2 %, soit 43 245 tr/mn.

La valeur en N1 était inférieure à la limite de 54 009 tr/mn dans les conditions de vol relevées par le calculateur. Les valeurs en T4 et couple étaient inférieures aux limites acceptables par le moteur à la PMC de 855 °C et 75,1 % respectivement. La vitesse N2 était dans la plage d'utilisation autorisée sans limite de durée en vol de  $94 \% < N2 < 106 \%$ .

Ces données indiquent ainsi que, lors de l'enregistrement des occurrences « Panne Pas collectif », les moteurs délivraient de la puissance, qu'ils étaient dans un mode de régulation cohérent avec des conditions de vol (mode de régulation automatique et position « Vol ») en mode dégradé provenant de la « Panne Pas Collectif » et qu'ils n'avaient atteint aucune des limites.

#### **1.4. Positionnement de la panne dans la séquence de l'accident**

En générant une panne artificielle, il a été possible de déterminer la temporalité de la perte d'alimentation des calculateurs :

- entre 0 et 1 minute après l'enregistrement du bloc 3 sur le calculateur n°1 ;
- entre 0 et 3 minutes après l'enregistrement du bloc 1 sur le calculateur n°2.

Chaque calculateur est alimenté par l'alternateur du moteur associé et par le réseau de bord 28 V de la batterie.

## **2. DTS**

Calculateur GNSS qui transmet les positions de l'aéronef à la station sol à un échantillonnage d'un point par minute. Si une carte SD est insérée en façade, les positions sont enregistrées toutes les secondes. Le DTS peut également être connecté au Brite Saver, dans ce cas les positions sont enregistrées dans le Brite Saver toutes les secondes si la liaison d'échange de données entre le DTS et le Brite Saver a été activée<sup>40</sup> dans le fichier de configuration du Brite Saver.

Le DTS ne contient pas de mémoire interne enregistrant les paramètres de position. Aucune donnée n'a été récupérée.

#### **2.1. Carte SD du DTS**

Sur la carte SD retrouvée dans l'épave, 102 fichiers de données de vol étaient présents, ainsi que 102 fichiers de journaux d'événement associés. Les plus récents dataient du 05/07/2014. Au vu des données enregistrées, la carte SD n'était probablement pas insérée dans le boîtier DTS lors du vol de l'événement.

Aucune donnée relative au vol de l'événement n'a été récupérée.

#### **2.2. Carte SD insérée en façade du Brite Saver**

Le Brite Saver est un calculateur qui enregistre des paramètres moteurs et des paramètres de vol à des fins d'aide à la maintenance. Les données du Brite Saver sont enregistrées dans une carte SD insérée en façade et dans une mémoire interne au calculateur. Les données sont transférées sur une mémoire tampon avant d'être écrites par paquets représentant environ 8 secondes de vol sur la carte SD et la mémoire interne. En cas d'arrêt brutal du calculateur, jusqu'à 8 secondes de données peuvent être perdues.

Les données présentes sur la carte SD ont été extraites et décodées.

---

<sup>40</sup> Activation logicielle.

Pour la journée du 8 décembre 2020, 18 mises sous tension (MST) étaient enregistrées. Les paramètres suivants étaient enregistrés toutes les secondes :

Paramètre	Unité	Commentaire
Date/heure	hh:mm:ss	Temps du Brite Saver <sup>41</sup>
NG 1 et NG 2	%	Vitesse du générateur de gaz (moteur 1 ou 2)
NF 1 et NF 2	%	Vitesse de la turbine libre (moteur 1 ou 2)
NR	%	Vitesse du rotor principal
T4 1 et T4 2	°C	Température à la sortie de la chambre de combustion (moteur 1 ou 2)
Couple 1 et Couple 2	%	Couple du moteur 1 et du moteur 2
Température extérieure	°C	-
Température compensation	°C	Non utilisée
ZP	ft	Altitude pression - non enregistrée <sup>42</sup>
Température d'huile 1 et Température d'huile 2	°C	Température d'huile du moteur 1 et du moteur 2
Température interne	°C	Température interne du calculateur
Tension	V	Tension de la batterie
Contact patin <sup>43</sup>	booléen	1 = contact avec le sol 0 = pas de contact

L'examen des données archivées du Brite Saver montre que la liaison avec le DTS était activée jusqu'au 2 juin 2019 et les données GNSS étaient enregistrées par le Brite Saver. À partir du 3 juin 2019, les données GNSS n'apparaissent plus dans les données enregistrées du Brite Saver. L'origine de ce changement n'a pas pu être déterminée.

Sur les 18 MST, 5 correspondaient à des vols :

Numéro de vol	Heures de mise sous tension/hors tension	Heures de décollage et d'atterrissage
1	07 h 22 min 11 08 h 50 min 30	07 h 31 min 13 08 h 47 min 58
2	09 h 10 min 06 09 h 45 min 10	09 h 15 min 16 09 h 42 min 58
3	10 h 13 min 35 11 h 08 min 37	10 h 22 min 37 11 h 06 min 27
4	12 h 34 min 41 13 h 28 min 16	12 h 39 min 18 13 h 24 min 49

<sup>41</sup> La date et l'heure ne sont pas automatiquement recalées par le calculateur car il ne dispose pas de source de temps pour le faire. La date et l'heure sont préconfigurées en usine et doivent être ajustées si nécessaire lors de l'installation puis contrôlées régulièrement. Compte tenu des différents éléments recueillis par ailleurs, l'heure du Brite Saver présente un décalage sur l'heure UTC qui a été estimé approximativement à 28 min 20 (en retard sur l'heure UTC).

<sup>42</sup> L'altitude pression (paramètre ZP) n'était pas enregistrée. Ce paramètre provient normalement d'un capteur de pression inclus dans le kit de montage du Brite Saver.

<sup>43</sup> L'état air/sol est déterminé par un switch mécanique ou ultrason sous le fuselage. Le switch est le moyen primaire de détection de décollage ou atterrissage. Il est doublé par une logique de vol en cas de dysfonctionnement du patin (conditions sur le couple et le régime NR).

5	13 h 52 min 52 14 h 45 min 29	13 h 57 min 00 14 h 43 min 07
---	----------------------------------	----------------------------------

Les deux vols de nuit (vol de l'accident et vol précédent avec changement d'équipage rotor tournant) n'ont pas été enregistrés sur la carte SD. Il s'agit d'un problème connu par le constructeur, probablement dû à une désynchronisation entre la carte SD et le calculateur. Un voyant en façade s'allume alors et l'équipage doit appuyer sur le bouton de synchronisation pour relancer l'enregistrement et récupérer les données manquantes. Ces données sont enregistrées en interne du calculateur même en cas de désynchronisation.

### 3. Brite Saver

Compte tenu de l'absence de données relatives aux deux vols de nuit sur la carte SD insérée en façade, la mémoire interne du Brite Saver a été débrassée, testée électriquement et lue. Le fichier binaire de données a été extrait.

Les paramètres enregistrés sont identiques à ceux qui sont enregistrés sur la carte SD. Une mise sous tension supplémentaire était enregistrée dans la mémoire interne. Le décodage des paramètres a été validé par comparaison avec les vols précédents enregistrés sur la carte SD.

### 4. Warning Unit

Le WU est un panneau d'alarmes qui annonce des situations d'urgence par l'intermédiaire d'alarmes sonores et lumineuses. Une mémoire interne enregistre les 31 derniers changements d'état d'apparition/disparition des alarmes. Ces événements ne sont pas datés. L'enregistrement est uniquement utilisé en cas de microcoupure d'alimentation pour régénérer l'alarme au rallumage.

Le calculateur était endommagé. Le composant mémoire a été débrassé, testé électriquement et lu. Il n'y avait aucune donnée.

### 5. Cockpit Display Unit

Le CDU est un calculateur qui affiche les principaux paramètres moteur, carburant et électriques, ainsi que des alertes de type CAUTION. Les codes d'erreur des ECU et les alertes déclenchées durant les 60 dernières secondes sont enregistrés dans une mémoire interne non volatile.

Le calculateur était endommagé. Le boîtier présentait des déformations et le bouton rotatif de sélection des modes était cassé. Le boîtier a été ouvert pour vérifier l'état des cartes électroniques et vérifier l'absence de court-circuit. Le bouton rotatif a été remplacé. Le calculateur a été mis sous tension en mode maintenance. L'écran du haut s'est révélé cassé. Un condensateur a brûlé. Compte tenu des données récupérées par ailleurs, aucun examen complémentaire n'a été effectué sur ce calculateur.

## Annexe 5 : Fiches de séances de vol pilote SPA.HHO « Initial »

SEANCE VOL HHO N°1 *	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place treuillage</li> <li>• Treuillage d'une charge à différentes hauteurs en espace suffisamment dégagé des obstacles.</li> <li>• Treuillage d'une charge en espace confiné.</li> <li>• Coordination équipage</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE
SEANCE VOL HHO N°2 *	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédures d'urgence :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Panne Génératrice</li> <li>○ Panne moteur treuil</li> <li>○ Panne GTM</li> <li>○ Perte de communication</li> <li>○ Coordination équipage</li> </ul> </li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE
SEANCE VOL HHO N°3	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage 1 et 2 personnels d'intervention</li> <li>• Treuillage civière</li> <li>• Coordination équipage</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE
SEANCE VOL HHO N°4	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle en vol               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Choix site treuillage</li> <li>○ Mise en place</li> <li>○ Reconnaissance</li> <li>○ Procédures normales et d'urgence</li> <li>○ Coordination équipage</li> </ul> </li> </ul>	0h40	Désigné RDFE

## Annexe 6 : Programme des vols SPA.HHO « Avancé Montagne » et « Avancé Nuit »

SEANCE VOL HHO AV MONT n°1	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage avec repères fiables</li> <li>• Trajectoires de sécurité.</li> <li>• Trajectoires de dégagement.</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE

SEANCE VOL HHO AV MONT n°2	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage avec repères complexes.</li> <li>• Treuillage grande hauteur</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE

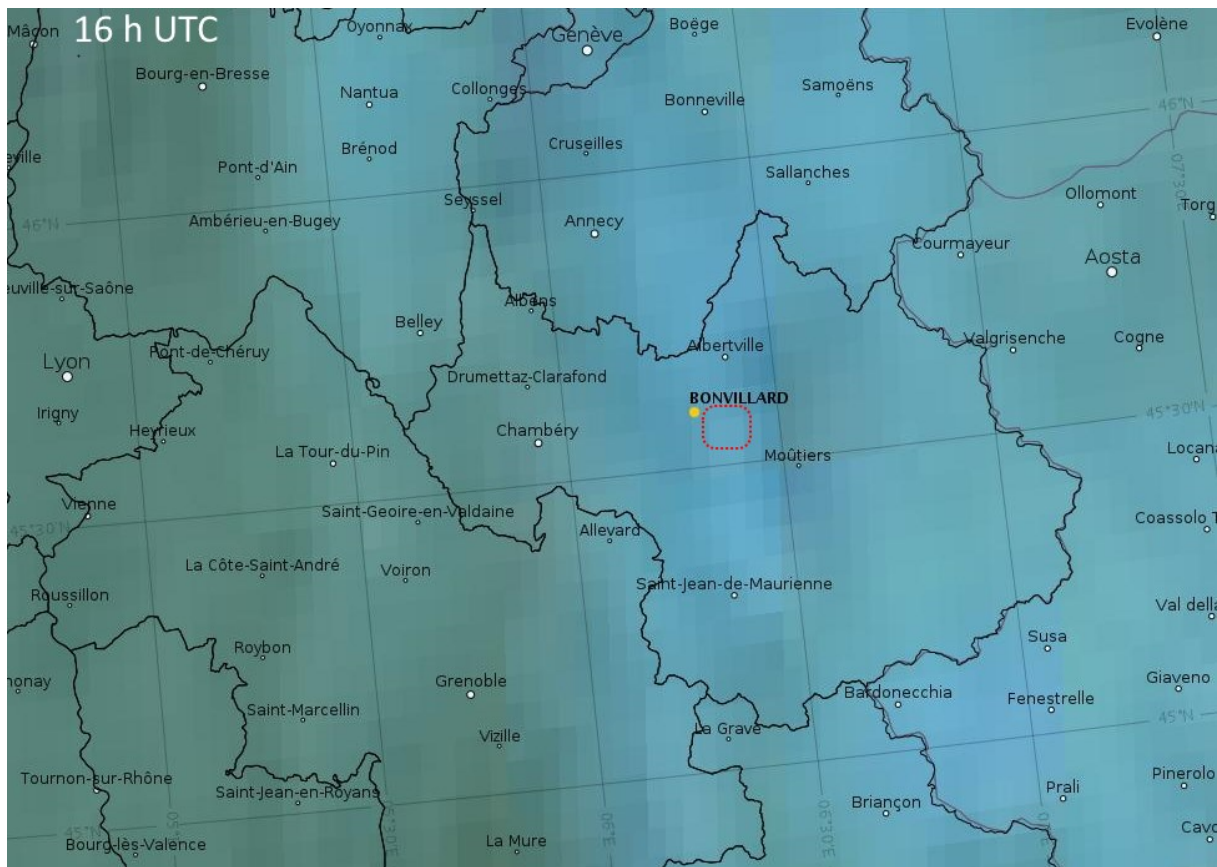
SEANCE VOL HHO AV MONT n°3	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage poulie traction</li> <li>• Treuillage lézard</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE

SEANCE VOL HHO AV NUIT n°1	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage avec repères fiables</li> <li>• Trajectoires de sécurité.</li> <li>• Trajectoires de dégagement.</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE

SEANCE VOL HHO AV NUIT n°2	TEMPS DE FORMATION	FORMATEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treuillage avec repères complexes.</li> <li>• Trajectoires de sécurité.</li> <li>• Trajectoires de dégagement.</li> </ul>	1h00/ 6 treuillages	Désigné RDFE

## Annexe 7 : Cartes d'observation satellitaires sur la période 16 h – 17 h 30

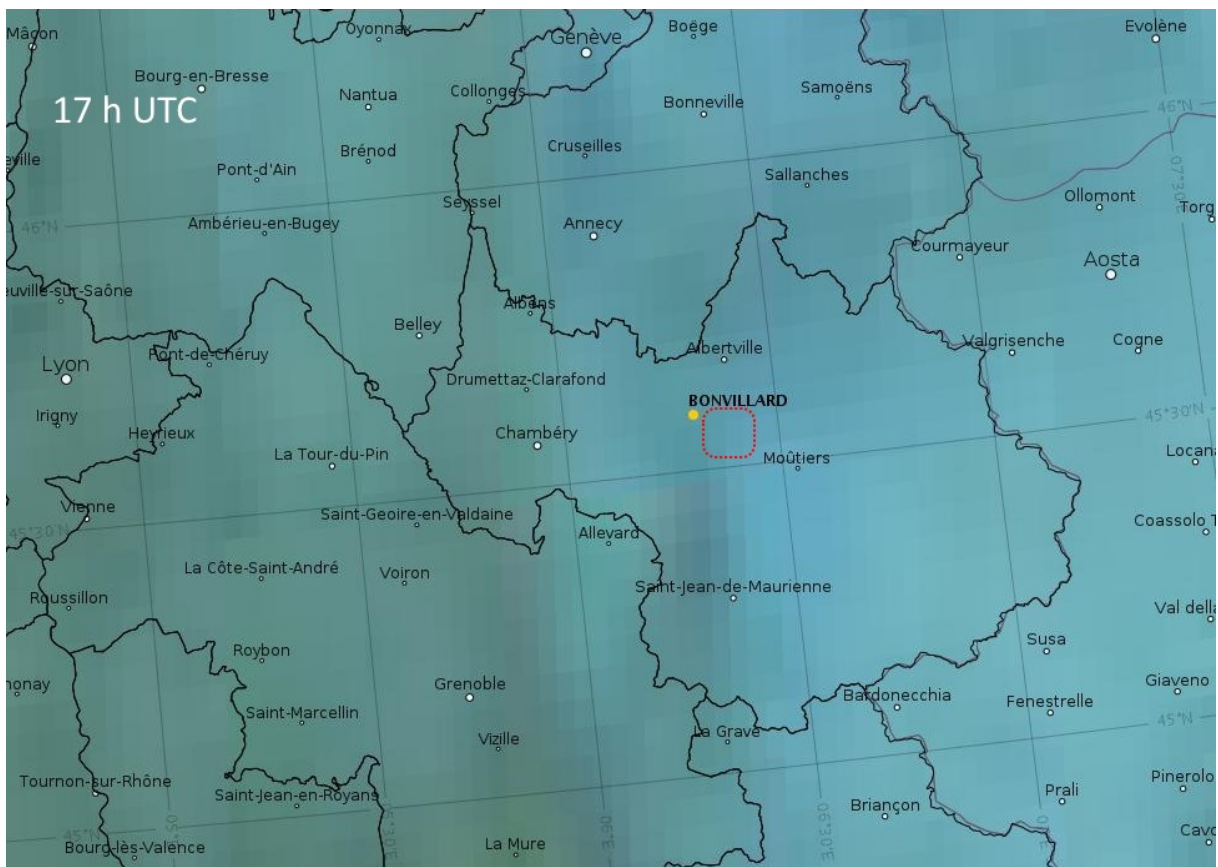
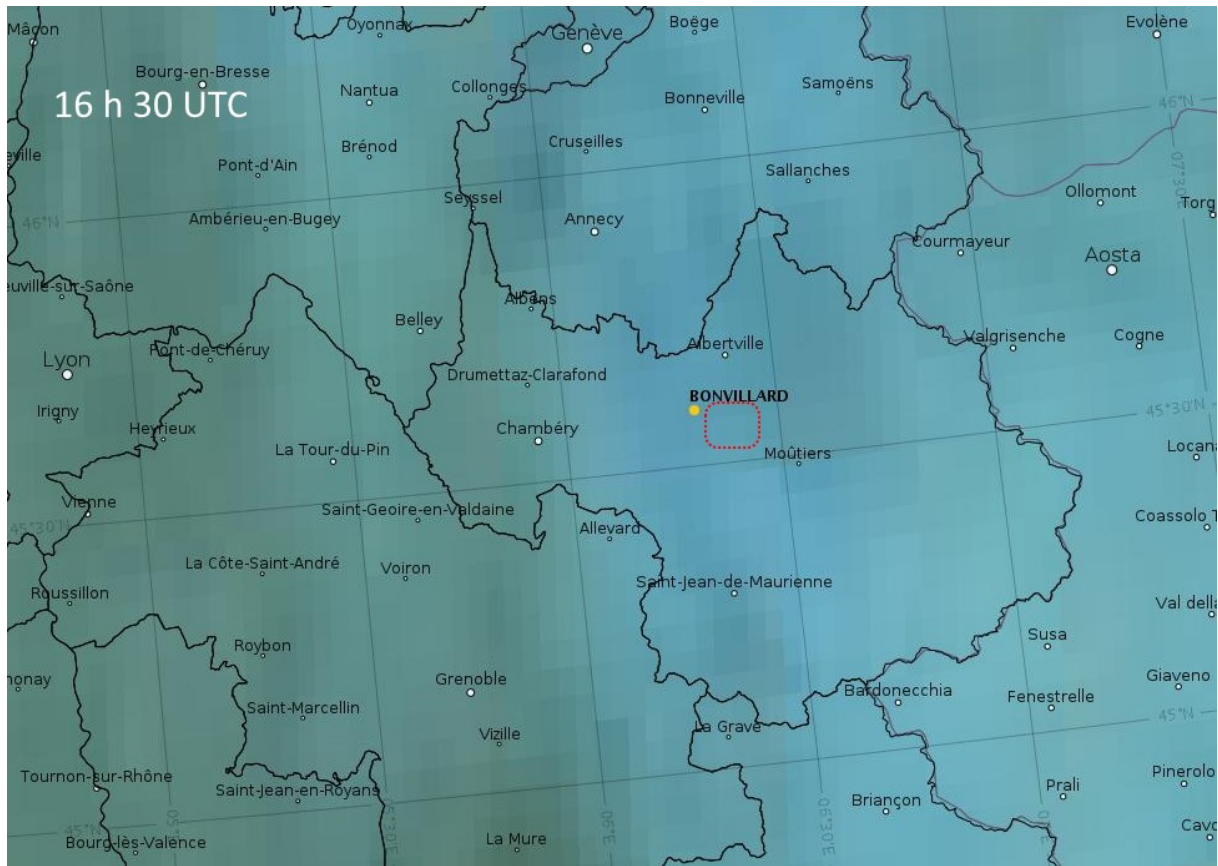
Les images satellitaires en composition colorée enregistrées sur la période du vol de l'accident et du précédent vol de nuit sont les suivantes

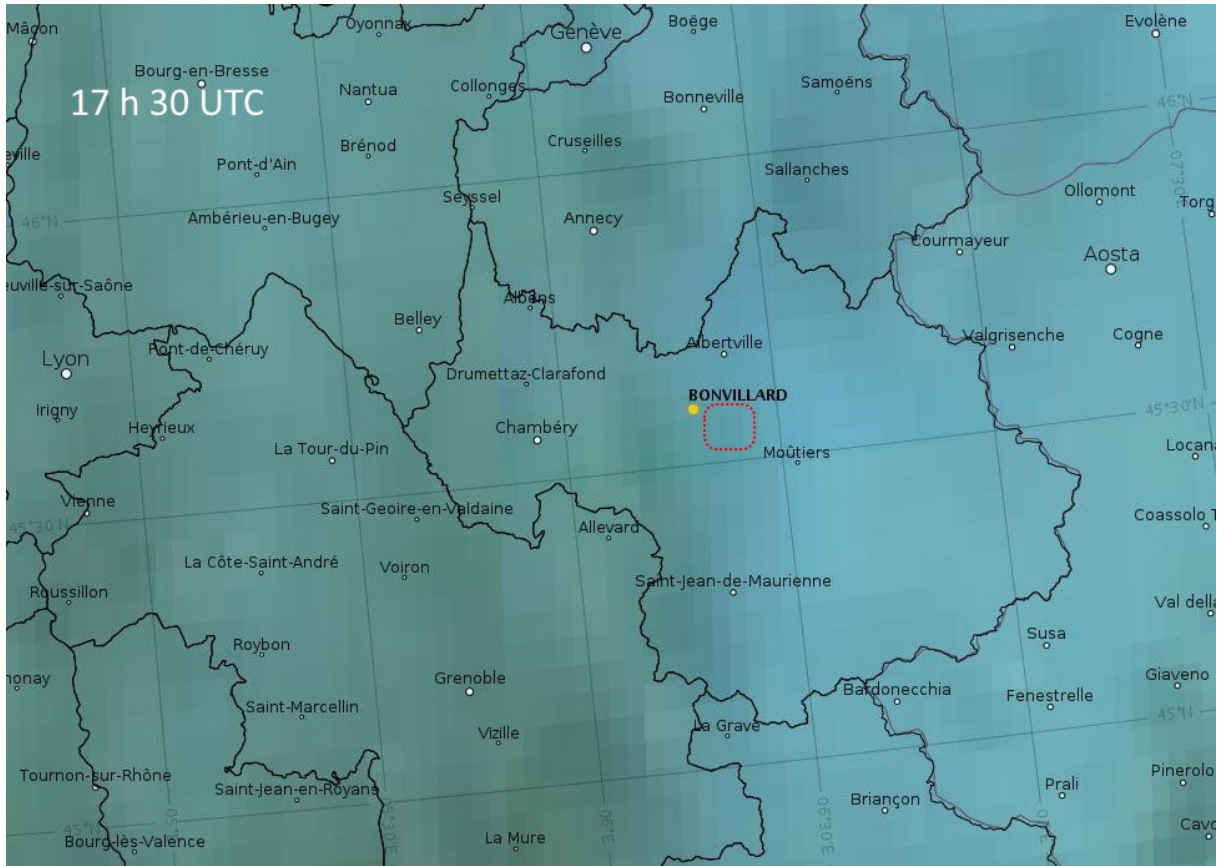


L'imagerie en composition colorée permet de synthétiser les informations obtenues à partir de diverses mesures.

- Les nuages bas, de type stratus ou stratocumulus, apparaissent en jaune plus ou moins blanchi en fonction de leur altitude. (Jaune : basse altitude, blanchi : altitude plus élevée).
- Les nuages fins et élevés, de type cirrus, uniquement constitués de particules de glace, se retrouvent dans les tons bleu clair.
- Le blanc est révélateur de nuages à forte densité ou forte épaisseur, nuages caractéristiques des perturbations ou de cumulonimbus.
- Les couleurs terrestres alternent d'un brun verdâtre pour les sols pourvus de végétation à l'ocre jaune pour les zones désertiques. La neige et la glace sont très blanches, signes de leur fort pouvoir réfléchissant.
- Certains nuages très bas, de type stratus sont invisibles sur l'image car leur température est proche de celle de la surface.







## Annexe 8 : Formation SPA.HHO (Partie TCM)

### 1. Niveaux et critères de sélection

Cette formation permet d'acquérir l'un des deux niveaux de pratique de l'activité HHO.

#### 1.1. Qualification « Stade initial HHO »

*« Un assistant de vol qualifié « stade initial HHO » est en mesure de réaliser des opérations de treuillage en plaine, où des repères visuels fiables sont à proximité immédiate, et où des obstacles ou des mouvements de terrain particuliers interdisent un posé. Cette formation est générique et peut être mise en œuvre quel que soit le treuil utilisé dès lors que le module théorique n°1 est suivi. »*

#### Prérequis

*« L'assistant de vol postulant pour une formation HHO doit être qualifié assistant de vol et posséder une expérience minimale de 2 ans dans une fonction d'assistant de vol et/ou de spécialiste de tâche SPO. Par la suite, afin d'opérer en opération réelle en tant qu'opérateur HHO, une expérience minimale de 50 treuillages est exigée. »*

#### Reconnaissance d'expérience

*« S'agissant des assistants de vol possédant déjà une expérience avérée dans le domaine de l'hélicoptère acquise au sein de SAF HELICOPTERES (HEC), des armées ou d'une autre compagnie, une évaluation sera réalisée par le RDFE ou un pilote désigné, ainsi qu'un assistant de vol, désigné par le RDFE « instructeur HHO ». A l'issue de cette évaluation et selon les critères précisés ci-dessous, le RDFE pourra réduire la formation afin d'adapter leurs connaissances aux procédures pratiquées par SAF HELICOPTÈRES et à l'équipement qu'ils serviront. A minima, le module théorique n°5, un vol « procédures HHO » et un vol « procédures d'urgence » seront réalisés.*

*Critères pris en compte pour mener une formation réduite :*

- Niveau de l'évaluation ;
- Expérience minimale d'assistant de vol ou équivalent de 2 ans ;
- Expérience globale minimale en treuillage de 50 treuillages ;
- Expérience avec un équipement similaire à celui exploité ;
- Environnement géographique dans lequel le candidat a développé son expérience treuillage (exemple : France, Canada, Afrique, etc.) ;
- Expérience récente du candidat. »

#### Contenu de l'évaluation

*« Celle-ci est composée du test de fin de formation théorique HHO ainsi que certains items du contrôle de fin de formation pratique HHO (cf. Check Forms).*

*A l'issue de ces deux tests, le RDFE adaptera la formation afin de présenter le postulant au test de fin de formation HHO (cf Check Forms). »*

#### Formation

*« Cette formation comprend une partie théorique et une composante pratique. »*

#### 1.2. Qualification « Stade avancé HHO »

*« Un TCM qualifié « stade avancé HHO », peut effectuer tout type d'intervention SMUH à l'aide du treuil en milieu montagneux et/ou mer, mais aussi de nuit, dès lors qu'il aura suivi la formation avancée correspondante. SAF HELICOPTERES considère que cette formation complète la formation et l'expérience du pilote quant au milieu considéré. »*

## Prérequis

*« Les critères afin de prétendre à l'obtention de la qualification « Stade avancé HHO » sont les suivants : Le TCM doit justifier d'un minimum de 50 treuillages. »*

## Reconnaissance d'expérience

*« Le RDFE doit prendre en compte l'expérience globale du candidat selon les critères suivants :*

*Opérations HEMS avec treuillage, et/ou*

*Opérations HHO sur le type de machine, et/ou*

*Expérience globale du postulant au regard de son activité HHO antérieure, et/ou*

*L'environnement géographique global dans lequel le candidat a développé son expérience en vol. »*

## Formation

*« Dès lors que les critères mentionnés ci-dessus sont favorables, le postulant suivra une formation pratique complémentaire adaptée au milieu et aux conditions souhaitées. Trois modules sont ainsi proposés.*

*Chacun des modules sera constitué de cours ou briefings adaptés à l'expérience du postulant, puis des vols. »*

### **2. Programme de la formation**

La formation au sol comporte 14 modules pour une durée totale de 13 h 30 de cours et un test théorique.

La formation en vol pour le « Stade initial HHO » comporte 3 séances de vol d'une durée totale de 5 h et comportant 45 treuillages. Cette formation est suivie d'un vol de contrôle d'une durée de 0 h 30 et 5 treuillages.

La formation en vol pour le « Stade avancé HHO » en fonction du type d'exploitation de l'hélicoptère comporte :

- pour l'activité HHO en milieu montagne : 3 séances de vol chacune d'une durée de 1 h et comportant 8 treuillages ;
- pour l'activité HHO de nuit : 2 séances de vol chacune d'une durée de 1 h et comportant 8 treuillages.

## Annexe 9 : Cartographie des risques associée à l'activité SPA.HHO

### Cartographie des risques - SPA.HHO - Version 2 - 12/10/2020

N° risque	DANGER	EVENEMENT INDESIRABLE	SANS BARRIERE DE PREVENTION			BARRIERES DE PREVENTION	AVEC BARRIERE DE PREVENTION		
			Probabilité	Gravité	Résultat		Probabilité	Gravité	Résultat
1	Echec de communication dans l'aéronef entre équipages	Collision avec obstacles, incident, accident	Possible	Moderate	High	Formation aux règles de communication gestuelle entre membres d'équipage Interruption de la mission si le pilote le juge nécessaire	Possible	Minor	Medium
2	Liaison hélico-personne transportée-paroi	Enfoncement avec puissance, accident, dommages à des tiers, collision	Possible	Major	Extreme	Formation du pilote et du treuilliste Formation du secouriste Coupe-câble treuil Briefing avant la mission	Possible	Moderate	High
3	Mission de treuillage : manque d'entretien de l'optionnel, câble, émerillon, crochet et fixation, etc...	Panne du treuil pendant le treuillage, interruption de la mission et perte de temps	Possible	Major	Extreme	Maintenance programmée sur le treuil dans le cadre du P.E EC 135 de la compagnie (PARTM).	Possible	Minor	Medium
		Augmentation de la probabilité de perte de charge au cours du vol	Possible	Major	Extreme				
4	Surcouple moteur, dépassement limitation de puissance	Détérioration, coût de maintenance, immobilisation, coût commercial	Possible	Major	Extreme	Respect des limitations définies Formation du pilote Préparation du vol, notamment Devis de Masse et Centrage Brite saver + VEMD	Possible	Minor	Medium
5	Vol avec portes ouvertes ou déposées	Chute d'un article en cours de vol, ou pire, chute d'un membre d'équipage ou d'un passager pendant le vol	Possible	Major	Extreme	Formation et expérience des membres d'équipage Briefing passagers Equipement de sécurité du treuilliste Arrimage matériel	Possible	Minor	Medium
6	Changement de trajectoire	Perte d'attention entraînant l'incident ou l'accident	Possible	Moderate	High	Formation CRM du personnel impliqué (Pilotes, assistant de vol) Communication avec le personnel au sol	Unlikely	Moderate	Medium
7	Corps étrangers	Destruction de l'aéronef, incident, accident	Possible	Major	Extreme	Communication SGS sur les risques FOD via des Infos Sécurité Sécurisation du matériel utilisé et non fixé à l'aéronef	Unlikely	Major	High
8	Distance de sécurité de l'aéronef avec les obstacles trop faible	Collision avec obstacles, incident, accident	Possible	Catastrophic	Extreme	Préparation de la mission (reconnaissance zone) Formation, expérience de l'équipage Présence d'un TCM/treuilliste à bord Communication avec le personnel sol	Possible	Moderate	High
9	Echec de la liaison radio avec l'équipe au sol lors de missions	Répercussions sur la sécurité du vol et du personnel/ tier impliqués	Possible	Moderate	High	Insister sur ce point lors du briefing pré-vol, envisager tous les scénarios possibles (obstacles, la position de la charge, etc.) Code/gestuelle pour l'échange de signaux optiques entre le pilote et l'opérateur du treuil	Possible	Moderate	High
10	Le personnel n'est pas formé ou manque d'expérience récente	Répercussions sur la sécurité du vol et du personnel/ tier impliqués	Possible	Moderate	High	Formation SPA.HHO Expérience récente nécessaire définie Expérience des missions treuillages Formation SAMU	Unlikely	Moderate	Medium

**Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.**