

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

Rapport d'enquête de sécurité



S-2019-16-A

Date de l'évènement	1 ^{er} décembre 2019
Lieu	Massif de l'Estaque (Bouches-du-Rhône)
Type d'appareil	BK117 « EC 145 - C2 »
Organisme	Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

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

COMPOSITION DU RAPPORT

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

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

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

CRÉDITS

	© André Bour	Page de garde
Figure 1	BEA-É	7
Figure 2	Google, BEA-É	8
Figure 3	RESEDA, Google	9
Figure 4	DGAC, BEA-É	10
Figure 5	RESEDA, Google	10
Figure 6	Météo-France, BEA-É	14
Figure 7	Euroavionics GmbH	15
Figures 8 et 9	SIA, BEA-É	15 et 16
Figure 10	Google, BEA-É	17
Figures 11 à 15	BEA-É	17 à 19
Figure 16	IGN, BEA-É, ARCC Lyon	21
Figure 17	COZ Sud	22
Figure 18	RESEDA	26
Figure 19	IGN, BEA-É	26
Figure 20	BEA-É	27
Figure 21	Thales	28
Figure 22	DGA TA	28
Figures 23 à 25	Météo-France, BEA-É	29 et 30
Figure 26	DGAC	32

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	11
1.3. Dommages à l'aéronef	11
1.4. Renseignements sur l'équipage.....	11
1.5. Renseignements sur l'aéronef	12
1.6. Conditions météorologiques	13
1.7. Aides à la navigation	14
1.8. Télécommunications	15
1.9. Renseignements sur l'aéroport	15
1.10. Enregistreurs de bord	16
1.11. Constatations sur la zone de l'accident et sur l'aéronef.....	16
1.12. Renseignements médicaux.....	19
1.13. Incendie	20
1.14. Organisation des secours	20
1.15. Essais et recherches	21
1.16. Renseignements sur les organismes.....	21
1.17. Renseignements complémentaires	23
2. Analyse.....	25
2.1. Expertises techniques.....	25
2.2. Séquence de l'évènement	31
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	31
3. Conclusion	43
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	43
3.2. Causes de l'évènement	43
4. Recommandations de sécurité	45
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	45
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	48

GLOSSAIRE

AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
ARCC	<i>Aeronautical rescue coordination center</i> – centre de coordination du sauvetage aéronautique
ATIS	<i>Automatic terminal information service</i> – service automatique d'information d'aérodrome
ATO	<i>Approved training organization</i> – organisme de formation agréé
BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
BTP	Boîte de transmission principale
CAG/CAM	Circulation aérienne générale/Circulation aérienne militaire
CFIT	<i>Controlled flight into terrain</i> – collision avec le relief sans perte de contrôle
COZ	Centre opérationnel de zone
CPEC	Consignes permanentes d'entraînement et de contrôle
CPO	Consignes permanentes opérationnelles
CTR	<i>Control traffic region</i> – zone de trafic contrôlée
CVFDR	<i>Cockpit voice and flight data recorder</i> – enregistreur de voix et de données de vol
DGAC	Direction générale de l'aviation civile
DGSCGC	Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
DSAÉ	Direction de la sécurité aéronautique d'État
GHSC	Groupement d'hélicoptères de la sécurité civile
GMA	Groupement des moyens aériens de la DGSCGC
HUMS	<i>Health, usage and monitoring system</i> – système de surveillance de l'usage et de la santé d'un aéronef
IFR/VFR	<i>Instrument/Visual flight rules</i> – règles de vol aux instruments/à vue
IMC/VMC	<i>Instrument/Visual meteorological conditions</i> – conditions météorologiques de vol aux instruments/à vue
IRBA	Institut de recherche biomédicale des armées
JAR	<i>Joint aviation requirements</i> – exigences aéronautiques conjointes
JVN	Jumelles de vision nocturne
METAR	<i>Meteorological aerodrome report</i> – rapport météorologique d'aérodrome
MOB	Mécanicien opérateur de bord
ORSEC	Organisation de la réponse de sécurité civile
SERA	<i>Standardised European Rules of the Air</i> – règles de l'air européennes standardisées
SIGMET	<i>Significant meteorological information</i> – information météorologique significative
TAF	<i>Terminal aerodrome forecast</i> – prévision d'aérodrome
VHF	<i>Very high frequency</i> – très haute fréquence

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 1^{er} décembre 2019 à 20h47

Lieu de l'évènement : massif de l'Etaque, commune des Pennes-Mirabeau (Bouches-du-Rhône)

Organisme : direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC)

Commandement organique : groupement des moyens aériens (GMA) de la DGSCGC

Unité : centre de formation du groupement d'hélicoptères de la sécurité civile (GHSC)

Aéronef : BK117 « EC 145 - C2 » immatriculé F-ZBPZ

Nature du vol : vol de liaison

Nombre de personnes à bord : 3

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 1^{er} décembre 2019, dans le cadre de l'alerte rouge émise par Météo-France et du plan d'organisation de la réponse de sécurité civile (ORSEC) - inondations, l'EC 145 du centre de formation du GHSC de Nîmes est appelé à renforcer le dispositif de secours mis en place et se positionne au centre de secours de Martigues. En fin d'après-midi, les intempéries se déplaçant vers l'est, il est demandé à l'équipage d'aller se positionner sur l'aérodrome Le Luc Le Cannel pour être en mesure d'intervenir. L'EC 145 décolle donc du centre de secours de Martigues à 20h20 et après un avitaillement sur l'aéroport de Marseille Provence, fait route vers Le Luc par l'intérieur des terres. Après cinq minutes de vol depuis Marseille Provence, le pilote annonce qu'il fait demi-tour à cause de la météo rencontrée et demande un transit côtier. Avant de l'autoriser à croiser les axes de l'aéroport, le contrôleur le met en attente en raison de l'arrivée d'un avion de ligne, puis lui demande de croiser rapidement avant l'arrivée d'un autre avion. Peu de temps après, l'hélicoptère heurte le relief dans le massif de l'Etaque. Les trois occupants décèdent et l'hélicoptère est détruit.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un expert technique du BEA-É ;
- un enquêteur de première information ;
- un pilote ayant une expertise sur EC 145 ;
- un mécanicien opérateur de bord ayant une expertise sur EC 145 ;
- un expert du contrôle aérien d'aérodrome ;
- un médecin breveté supérieur de médecine aéronautique.

Autres experts consultés

- direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéropropulsifs (DESA) ;
- direction générale de l'armement – Techniques aéronautiques (DGA TA)/département d'investigations suite à accident ou incident (MTI) ;
- institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) ;
- Météo-France ;
- bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif : Dragon 30

Type de vol : circulation aérienne générale – *visual flight rules*¹ (CAG VFR)

Type de mission : vol de liaison

Dernier point de départ : aéroport de Marseille Provence (LFML)

Heure de départ : 20h36

Point d'atterrissage prévu : aérodrome Le Luc Le Cannet (LFMC)

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Éléments de contexte

Lors de l'épisode méditerranéen² qui a lieu le week-end du 30 novembre au 1^{er} décembre 2019, Météo-France place le Var (83) et le Vaucluse (84) en vigilance orange « précipitations » et « orages » dès le samedi 30 novembre à 16h05. Dimanche 1^{er} décembre à 10h00, la vigilance passe au rouge dans le Var et dans les Alpes Maritimes (06) pour « pluies et inondations », tandis que les Alpes de Haute Provence (04), le Vaucluse et la Drôme (26) restent en vigilance orange.

Pour répondre à ces événements, le plan ORSEC « inondations » est déclenché par le préfet de zone et une cellule de coordination des moyens aériens étatiques engagés est mise en place sur l'aérodrome du Luc. De plus, pour renforcer les moyens disponibles et après accord du centre opérationnel de gestion interministérielle des crises (COGIC)³, il est demandé au GHSC de mobiliser le Dragon 30, hélicoptère du centre de formation basé à Nîmes.

Le Dragon 30 décolle donc à 12h36 le 1^{er} décembre afin de se mettre en place au centre de secours de Martigues. L'équipage est composé d'un pilote et d'un mécanicien opérateur de bord (MOB), tous les deux instructeurs au centre de formation du GHSC. Ils récupèrent un secouriste à Martigues.

Le centre opérationnel de zone (COZ) engage le Dragon 30 sur les premières missions de secours dès le début d'après-midi. Il décolle à 14h21 pour une mission de reconnaissance des zones inondées dans le secteur de Pertuis, suivie du treuillage de deux personnes en difficulté dans leur maison. L'hélicoptère est de retour au centre de secours de Martigues à 17h31, après avoir ravitaillé sur l'aéroport de Marseille Provence. Lors de ce retour, l'équipage rencontre à plusieurs reprises des conditions météo dégradées dites *instrument meteorological conditions*⁴ (IMC).

Heure de décollage	Heure d'atterrissage	Mission	Personnes à bord
12h36	13h03	Liaison Nîmes – Martigues	Pilote et MOB
14h21	14h49	Liaison Martigues – Pertuis	Pilote, MOB et secouriste 1 ⁵
15h24	15h49	Mission de reconnaissance autour de Pertuis	Pilote, MOB et secouriste 2
16h04	16h26	Mission de secours à Pertuis, deux personnes treuillées	Pilote, MOB et secouriste 1
16h46	17h05	Liaison Pertuis – Marseille Provence	Pilote, MOB et secouriste 1
17h19	17h31	Liaison Marseille Provence – Martigues	Pilote, MOB et secouriste 1

Figure 1 : activité de l'équipage l'après-midi du 1^{er} décembre

¹ Règles de vol à vue.

² Violents systèmes orageux apportant des précipitations intenses sur les régions méditerranéennes trois à six fois par an.

³ Situé à Paris.

⁴ IMC : *Instrument meteorological conditions* – conditions de vol aux instruments.

⁵ Le secouriste 1 est le secouriste décédé lors de l'accident.

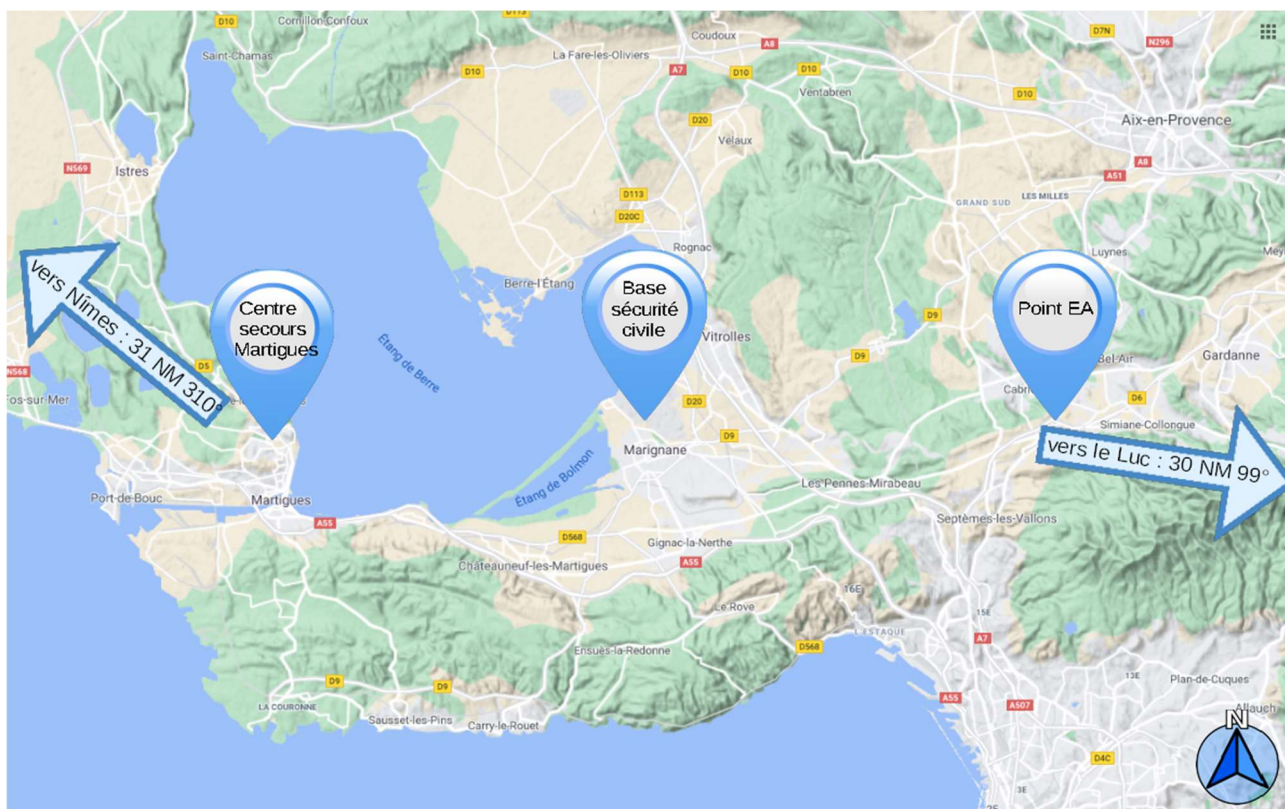


Figure 2 : zone d'évolution du Dragon 30 le 1^{er} décembre

1.1.2.2. Préparation du vol

L'équipage dîne au centre de secours de Martigues avec quelques pompiers entre 19 heures et 20 heures. En début de soirée, les intempéries se déplacent vers l'est de l'arc méditerranéen. Ceci provoque d'ailleurs de nombreux déroutements vers Marseille de vols commerciaux à destination de Nice. Pour adapter le dispositif de secours au déplacement des intempéries, le coordinateur 3D appelle donc le pilote peu avant 20h00 pour lui demander de venir se mettre en place au Luc en faisant d'abord le plein sur la base d'hélicoptères de la sécurité civile de Marignane afin d'être prêt à débiter les opérations.

Au Luc, le coordinateur 3D prévoit un briefing sur l'actualisation de la situation et sur les points de sécurité particuliers de la zone.

Le pilote consulte le message d'observations automatique (METAR⁶) émis à 20h00 par la station de Marseille Provence sur son téléphone portable personnel à l'aide de l'application *Aeroweather*. Ce METAR indique un vent du 320° pour 9 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres, une couverture nuageuse complète à 900 ft, une température de 11 °C, un point de rosée à 10 °C, une pression au niveau de la mer de 1 012 hectoPascals. Il prévoit de la pluie, des nuages fragmentés à 500 ft, des nuages fragmentés à 1 900 ft, une couche nuageuse complète à 3 000 ft et des cumulonimbus⁷.

L'équipage décolle de Martigues à 20h20 et arrive à Marseille Provence à 20h27. Le MOB avitaille 120 kilogrammes de carburant pendant que le pilote et le secouriste restent dans l'hélicoptère, rotor tournant. Une fois l'avitaillement effectué, le pilote et le MOB discutent de la navigation vers le Luc dans l'hélicoptère, rotor toujours tournant. Le pilote fait part au MOB de son intention de passer par l'intérieur des terres plutôt que par la mer. Le MOB lui exprime ses interrogations quant à la météo qu'ils vont rencontrer sur ce trajet. Le pilote répond qu'il pense que les conditions météo vont leur permettre d'effectuer le vol, mais que celui-ci risque d'être difficile sur la fin. Il précise qu'ils auront toujours la possibilité de faire demi-tour.

⁶ METAR : *Meteorological aerodrome report* – rapport météorologique d'aérodrome. Bulletin émis à intervalles réguliers par une station météorologique d'aérodrome indiquant ses observations.

⁷ Puissant et dangereux nuage d'orage.

Le pilote et le MOB effectuent la checklist avant mise en stationnaire. Lors de celle-ci, ils règlent les alarmes des radiosondes à 500 ft, et laissent le transpondeur⁸ sur 7014, code qui correspond en France aux transports hospitaliers d'urgence. Le pilote contacte le contrôleur pour lui indiquer qu'ils sont prêts au départ. Le contrôleur lui précise que la piste 31 est en service et l'autorise à décoller.

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

À 20h36, l'EC 145 décolle de l'aéroport de Marseille Provence en direction du Luc. Le contrôleur l'autorise à effectuer un virage par la droite après la montée initiale. Le pilote annonce alors qu'il va sortir de la CTR⁹ Provence par le point EA, dans l'est de celle-ci, puis faire route vers le Luc. L'EC 145 vole alors à une altitude¹⁰ d'environ 1 000 ft. Pendant cette phase du vol, le pilote demande au MOB de paramétrer le système de gestion de la navigation¹¹ avec le Luc comme destination.

Une trentaine de secondes après le paramétrage, l'alarme des radiosondes sonne, annonçant un rapprochement avec le sol en dessous de l'index de 500 ft réglé avant le décollage. Le MOB le fait remarquer au pilote puis indique qu'il met ses jumelles de vision nocturne (JVN). Contraint par le plafond nuageux bas et le relief qui monte dans cette zone, l'hélicoptère vole en effet proche de cette limite de 500 ft. Environ une minute plus tard, le pilote annonce qu'il va régler l'index des radiosondes plus bas afin d'éviter les alarmes intempestives. Après une brève discussion avec le MOB, le pilote décide de régler son index à 300 ft et le MOB fait de même avec le sien.

Après environ quatre minutes de vol, l'équipage constate que le plafond bas ne leur permettra pas de rejoindre le Luc par l'intérieur des terres en vol à vue. Le pilote annonce alors au contrôleur qu'il fait demi-tour et demande à rejoindre la côte pour effectuer un transit côtier vers le Luc. Le contrôleur lui demande de prendre un cap au 160° en raison de l'arrivée d'un avion de ligne, et qu'il pourra ensuite reprendre un cap au sud après son passage. Le pilote lui répond qu'il va essayer, mais se rend compte au bout d'une vingtaine de secondes que la météo ne lui permet pas de suivre ce cap non plus, et l'annonce au contrôleur. Le contrôleur lui demande alors de mettre le cap sur la tour de contrôle et de se mettre en attente le temps que le vol commercial se pose. Le pilote s'exécute. Pendant cette phase de vol, l'alarme des radiosondes sonne à nouveau, malgré l'index alors réglé à 300 ft.

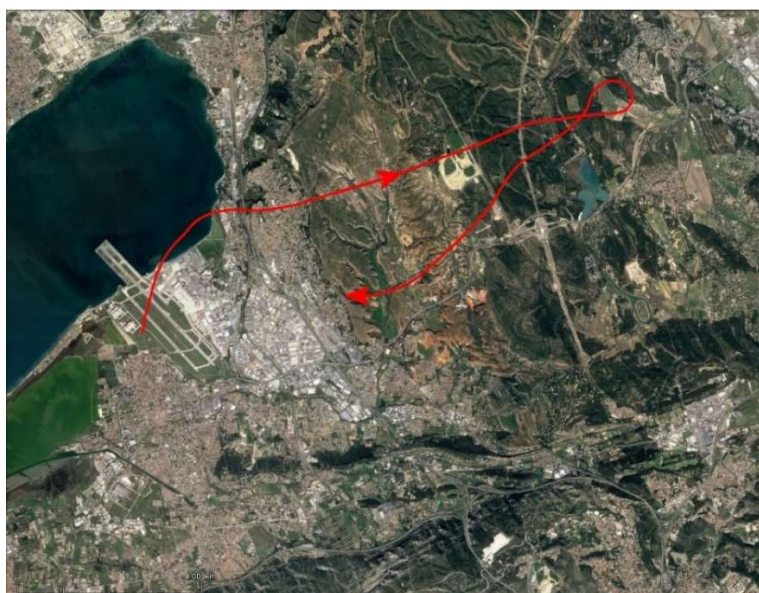


Figure 3: trajectoire de l'hélicoptère (début du vol)

⁸ Un transpondeur est un dispositif électronique embarqué qui émet une réponse quand il reçoit une interrogation radio, permettant ainsi de localiser les aéronefs qui en sont équipés.

⁹ CTR : *Control traffic region* : zone de trafic contrôlée, destinée à protéger les vols à l'arrivée ou au départ d'un aéroport.

¹⁰ Par rapport au niveau de la mer.

¹¹ NMS : *Navigation management system* – système de gestion de la navigation.

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

En attente à l'est de l'aéroport, l'EC 145 vole à vitesse réduite et à une altitude d'environ 600 ft pendant que le pilote et le MOB cherchent à visualiser l'avion de ligne qui arrive en approche finale, caché par le plafond nuageux car il est encore à 1 300 ft. Les deux membres d'équipage l'aperçoivent finalement au moment où le contrôleur leur signale qu'ils peuvent prendre un cap sud et croiser les axes des pistes, l'avion étant passé.

Le contrôleur demande ensuite à l'EC 145 de croiser les axes rapidement et de suivre un cap au 200°, en raison de l'arrivée d'un deuxième avion de ligne. À cet instant, cet avion se trouve à une altitude de 5 600 ft en descente et l'hélicoptère à 900 ft. Le pilote collationne puis quelques secondes après indique au MOB qu'il vole maintenant aux instruments. Le MOB exprime sa désapprobation de la situation, mais le pilote le rassure en répétant que tout va bien car il vole aux instruments.

Le pilote et le MOB aperçoivent le sol. Quelques secondes plus tard, vers 20h47, l'hélicoptère heurte une colline du massif de l'Estaque à environ 115 kt et à une altitude de 740 ft, sur une trajectoire dirigée vers le sud.

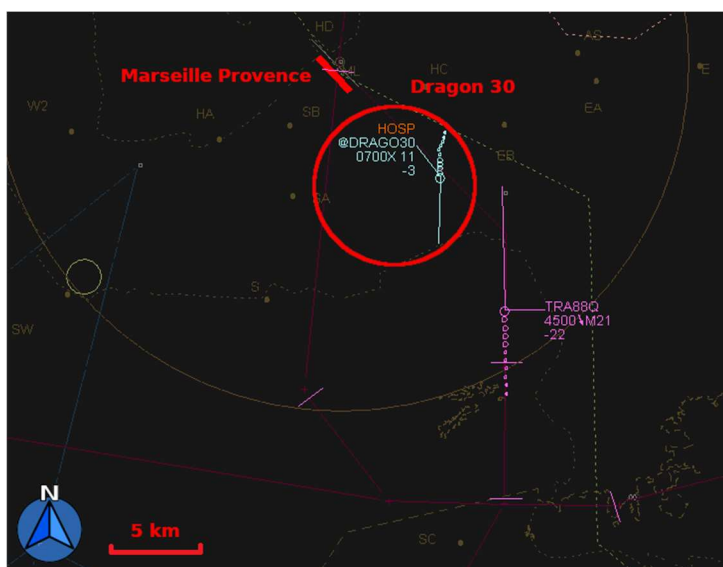


Figure 4 : écran radar du contrôleur au moment où le Dragon 30 heurte la colline de l'Estaque

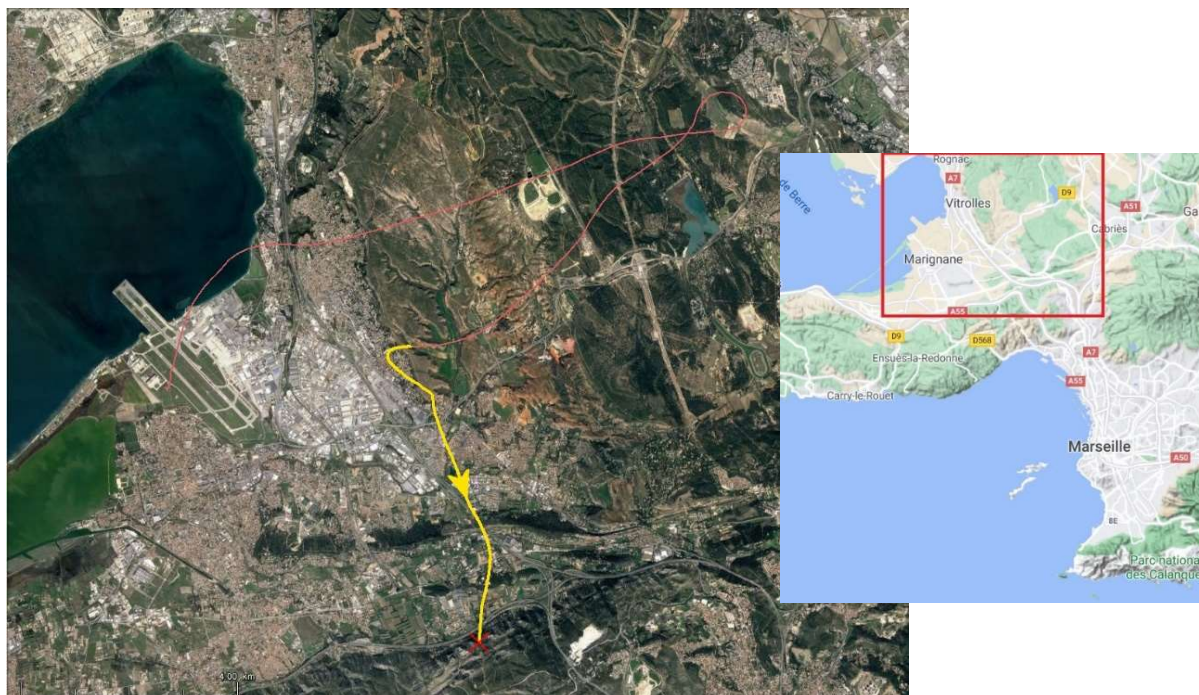


Figure 5 : trajectoire de l'hélicoptère (vol complet)

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Bouches-du-Rhône (13)
 - commune : Les Pennes-Mirabeau
 - coordonnées géographiques : 43°23'32.4"N/005°16'58.1"E
 - altitude du lieu de l'évènement : 740 ft
- Moment : nuit
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : aéroport de Marseille Provence (LFML)

1.2. Dommages corporels

Les trois occupants de l'hélicoptère sont décédés.

1.3. Dommages à l'aéronef

L'hélicoptère est détruit.

1.4. Renseignements sur l'équipage

1.4.1. Membres d'équipage de conduite

1.4.1.1. Pilote commandant de bord

Le pilote est un ancien pilote militaire de l'armée de l'Air, qu'il a quitté en février 2019 pour rejoindre la sécurité civile. Il a accumulé 4 050 heures de vol durant sa carrière militaire.

- Âge : 40 ans
- Unité d'affectation : centre de formation du GHSC
- Fonction dans l'unité : pilote instructeur
- Formation :
 - qualification : pilote opérationnel sur EC 145 (centre de formation du GHSC de Nîmes, 2019)
 - école de spécialisation : centre d'instruction des équipages d'hélicoptères (CIEH) de Metz (2002)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	sur EC 145	sur tout type	sur EC 145	sur tout type	sur EC 145
Total (h)	4 269	219	157	157	90	90
Dont multipilote	3 695	0	0	0	0	0
Dont nuit	757	46	33	33	25	25
Dont JVN	> 700	34	23	23	20	20
Dont IFR ¹²	310	36	23	23	20	20

- Date du précédent vol :
 - de jour : le jour même
 - de nuit : le 28 novembre 2019
- Licences et qualifications :
 - type de licence : CPL(H)¹³ délivrée le 25 février 2015
 - qualifications : QT¹⁴ EC 145 monopilote et IR/ME¹⁵ monopilote valides jusqu'au 30 avril 2020, IRI(H)¹⁶ et TRI(H)¹⁷ sur EC 145 et AS 355 valides jusqu'au 30 septembre 2022.

¹² IFR : *Instrument flight rules* – règles de vol aux instruments.

¹³ CPL(H) : *commercial pilot license (helicopter)* – licence de pilote professionnel (hélicoptère).

¹⁴ QT : qualification de type.

¹⁵ IR/ME : *instrument rating/multi engine* – qualification de vol aux instruments/multimoteur.

¹⁶ IRI(H) : *instrument rating instructor (helicopter)* – instructeur de qualification de vol aux instruments (hélicoptère).

¹⁷ TRI(H) : *type rating instructor (helicopter)* – instructeur de qualification de type (hélicoptère).

1.4.1.2. Mécanicien opérateur de bord

Le MOB est un ancien mécanicien navigant dans l'aviation légère de l'armée de Terre (ALAT). Il a rejoint la sécurité civile il y a plusieurs années mais n'est devenu MOB qu'en mars 2019.

- Âge : 47 ans
- Unité d'affectation : centre de formation du GHSC
- Fonction dans l'unité : MOB instructeur
- Formation :
 - qualification : MOB sur EC 145
 - école de spécialisation : centre technique du GHSC (Nîmes, 2019)
- Heures de vol comme MOB :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont EC 145	sur tout type	sur EC 145	sur tout type	sur EC 145
Total (h)	2 500	371	104	104	12	12
Dont nuit	200	61	28	28	7	7
Dont JVN	Inconnu	47	24	24	7	7

- Date du précédent vol :
 - de jour : le jour même
 - de nuit : le 28 novembre 2019

1.4.2. Secouriste

- Âge : 44 ans
- Unité d'affectation : centre de secours de Martigues
- Fonction dans l'unité : plongeur sauveteur hélicoptère

1.5. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : DGSCGC
- Commandement d'appartenance : GMA
- Aérodrome de stationnement : aéroport de Nîmes Garons (LFTW)
- Unité d'affectation : centre de formation du GHSC
- Type d'aéronef :

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis VP ¹⁸	Heures de vol depuis VI ¹⁹ 300h
Cellule	EC 145 – C2	9056	7 139	319	35
Moteur 1	Arriel 1 E2	47 130	5 277	319	35
Moteur 2	Arriel 1 E2	18 017	6 989	319	35

1.5.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur et à la réglementation FRA 145²⁰. L'aéronef est navigable selon la réglementation FRA M²¹.

¹⁸ VP : visite périodique, effectuée toutes les 800 heures de vol. La dernière VP a été faite à Nîmes le 7 juin 2019.

¹⁹ VI : visite intermédiaire. Le programme d'entretien de l'EC 145 prévoit des visites intermédiaires toutes les 100, 300 et 400 heures de vol. La dernière visite intermédiaire de l'EC 145 n° 9056 était une visite 300 heures et a été effectuée à Nîmes le 19 novembre 2019.

²⁰ FRA 145 : réglementation concernant la maintenance des aéronefs d'État.

²¹ FRA M : réglementation concernant la navigabilité des aéronefs d'État.

1.5.2. Performances

Les performances de l'aéronef dans les conditions du jour sont compatibles avec la mission.

1.5.3. Masse et centrage

La masse au décollage de Marseille Provence est de 3 240 kilogrammes pour une masse maximale de 3 585 kilogrammes.

La masse estimée au moment de l'évènement est de 3 200 kilogrammes. Le centrage est dans les normes.

1.5.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : JET A-1
- Quantité de carburant au décollage de Marseille Provence : 550 kilogrammes
- Quantité de carburant estimée au moment de l'évènement : 510 kilogrammes

1.6. Conditions météorologiques

1.6.1. Prévisions

Un message de prévision (TAF²²) a été émis par la station de l'aéroport de Marseille Provence à 17h00, et reste valide à l'heure de décollage de l'hélicoptère. Il indique pour la période comprise entre 16h00 le 1^{er} décembre et 22h00 le 2 décembre un vent du 330° pour 9 kt, une visibilité de cinq kilomètres, de la pluie, de la brume, des nuages fragmentés à 500 ft et à 1 900 ft, une couverture nuageuse complète à 3 000 ft avec des cumulonimbus, une température maximale de 14 °C à 16h00 le 1^{er} décembre et une température minimale de 6 °C à 03h00 le 2 décembre. Une amélioration est prévue pour le lendemain entre 13h00 et 15h00.

LFML 011559Z 0115/0221 33009KT 5000 RA BR BKN005 BKN019 OVC030CB TX14/0115Z
TN06/0200Z BECMG 0212/0214 33015KT NSC=

La carte TEMSI²³ France basse altitude émise à 19h00 (18h00 UTC) indique de nombreux phénomènes météorologiques significatifs aux alentours de Marseille, avec notamment : une couche de nuages fragmentés voire couvrants entre 1 500 ft et 3 000 ft²⁴, des visibilité supérieures à cinq kilomètres mais pouvant localement descendre entre 1,5 et cinq kilomètres voir entre 0 et 1,5 km localement sous les cumulonimbus et en montagne (LOC MON V0), un obscurcissement des montagnes (symbole ).

À l'est de Marseille, des cumulonimbus isolés et noyés dans la couche nuageuse sont signalés localement (zone C, ISOL LOC EMBD CB).

Avec ces conditions météorologiques, le niveau de nuit²⁵ prévu par le logiciel Noctambule²⁶ est de 4, ou 2 si l'on tient compte de la pollution lumineuse environnante provenant de l'agglomération de Marseille. La nuit aéronautique débute à 17h34.

²² TAF : *Terminal aerodrome forecast* – prévision d'aérodrome. Prévision météorologique valide pour 6 à 30 heures pour un aérodrome donné.

²³ Carte représentant le temps significatif prévu sur une zone géographique donnée.

²⁴ Sur les cartes TEMSI, il s'agit d'une altitude.

²⁵ Les niveaux de nuit sont notés du plus clair ou plus sombre respectivement de 1 à 5. Cette classification peut tenir compte ou non de la pollution lumineuse constituée par l'éclairage artificiel des villes.

²⁶ Logiciel d'aide à l'utilisation des JVN fournissant les niveaux d'éclairement nocturne prévus en tenant compte de la météo et de la pollution lumineuse environnantes.

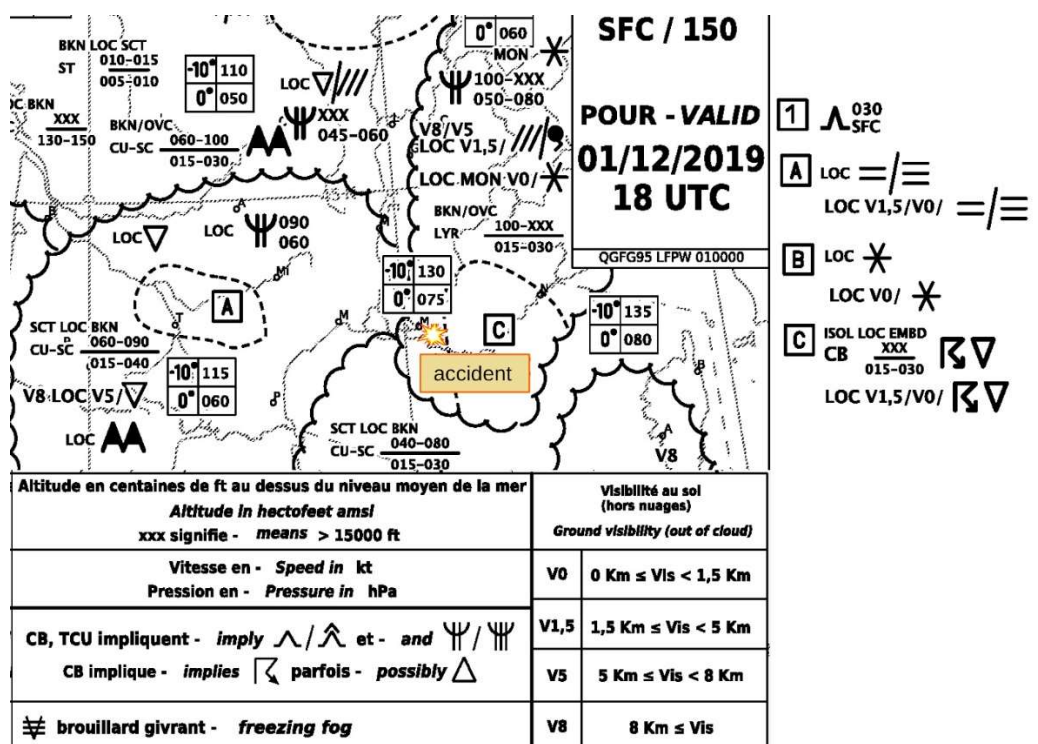


Figure 6: carte TEMSI France basse altitude de 19h00

1.6.2. Observations à Marseille Provence

Au moment où l'hélicoptère décolle de Marseille Provence, le dernier METAR émis par la station de l'aéroport date de 20h30 et indique un vent du 320° pour 8 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres, des nuages fragmentés à 1 100 ft, une couverture nuageuse complète à 1 700 ft, une température de 11 °C, un point de rosée à 10 °C, une pression au niveau de la mer de 1 012 hectoPascals. Ces conditions doivent évoluer vers l'apparition d'un plafond nuageux à 500 ft.

LFML 011930Z AUTO 32008KT 9999 BKN011 OVC017 11/10 Q1012 BECMG RA BKN005 BKN019 .OVC030CB=

Un message d'information météorologique significative (SIGMET²⁷) concernant les orages observés dans le Var a été émis pour l'horaire 19h00 – 21h00. Il indique une observation d'orages noyés dans la couche nuageuse. Le phénomène est décrit comme stationnaire et monte jusqu'au niveau de vol 320²⁸, dans une zone définie par des coordonnées géographiques. Marseille Provence ne se trouve pas dans cette zone mais le Luc y est.

LFMM SIGMET 5 VALID 011800/012000 LFPWLFMM
MARSEILLE FIR/UIR EMBD TS OBS WI N4500 E00700 - N4400 E00700 - N4345 E00730 - N4300 E00645 - N4345 E00600 - N4500 E00700 TOP FL320 STNR NC=

1.7. Aides à la navigation

L'hélicoptère est équipé de série d'un NMS intégré à l'avionique.

Par ailleurs, un système de cartographie défilante, de gestion de mission et d'aide à la conscience de la situation de type *Euronav 7* a été récemment intégré par la sécurité civile. L'interface homme machine est composée d'un écran additionnel dédié de 10 pouces, situé du côté du pilote et d'un panneau de contrôle avec un bouton rotatif sur la console centrale. Ce système peut afficher le relief et alerter des risques de collision avec celui-ci en projetant la trajectoire sur une coupe verticale.

²⁷ SIGMET : *Significant meteorological information* – information météorologique significative. Message destiné à signaler aux aéronefs des phénomènes météorologiques dangereux.

²⁸ 32 000 ft.



Figure 7 : présentation commerciale du système *Euronav 7*

Enfin, l'équipage dispose de deux tablettes tactiles iPad dotées d'écrans de 9,7 pouces fournies par la DGSCGC, qui peuvent servir notamment à la préparation des vols et à la visualisation de cartographie.

1.8. Télécommunications

Pendant toute la durée du vol, l'équipage est en contact radio avec la tour de contrôle de l'aéroport de Marseille Provence sur la fréquence VHF²⁹ dédiée. Le transpondeur est réglé sur 7014. Les échanges radio sur les fréquences du contrôle et les trajectoires détectées par le radar sont enregistrés.

1.9. Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport de Marseille Provence, anciennement appelé aéroport de Marignane (code OACI : LFML), est un aéroport international accueillant plus de 10 millions de passagers par an. Il dispose de deux pistes parallèles orientées 133°/313° (13/31). Une base d'hélicoptères de la sécurité civile y est installée côté sud.

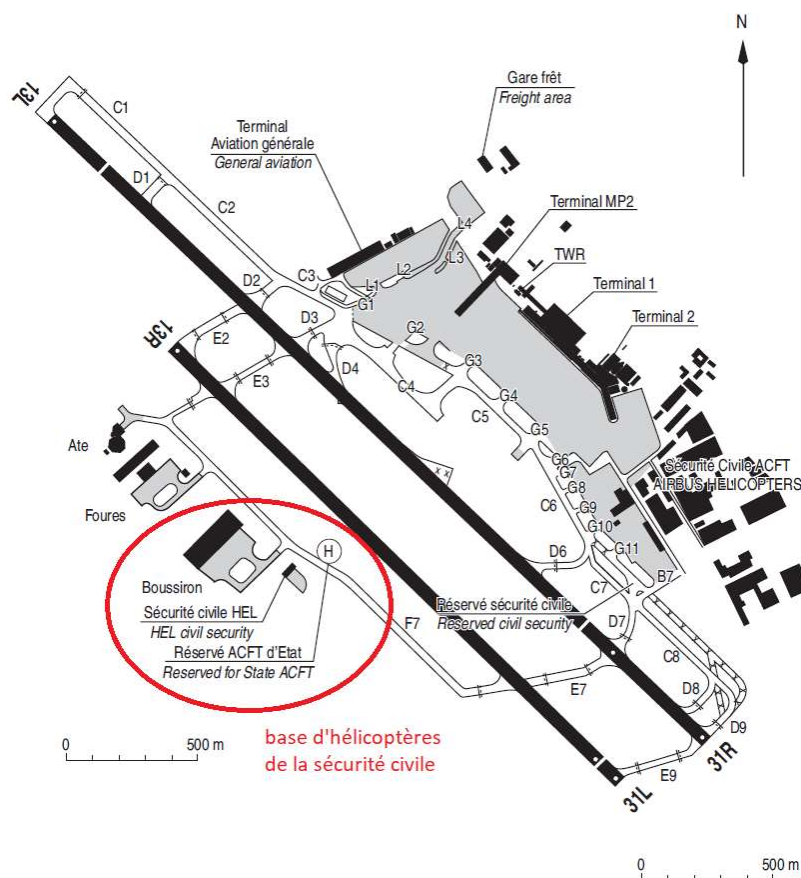


Figure 8 : extrait de la carte de circulation au sol de l'aéroport de Marseille Provence

²⁹ VHF : very high frequency – très haute fréquence.



Figure 9 : extrait de la carte d'approche à vue de l'aéroport de Marseille Provence

1.10. Enregistreurs de bord

L'hélicoptère est équipé :

- d'un *cockpit voice and flight data recorder* (CVFDR) - enregistreur de voix et de données de vol ;
- d'un enregistreur de données de maintenance provenant du système HUMS³⁰.

Les deux supports ont été retrouvés en bon état et toutes les données récupérées sont exploitables.

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

1.11.1. Examen de la zone de l'accident

L'accident s'est produit sur le versant nord-ouest d'une colline du massif de l'Estaque, à proximité de l'autoroute A55, dans l'axe de piste de l'aéroport et à proximité de la radiobalise MS³¹. Le terrain est aride, pierreux et recouvert d'une végétation de type méditerranéenne d'une hauteur moyenne de 90 centimètres.

³⁰ HUMS : *health, usage and monitoring system* – système de surveillance de l'usage et de la santé de l'aéronef.

³¹ MS : Mike Sierra. Radiobalise non directionnelle située dans l'axe de finale 31 des pistes de Marseille Provence.



Figure 10 : vue satellite du lieu de l'accident

Le point d'impact initial se trouve dans la pente à une altitude de 740 ft. À cet endroit, la végétation a disparu, et la terre est imbibée de carburant. Des débris appartenant à la partie avant et inférieure de la cellule y ont été retrouvés, dont les patins. À droite de cette zone, on trouve de profondes marques dans la terre, visiblement causées par le rotor principal.



Figure 11 : point d'impact initial (vues aérienne et au sol)

Une trouée dans la végétation, jonchée de débris, remonte depuis le point d'impact suivant un axe nord-sud jusqu'au sommet plat de la colline, où se trouve l'épave. Celle-ci est dans une position trois quarts dos, à une cinquantaine de mètres du point d'impact initial. La poutre de queue et le plan fixe se trouvent dans cet axe, à sept mètres du point d'impact.



Figure 12 : trouée dans la végétation entre le point d'impact et l'épave



Figure 13 : vue aérienne de l'épave

Le CVFDR a été retrouvé intact à sa place dans l'épave, tout comme la carte PCMCIA du système HUMS. La balise de détresse a été retrouvée légèrement endommagée et séparée de son antenne, dans l'axe de la trouée dans la végétation. Une des deux tablettes tactiles de l'équipage a été retrouvée fortement endommagée, à proximité de l'épave. Des débris de JVN ont été retrouvés à proximité du point d'impact.

1.11.2. Examen de l'aéronef

L'appareil est totalement détruit. La structure de la cabine s'est désintégrée. Dans le poste de pilotage, l'avionique est endommagée à divers degrés selon les instruments. La position des commandes de vol est impossible à déterminer, car les palonniers ont été arrachés, et bien que les commandes de pas cyclique et collectif soient toujours présentes dans le poste de pilotage, elles sont tordues et cassées.

Seule la position des poignées de commande des moteurs sur les leviers de pas collectif est visible, sur le cran « vol » des deux côtés.



Figure 14 : vues de la partie avant et arrière de l'épave

La partie mécanique arrière de l'hélicoptère est moins endommagée : les moteurs sont toujours reliés à la cellule, tout comme la boîte de transmission principale (BTP), la boîte de transmission intermédiaire (BTI), la boîte de transmission arrière (BTA), le bloc servocommandes et le plancher mécanique.



Figure 15 : vues d'un des moteurs et de la poutre de queue

Les turbines libres des deux moteurs, la BTP, intègre, et la liaison BTI/BTA tournent librement. Les vannes de décharge sont ouvertes.

La poutre de queue est arrachée, ce qui a cassé la transmission arrière. Les deux rotors, principal et anticouple, sont détruits. On retrouve sur l'ensemble du site une multitude de fragments de matériaux composites et de mousse provenant des pales.

1.12. Renseignements médicaux

1.12.1. Pilote commandant de bord

- Dernier examen médical³² :
 - type : classe 1, délivrée par le centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) de Toulon le 4 septembre 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : mortelles

³² Conforme à la Part-MED du règlement européen (UE) n° 1178/2011 du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile.

1.12.2. MOB

- Dernier examen médical :
 - type : membre d'équipage de cabine, CEMPN de Toulouse du 18 avril 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : mortelles

1.12.3. Secouriste

- Dernier examen médical :
 - type : visite médicale du travail du 17 octobre 2019
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : mortelles

1.13. Incendie

Sans objet.

1.14. Organisation des secours

Quatre à cinq minutes après avoir perdu le contact radio et radar avec l'hélicoptère, le contrôleur avertit son chef de tour. Le bureau de transmission des informations de vol (BTIV) informe l'*aeronautical rescue coordination center* (ARCC) de Lyon à 20h53 et dépose directement une phase d'alerte DÉTRESFA³³ à 21h01, le contact avec l'aéronef ayant été perdu en circulation d'aérodrome.

Aucune balise de détresse n'est détectée, mais un transpondeur 7014 en vol est reçu à proximité de Fréjus. L'ARCC Lyon procède à une levée de doute, qui révèle qu'il s'agit d'un autre hélicoptère de la sécurité civile. L'ARCC décide à 21h30 de déclencher une opération de recherche et sauvetage (*search and rescue* – SAR) et de faire décoller l'hélicoptère Fennec Cosaque 12 de la base aérienne d'Orange vers la dernière position connue. Les recherches terrestres ont quant à elles commencé depuis 21h12 avec des pompiers. À 21h37, l'ARCC propose à la préfecture des Bouches-du-Rhône de déclencher une phase de sauvetage aéroterrestre (SATER), et à 22h22 demande au préfet maritime de Toulon le concours d'un hélicoptère de la Marine nationale afin de couvrir la zone maritime à proximité du dernier contact radar.

À 22h07, une demande de géolocalisation³⁴ est adressée aux opérateurs de téléphonie mobile des trois occupants de l'hélicoptère via le centre d'opérations et de renseignement de la gendarmerie (CORG). À 22h53, le téléphone portable du pilote est géolocalisé sur la commune de Ventabren, à l'ouest d'Aix-en-Provence, 40 kilomètres au nord du dernier écho radar. L'ARCC attribue cette zone de recherche à un deuxième hélicoptère Fennec de la base d'Orange, Murène SAR, qui décolle à 23h35. Les pilotes des deux Fennec rapportent une météo défavorable pour les recherches. Murène SAR, qui n'a rien trouvé autour de Ventabren, rejoint Cosaque 12 à 00h13 pour chercher vers le dernier point détecté par le radar, car l'information de géolocalisation des téléphones des deux autres membres d'équipage à l'heure de l'accident est reçue à 23h59 et indique qu'ils se trouvaient à Vitrolles.

À 00h06, un hélicoptère Panther de la Marine nationale décolle de Hyères et commence les recherches maritimes à l'ouest de Marseille à 00h15.

À 00h09, le GHSC propose le concours de Dragon 301 de Nîmes, équipé d'un phare. L'ARCC prend la décision de remplacer Murène SAR par Dragon 301 lorsque celui-ci devra quitter sa zone pour ravitailler.

À 01h14, Cosaque 12 signale qu'il a découvert l'épave. L'ARCC lui demande de rester à sa verticale afin de guider les secours au sol. À leur arrivée sur la zone, ceux-ci confirment le décès des trois occupants.

À 03h22, l'ARCC de Lyon demande la fin de l'opération SAR.

³³ Il existe trois phases d'alerte aéronautique successives : INCERFA, ALERFA, DÉTRESFA.

³⁴ La géolocalisation d'un téléphone mobile est basée sur l'identification des antennes relais auxquelles il s'est connecté. Selon le nombre d'antennes relais dans la zone, la précision obtenue peut varier de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres.

98 véhicules, quatre hélicoptères et deux bateaux ont été engagés. L'épave a été découverte 4h26 après le déclenchement de l'alerte. L'accident n'était pas survivable.



Figure 16 : zones de recherche créées par l'ARCC de Lyon

1.15. Essais et recherches

L'exploitation des données de l'enregistreur de vol et du système HUMS est réalisée par le département de restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) de DGA EP/DESA.

Une analyse des facteurs organisationnels et humains est réalisée par l'IRBA en collaboration avec l'ergonome du BEA-É.

Une analyse météorologique est réalisée par Météo-France.

L'analyse des fluides prélevés sur l'épave est réalisée par DGA EP/DESA.

L'expertise des casques, des JVN et de la balise de détresse est réalisée par DGA TA/MTI.

L'expertise des téléphones portables de l'équipage et de la tablette retrouvée est réalisée par le bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).

1.16. Renseignements sur les organismes

1.16.1. Le GHSC

Les aéronefs de la sécurité civile sont regroupés au sein du GMA. Celui-ci se compose :

- d'un échelon central de direction et de coordination à Paris ;
- du groupement d'avions de la sécurité civile (GASC) ;
- du groupement hélicoptères de la sécurité civile (GHSC).

Le GHSC comprend un échelon de direction, qui assure depuis la base de Nîmes le commandement, la coordination et la mise en condition des moyens alloués aux bases d'hélicoptères. Son autorité s'exerce sur vingt-trois bases d'hélicoptères (sites permanents) et cinq détachements saisonniers.

De plus, le GHSC possède son propre centre de formation à Nîmes, agréé *approved training organization* (ATO) par la direction générale de l'aviation civile (DGAC) sous le numéro FRA.ATO.0032. Il est doté de deux EC 145, quatre pilotes instructeurs et deux MOB instructeurs.

La mission première de l'ATO est d'assurer les formations aux qualifications de type (QT) EC 145 des pilotes recrutés à la sécurité civile et leur renouvellement. Sa mission secondaire est d'assurer des renforts opérationnels lors d'évènements exceptionnels comme les inondations.

1.16.2. La zone de défense et de sécurité sud et son centre opérationnel de zone

La zone de défense et de sécurité sud est responsable de l'organisation de la sécurité nationale et de la défense civile du sud de la France. Elle comprend vingt et un départements regroupés en trois régions (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie, Corse), ce qui représente environ 20% du territoire. Le préfet de zone est le préfet des Bouches-du-Rhône.

Un état-major interministériel de zone (EMIZ) prépare et met en œuvre les mesures concourant à la sécurité nationale, notamment en matière de sécurité civile et de gestion de crise. Le COZ est l'organe de coordination opérationnelle de l'EMIZ, il est situé dans la ville de Marseille.

La zone sud dispose de six bases d'hélicoptères de la DGSCGC (Cannes, Marignane, Montpellier, Perpignan, Ajaccio, Bastia) et de deux détachements saisonniers l'été. L'un des chefs de base de la zone sud est désigné chef inter-bases et assure un rôle de coordinateur 3D des moyens aériens pour le COZ lors de crises de sécurité civile de grande ampleur. Lorsque le coordinateur 3D ne se trouve pas physiquement au COZ pour des raisons opérationnelles, un autre pilote peut être amené ponctuellement à assurer le rôle de conseiller technique auprès de l'EMIZ à Marseille.

Le jour de l'évènement, le coordinateur 3D est le chef de la base de Marignane. Comme il se trouve au Luc pour pouvoir suivre les hélicoptères sur le radar de la tour de contrôle, le chef des moyens opérationnels du GHSC est détaché comme conseiller technique à l'EMIZ.

Les modalités selon lesquelles les hélicoptères de la DGSCGC sont déclenchés dans la zone sud sont définies dans l'ordre zonal d'opérations hélicoptères (OZOH) de la zone.

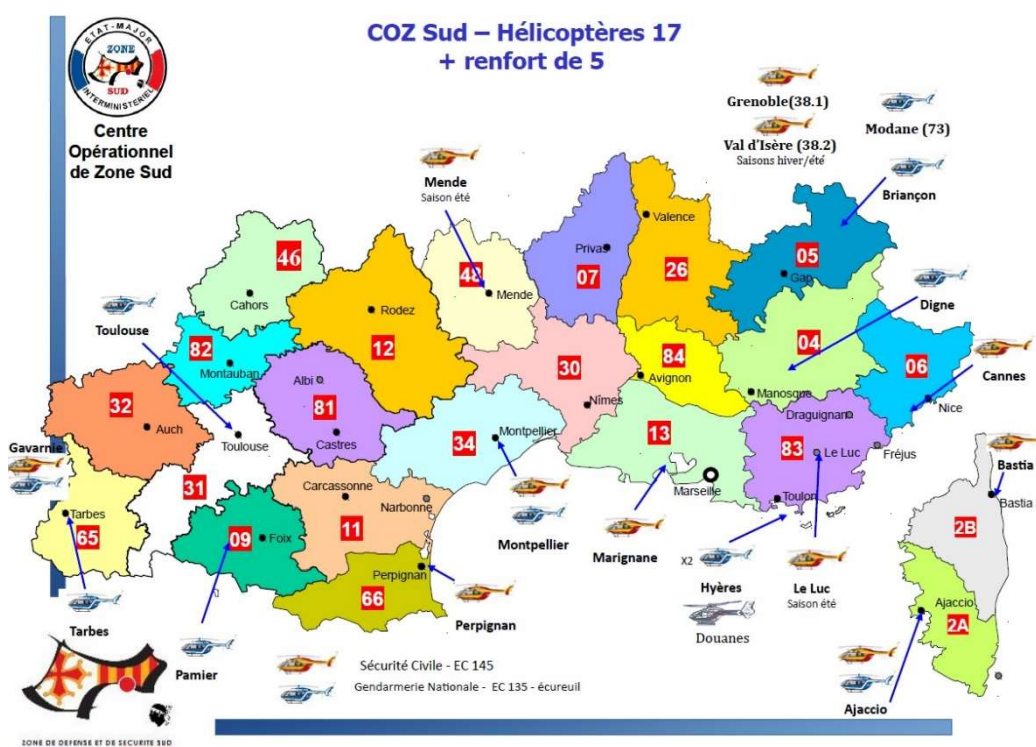


Figure 17 : répartition des moyens aériens identifiés dans l'OZOH sud

Depuis 2019, l'OZOH de la zone sud remplace les anciennes règles de déclenchement des hélicoptères de la DGSCGC de façon expérimentale, ce qui doit donner lieu à un retour d'expérience au bout d'un an. Ainsi, les hélicoptères de la DGSCGC sont déclenchés par le COZ pour les missions urgentes.

Une conférence téléphonique à trois est alors organisée entre le COZ, le pilote et le demandeur afin d'étudier la faisabilité de la mission. Après le décollage, le pilote contacte par radio le COZ, qui va le suivre jusqu'à son arrivée sur le lieu de la mission où il est mis à disposition du demandeur. Dans d'autres zones de défense et de sécurité, les centres opérationnels départementaux d'incendie et de secours (CODIS) peuvent déclencher eux-mêmes les hélicoptères de la DGSCGC basés dans leur département.

1.16.3. L'organisme de contrôle de Marseille Provence

L'aéroport de Marseille Provence est doté d'un important organisme de contrôle de la circulation aérienne. Il gère la CTR Provence, la TMA³⁵ Provence et les SIV³⁶ 1 à 6 Provence. Les communications par radio VHF sont assurées sur :

- une fréquence prévol ;
- une fréquence sol ;
- deux fréquences tour ;
- deux fréquences d'approche ;
- un ATIS³⁷ ;
- trois fréquences allouées aux SIV.

Le centre de contrôle dispose d'un radar primaire³⁸ et d'un radar secondaire³⁹.

L'organisation et le fonctionnement du centre de contrôle sont définies de façon détaillée dans le manuel d'exploitation de Marseille Provence. Les contrôleurs sont répartis sur plusieurs positions de contrôle, armées ou non en fonction de la situation du trafic :

- sol ;
- loc (tour) ;
- approche ;
- délestage ;
- chef de tour.

Au moment de l'évènement, la configuration était la suivante : un contrôleur sol, un contrôleur loc et un assistant loc, un contrôleur d'approche et un assistant d'approche, un chef de tour. Le contrôleur et l'assistant d'approche travaillent dans la salle d'approche située sous la vigie.

Une nouvelle équipe prend son service à 20h00 et relève l'équipe en place. Le contrôleur loc montant effectue 15 minutes de travail environ puis quitte sa position pour aller préparer une collation, deux niveaux plus bas dans la tour de contrôle. Pendant cette période, il est remplacé par un collègue qui fait décoller le Dragon 30 à 20h36. Pendant le ravitaillement moteurs tournants, le Dragon 30 reste sur la fréquence loc.

À 20h39, le Dragon 30 est déjà en vol quand le contrôleur loc revient de la cuisine. C'est lui qui répond au pilote lorsqu'il demande à faire demi-tour en raison de la météo et qui l'a en contact VHF jusqu'à l'accident.

1.17. Renseignements complémentaires

1.17.1. Cadre réglementaire européen

Jusqu'en 2008, l'aviation civile en France était réglementée par les règles dites *joint aviation requirements* (JAR), comprenant notamment les règles de l'air (RDA), le service de la circulation aérienne (SCA) ou encore le *flight crew licensing* (FCL). Outre la France, ces règles étaient en vigueur dans un groupe de pays dit *joint aviation authorities* (JAA) et implémentées dans le droit national de chacun des états membres.

Le 8 avril 2008, le règlement (CE) n° 216/2008 a acté la création de l'agence européenne de la sécurité aérienne (AESA). Dans les années suivantes, l'AESA a implémenté un ensemble réglementaire qui a progressivement remplacé les réglementations nationales des états membres basées sur les JAR.

³⁵ TMA : *terminal manoeuvring area* – zone de manœuvre terminale.

³⁶ SIV : secteurs d'information de vol.

³⁷ ATIS : *automatic terminal information service* – service automatique d'information d'aérodrome. Fréquence sur laquelle est diffusé de façon automatique un message enregistré donnant des informations opérationnelles sur l'aérodrome.

³⁸ Radar émettant une onde électromagnétique qui se réfléchit sur les aéronefs en vol, même non équipés de transpondeur.

³⁹ Radar émettant une interrogation radio à laquelle répondent les transpondeurs des aéronefs équipés.

Ainsi, le 4 décembre 2012, le règlement (CE) n° 923/2012 a instauré les *standardised European rules of the air* (SERA) (amendées en 2016 par le règlement (CE) n° 2016/1185). Le règlement (CE) n° 1178/2011 a quant à lui créé le Part-ORA (*organisation requirements for aircrew*), définissant les exigences à satisfaire par les organismes de formation de pilotes.

1.17.2. Conditions de vol à vue à Marseille Provence

Comme l'espace aérien de Marseille Provence est de classe D⁴⁰, le décollage ou l'atterrissage d'aéronefs en régime VFR n'y est possible que si les conditions météorologiques suivantes⁴¹, appelées conditions VMC⁴², sont réunies :

- visibilité supérieure ou égale à cinq kilomètres ;
- hauteur du plafond nuageux supérieure ou égale à 1 500 ft.

À défaut, et de jour uniquement, le contrôle peut accorder une autorisation VFR spécial aux aéronefs qui en font la demande⁴³.

Conformément aux règles européennes qui en prévoient la possibilité⁴⁴, la France a implémenté une dérogation pour accorder une autorisation VFR spécial de nuit aux hélicoptères, à condition qu'ils maintiennent une vitesse inférieure à 140 kt et qu'ils évoluent en dehors des nuages. Les conditions météorologiques suivantes⁴⁵ doivent alors pouvoir être maintenues :

- visibilité en vol supérieure ou égale à quatre kilomètres ;
- hauteur du plafond nuageux supérieure ou égale à 1 000 ft ;
- hors des nuages et en vue du sol.

1.17.3. Fonctionnement des JVN

Les jumelles de vision nocturne (JVN) permettent de voir la nuit grâce à des tubes d'intensification de lumière. Les tubes des JVN sont parallèles, ce qui fait perdre la capacité de vision binoculaire à percevoir les reliefs. L'image vue par les pilotes est une image plane qui perturbe l'évaluation des distances. De plus, le faible angle d'ouverture optique des tubes intensificateurs de lumière rend le champ visuel très réduit, à environ 10 à 15% du champ visuel normal. Cette limitation impose de balayer du regard la zone que l'on veut observer, par des rotations de la tête, pour recomposer le champ visuel. La conjugaison de ces deux limitations rend difficile et potentiellement longue la détection du rapprochement d'un objet peu lumineux. En outre, les performances des JVN dépendent des conditions de visibilité et leur faible résolution limite les capacités de reconnaissance des formes et des mouvements.

⁴⁰ Espace aérien contrôlé dans lequel il est nécessaire d'avoir un contact radio et d'obtenir une autorisation pour pénétrer. Les services rendus par le contrôle sont l'alerte, l'information de vol, la séparation entre IFR/IFR et IFR/VFR spécial ou de nuit.

⁴¹ SERA.5005 b) - *Standardised European Rules of the Air* – règles de l'air européennes standardisées.

⁴² VMC : *Visual meteorological conditions* – conditions météorologiques de vol à vue.

⁴³ SERA.5010 c).

⁴⁴ SERA.5010 a).

⁴⁵ FRA.5010 a).

2. ANALYSE

L'analyse qui suit est structurée en trois parties : le résultat des expertises, la séquence de l'évènement et l'identification des causes.

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Fluides prélevés sur l'épave

Différents fluides ont été prélevés sur l'épave afin de vérifier leur conformité avec les fluides préconisés. Il s'agit de :

- carburant prélevé dans le réservoir de l'hélicoptère ;
- fluide hydraulique prélevé dans les circuits 1 et 2 ;
- huile moteur prélevée dans les moteurs droit et gauche ;
- huile prélevée dans la BTP.

Les analyses ont montré que tous les fluides sont du type préconisé :

- le carburant est du type F-34 ;
- le fluide hydraulique est du type H-515/9 ;
- l'huile des moteurs et de la BTP est du type O-156.

Ces fluides ne sont pas pollués, mais pour l'huile moteur les analyses ont mis en évidence la disparition d'additifs présents dans l'huile neuve et l'apparition de nouveaux composés. Ceci est le résultat de l'usure normale de l'huile.

Les fluides employés sur l'hélicoptère sont du type préconisé et ont des caractéristiques conformes à l'attendu.

2.1.2. Données du CVFDR et du système HUMS

2.1.2.1. Analyse des données vocales

Les données vocales enregistrées comprennent les voix du pilote, du MOB et du secouriste sur l'interphone de bord, ainsi que les communications radio sur la fréquence active. Une transcription complète des voix du dernier vol a été effectuée.

Les principaux éléments révélés par l'écoute des données vocales du CVFDR sont les suivants :

- avant le décollage, le MOB exprime des doutes sur le trajet choisi par le pilote ;
- après le décollage, le pilote et le MOB annoncent l'utilisation de leurs JVN ;
- le pilote décide de régler l'alarme de la radiosonde à 300 pieds car elle sonne régulièrement au début du vol lorsqu'elle est réglée à 500 pieds ;
- quelques secondes après que le contrôleur lui a demandé de croiser les axes, le pilote indique sur l'interphone de bord qu'il vole maintenant aux instruments ;
- le MOB exprime alors sa désapprobation de la situation, et le pilote le rassure.

2.1.2.2. Analyse des données de vol

Les données sont enregistrées toutes les quatre secondes sur le CVFDR. L'accident a eu lieu juste avant l'écriture de la mémoire tampon sur le CVFDR, provoquant la perte des quatre dernières secondes du vol. Un travail de recoupement avec les données du HUMS a permis de reconstituer les paramètres jusqu'à la fin du vol.

La planche suivante présente les paramètres principaux du vol, depuis le décollage jusqu'à l'accident :

- altitude pression en pieds : ZP(ft) ;
- hauteur radiosonde en pieds : RADIO_HEIGHT(ft) ;
- vitesse indiquée en nœuds : IAS(kt) ;
- cap en degrés : HEADING(deg).

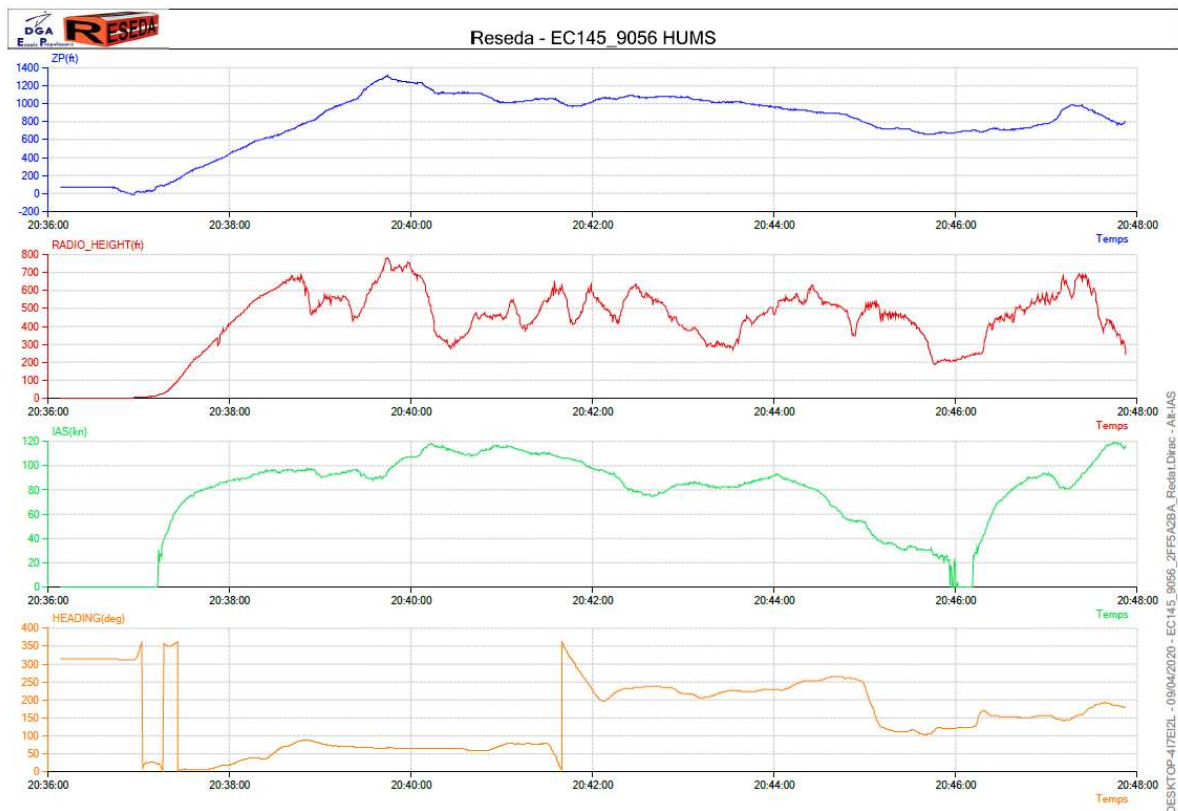


Figure 18 : données du CVFDR

Le vol a eu lieu à une hauteur radiosonde comprise entre 200 et 800 pieds, avec quatre points bas en dessous de l'alarme de la radiosonde réglée à 300 pieds. Au moment de l'impact, la vitesse indiquée est légèrement inférieure à 120 nœuds.

L'altitude pression diminue légèrement sur les dernières secondes du vol, puis commence à augmenter juste avant l'impact, alors que la hauteur radiosonde diminue fortement. Ceci montre que l'hélicoptère vole à grande vitesse face à un relief abrupt.

La figure suivante montre le profil topographique sous la trajectoire finale de l'hélicoptère. Elle a été générée à partir des données des cartes IGN. On constate que le relief monte de 120 mètres sur une distance horizontale de 400 mètres, alors que le terrain était relativement plat auparavant. À une vitesse de 120 kt, une distance de 400 mètres est parcourue en six secondes environ. On observe également que le point d'impact est presque au sommet de la colline (740 ft – 225 mètres).



Figure 19 : profil topographique sous la trajectoire finale de l'hélicoptère

L'analyse des données de vol montre également qu'à l'impact l'hélicoptère est incliné de 10° à droite et a une assiette à cabrer d'environ 2°, en augmentation. Il suit un cap au sud (180°). Juste avant l'impact, une augmentation du pas général est identifiée.

L'analyse des données de vol extraites du CVFDR et recoupées avec celles du HUMS montre qu'aucun facteur technique n'est à l'origine de l'évènement. L'hélicoptère fonctionnait normalement et était piloté jusqu'à l'impact.

L'accident est de type *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT), défini comme l'impact de l'aéronef avec le relief sans perte de contrôle du pilote aux commandes.

2.1.3. Balise de détresse

Les EC 145 de la DGSCGC disposent d'une balise de détresse capable d'émettre un signal audio sur la fréquence de détresse 121,5 MHz et la position de l'appareil en numérique sur 406 MHz.

La fréquence 121,5 MHz est en effet veillée par les organismes de contrôle et par de nombreux aéronefs, et 406 MHz par les satellites du réseau COSPAS-SARSAT⁴⁶. La balise de détresse est activée automatiquement lors d'un choc violent ou manuellement par l'équipage, afin de faciliter les opérations de recherche et sauvetage en cas d'accident.

La balise de l'EC 145 n° 9056 a été retrouvée à proximité de l'épave sur le site de l'accident, en bon état malgré l'arrachement de l'antenne. Elle s'est activée à l'impact (diode rouge clignotante sur le boîtier) :



Figure 20 : balise de détresse

Son expertise a été menée par DGA TA au sein de l'atelier avionique du GHSC à Nîmes. Les essais de l'interrupteur d'impact ont montré son bon fonctionnement. En revanche, en l'absence d'antenne, le signal émis sur 121.5 MHz est audible à une dizaine de mètres seulement. De plus, le mode 406 MHz ne fonctionne pas, probablement en raison d'un endommagement interne.

Ces balises sont conçues pour des impacts survivables, ce qui n'était pas le cas de cet accident.

L'arrachement de l'antenne et l'endommagement interne de la balise de détresse n'ont pas permis de localiser l'appareil accidenté.

2.1.4. Jumelles de vision nocturne

Les JVN qui équipaient les deux membres d'équipage de conduite au moment de l'accident sont des JVN HELIE version sécurité civile fabriquées par Thales. Cette version de dernière génération a été spécialement conçue pour s'adapter aux casques en service à la DGSCGC. De plus, leur filtrage a été adapté à l'éclairage du poste de pilotage des EC 145 utilisés et un boîtier d'alimentation raccordé au réseau électrique de bord a été monté sur l'arrière des casques par l'intermédiaire de bandes auto-agrippantes.

⁴⁶ Réseau mondial d'alerte et de localisation de radiobalises de localisation des sinistres.

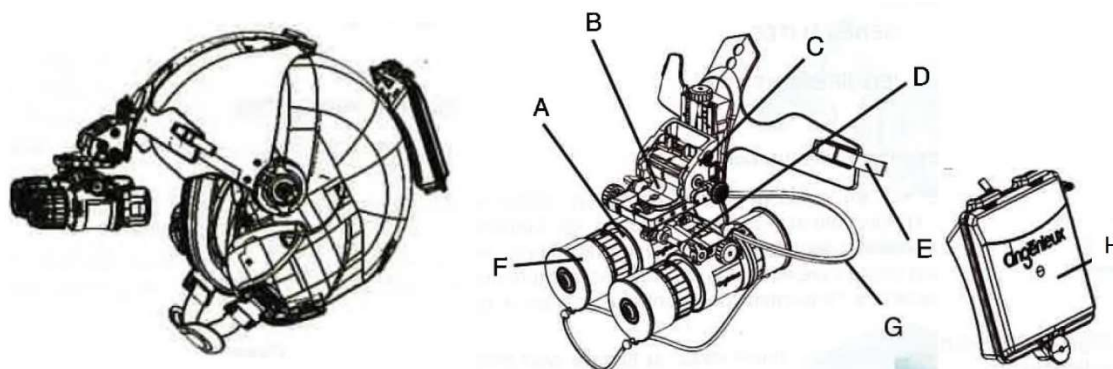


Figure 21 : vue des JVN, de leur support et alimentation

Des débris des deux paires de JVN ont été retrouvés sur le site de l'accident. Les deux paires de tubes intensificateurs de lumière et les boîtiers d'alimentation sont manquants.



Figure 22 : débris des JVN retrouvés

En l'absence des tubes intensificateurs de lumière, il n'a pas été possible de déterminer le niveau de performance des JVN. En revanche, l'expertise du support de tête a montré qu'au moment de l'accident, le MOB portait ses JVN devant les yeux. Il n'a pas été possible de déterminer la position de celles du pilote en raison de leur endommagement.

Au moment de l'accident, le MOB portait ses JVN devant les yeux.

2.1.5. Casques de l'équipage

Le casque du pilote présente des endommagements compatibles avec les blessures observées, et sa jugulaire a été arrachée. Ceci laisse penser qu'il était correctement porté et que l'arrachement de la jugulaire est dû à l'impact.

Le casque du secouriste présente également des endommagements cohérents avec les blessures et sa jugulaire est retrouvée fermée et intacte. Le casque est resté en place au moment de l'accident.

En revanche, le casque du MOB est très peu endommagé. La jugulaire a été retrouvée ouverte et intacte. De plus, son réglage est très serré et semble difficilement compatible avec un verrouillage correct. Ceci laisse supposer que le MOB a perdu son casque à l'impact, en raison d'une jugulaire mal ou non verrouillée.

Les casques du pilote et du secouriste étaient correctement portés et attachés. Le MOB a perdu son casque à l'impact, possiblement en raison d'une jugulaire mal ou non verrouillée.

2.1.6. Tablettes et téléphones portables de l'équipage

Les trois membres d'équipage avaient chacun leur téléphone portable personnel sur eux en fonctionnement pendant le vol. Le pilote et le MOB disposaient de deux tablettes tactiles iPad fournies par la sécurité civile pour la préparation du vol et l'aide à la navigation.

Les trois smartphones personnels ont été retrouvés sur le site de l'accident, ainsi qu'une des deux tablettes iPad. L'autre n'a pas été retrouvée, ni sur le site ni dans l'épave.

Sur les trois téléphones, seul celui du pilote a pu être exploité en raison de l'endommagement ou du verrouillage des deux autres. La tablette, fortement endommagée, a pu être exploitée par le BEA en réimplantant la carte mère dans un appareil neuf.

L'exploitation du contenu du téléphone du pilote a révélé plusieurs éléments utiles à l'analyse de l'évènement :

- à 19h51, le pilote a reçu un appel de 32 secondes du coordinateur 3D ;
- à 19h57, le pilote a passé un appel de 12 secondes au coordinateur 3D ;
- le pilote a lu le METAR de Marseille Provence émis à 20h00 à l'aide de l'application *Aeroweather*.

L'analyse de la tablette a montré que celle-ci n'a pas été utilisée le jour de l'accident.

2.1.7. Analyse météorologique sur le lieu de l'accident

Le site de l'accident se trouve à huit kilomètres de l'aéroport de Marseille Provence, disposant d'une station météorologique dont sont issues les données à disposition de l'équipage. Comme aucune autre station météorologique n'est présente à proximité immédiate du lieu de l'accident, les observations ci-dessous sont basées sur l'imagerie satellite et sur l'interprétation de différents modèles par Météo-France et donc susceptibles de différer légèrement des conditions réelles rencontrées localement.

Cependant, l'équipage de l'avion de ligne arrivé juste après l'accident rapporte un temps clair pendant l'approche au-dessus de la ville de Marseille, puis la rencontre d'une couche nuageuse inattendue sur le massif de l'Estaque. Les témoignages des secours à terre déclenchés peu de temps après l'accident pour la recherche de l'épave sont concordants avec les données des modèles.

L'imagerie satellite indique la présence de nuages très bas à Marseille Provence et sur le lieu de l'accident à des horaires proches de l'heure de l'évènement :

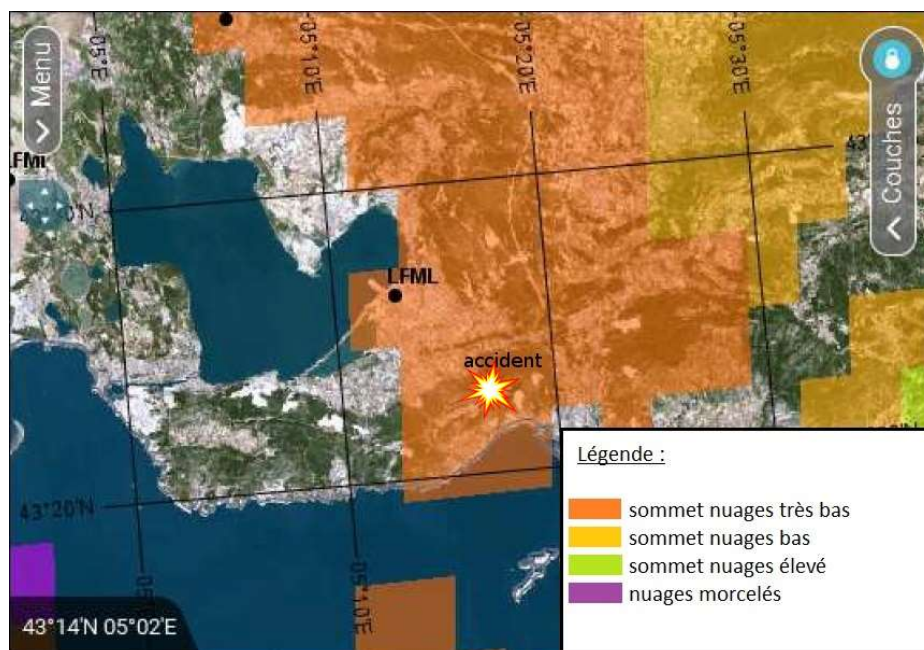


Figure 23 : représentation de la nébulosité observée à 20h30 par le satellite Météosat seconde génération 4

Le modèle AROME indique qu'à 21h00 un nuage bas chapeaute le massif de l'Estaque. Ce nuage accroche le sommet de la colline où a eu lieu l'accident :

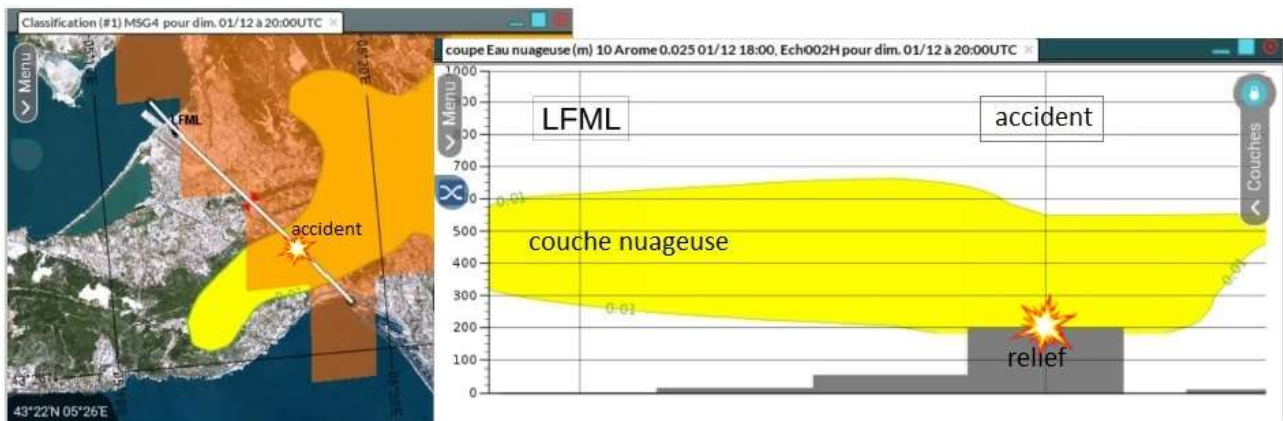


Figure 24 : représentation en coupe de la nébulosité prévue pour 21h00 par le modèle AROME (calcul de 19h00)

À 20h45, le modèle AROME indique une visibilité horizontale minimale de 520 mètres sur le lieu de l'accident :

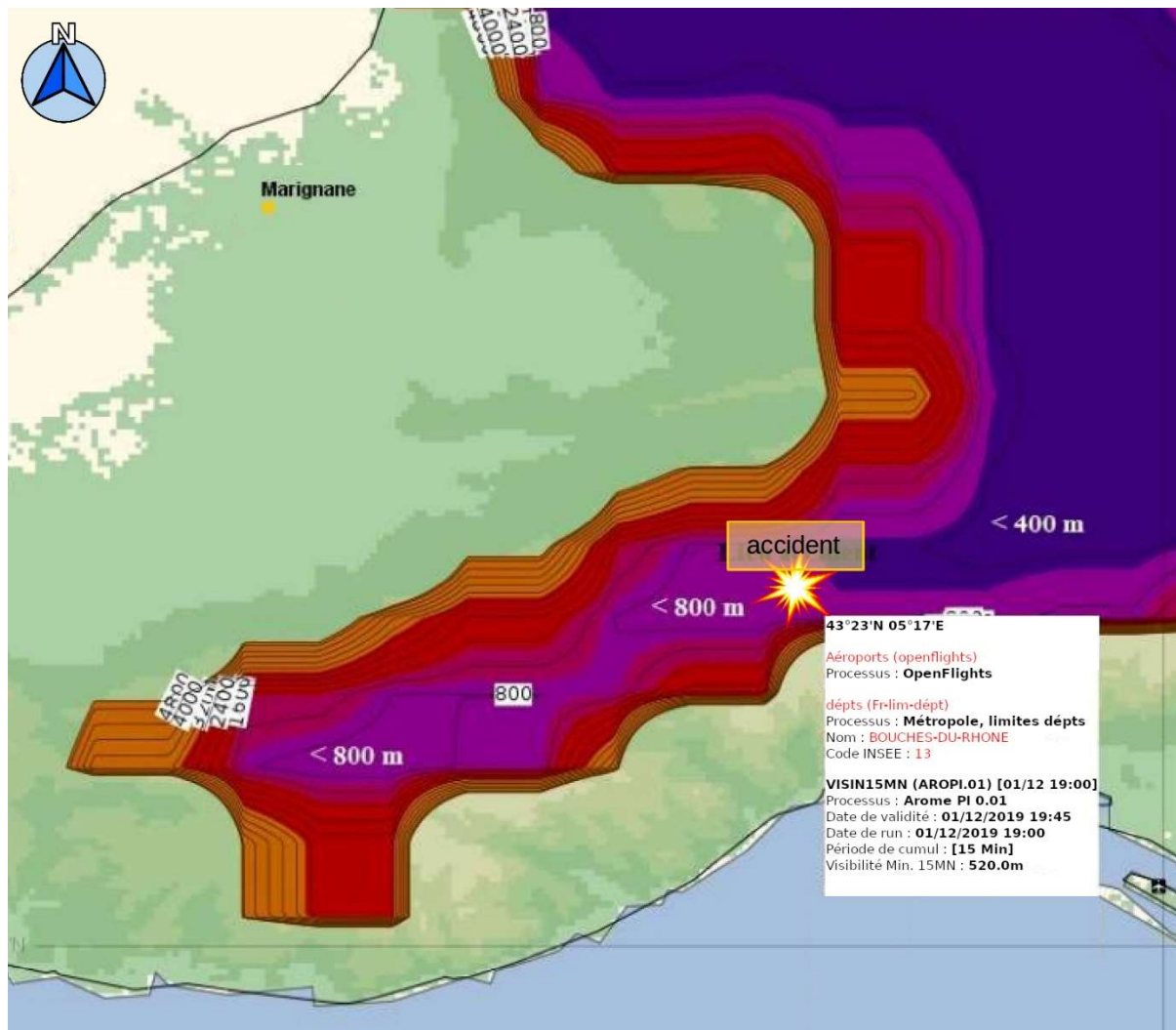


Figure 25 : représentation de la visibilité prévue pour 20h45 par le modèle AROME (calcul de 20h00)

2.2. Séquence de l'évènement

La séquence de l'évènement qui suit est basée sur l'analyse des données vocales et de vol extraites du CVFDR, ainsi que sur l'exploitation du téléphone portable du pilote.

Entre 19 heures et 20 heures, l'équipage est en train de dîner au centre de secours de Martigues avec des pompiers.

- À 19h51, le coordinateur 3D appelle le pilote sur son téléphone portable. La conversation dure 32 secondes.
- À 19h57, le pilote rappelle le coordinateur 3D. La conversation dure 12 secondes.

Ces deux conversations téléphoniques correspondent probablement à l'ordre donné de rejoindre Le Luc.

- Entre 20h00 et 20h30, le pilote consulte le METAR de Marseille Provence sur son téléphone personnel.
- À 20h20, l'hélicoptère décolle de Martigues.
- À 20h27, l'hélicoptère se pose à la base de la sécurité civile située sur l'aéroport de Marseille Provence.
- Entre 20h27 et 20h35, le MOB effectue le plein de carburant pendant que le pilote et le secouriste restent dans l'hélicoptère, rotor tournant.
- À 20h36, le MOB remonte dans l'hélicoptère. Le pilote lui fait part de son intention de rejoindre Le Luc par l'intérieur des terres. Le MOB exprime ses doutes.
- À 20h36, l'hélicoptère décolle.
- À 20h41, le pilote annonce au contrôleur qu'il fait demi-tour et souhaite rejoindre la côte.
- À 20h43, le contrôleur met l'hélicoptère en attente au nord de l'aéroport avant de croiser les axes des pistes vers la côte.
- À 20h46 et 50 secondes, le contrôleur demande à l'hélicoptère de croiser les axes rapidement.
- À 20h46 et 57 secondes, le pilote annonce qu'il vole maintenant aux instruments.
- À 20h47 et 7 secondes, le MOB exprime sa désapprobation de la situation. Le pilote le rassure.
- À 20h47 et 43 secondes, l'hélicoptère impacte le relief dans le massif de l'Estaque.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

Les causes de l'évènement sont recherchées dans le domaine des facteurs organisationnels et humains.

2.3.1. Écarts aux règles

2.3.1.1. Emploi de la circulation aérienne militaire à la DGSCGC

Les consignes permanentes opérationnelles (CPO) du GHSC indiquent que les hélicoptères de la sécurité civile évoluent en circulation aérienne militaire (CAM) dès lors que leurs équipages utilisent les JVN. Cependant, aucun texte ne précise clairement quel type de CAM⁴⁷ est employé. Ainsi, les équipages ne connaissent pas les *minima* météorologiques à respecter lors de ce type de vol, à part ceux donnés par les CPO (3 000 mètres de visibilité et 1 000 ft de plafond), qui n'ont pas évolué depuis 2008.

Or, il appartient à l'autorité d'emploi de définir des règles d'exploitation en cas d'utilisation de la CAM T afin de garantir un niveau de sécurité acceptable pour les autres usagers aériens ainsi que pour les personnes et les biens à la surface (RCAM.5040).

Les règles de vol en CAM lors de l'utilisation des JVN ne sont pas définies par la DGSCGC.

2.3.1.2. Emploi de la CAG-VFR par l'équipage

Comme l'équipage a décollé de Marseille Provence sans JVN, le régime de vol employé à ce moment là est celui de la circulation aérienne générale, et plus précisément les règles de vol à vue (CAG-VFR). L'analyse qui suit est donc basée sur ce régime de vol.

Au moment du décollage à 20h36, le plafond nuageux est de 1 100 ft (METAR émis à 20h30). Les conditions VMC ne sont donc pas réunies, car le plafond requis est de 1 500 ft.

⁴⁷ Il existe plusieurs types de CAM, avec chacun ses règles d'emploi, notamment en ce qui concerne les *minima* météo.

Bien que l'hélicoptère ne puisse pas décoller en VFR, l'équipage a la possibilité de demander une clairance VFR spécial (cf. §1.9), car les conditions de visibilité et de plafond sont compatibles avec ce régime depuis 20h30 sous condition d'une vitesse adaptée. Cependant, l'équipage n'en fait pas la demande au contrôle, ni à l'arrivée depuis Martigues ni au départ vers Le Luc.

Le pilote, qualifié IFR, n'a pas non plus envisagé d'effectuer le vol sous le régime IFR. Ceci aurait nécessité une préparation plus approfondie de la navigation et le dépôt d'un plan de vol. Cependant, les conditions météorologiques n'étaient pas compatibles avec un vol en IFR en EC 145 (présence de cumulonimbus noyés dans la couche nuageuse et de givrage).

Juste avant l'accident, l'hélicoptère entre dans la couche nuageuse et l'équipage perd toutes ses références visuelles extérieures. Le pilote décide de poursuivre sur la trajectoire aux instruments, alors qu'il vole selon les règles du vol à vue. Il n'envisage pas à ce moment là ni de faire demi-tour ni de monter à l'altitude de sécurité.

Les règles de la CAG-VFR n'ont pas été respectées et aucun autre régime de vol (VFR spécial, IFR) n'a été envisagé. Après le passage involontaire en IMC, le pilote poursuit aux instruments alors qu'il n'a ni anticipé cette possibilité ni demandé un régime de vol compatible.

2.3.1.3. Non-respect de la vitesse recommandée

Le SERA.5010 b)(3) recommande aux pilotes d'hélicoptères en conditions de VFR spécial en zone de contrôle l'adoption d'une vitesse adaptée à la visibilité :

Visibilité (m)	Vitesse conseillée (kt)
800	50
1500	100
2000	120

Figure 26 : vitesses recommandées par le SERA.5010 b)(3)

Ainsi lorsque la visibilité est inférieure ou égale à 800 mètres, la vitesse recommandée est de 50 kt. L'analyse de Météo-France développée au §1.6 indique une visibilité horizontale comprise entre 400 et 800 mètres sur le massif de l'Estaque. Or, l'hélicoptère poursuit sur sa trajectoire à 116 kt, soit plus de deux fois la vitesse recommandée. À cette vitesse, une distance de 400 mètres est parcourue en six secondes environ et laisse très peu de temps pour réagir si un obstacle est perçu sur la trajectoire.

Le soir de l'évènement, le trafic est important sur l'aéroport de Marseille Provence en raison des déroutements pour cause météo de vols commerciaux à destination de Nice. Suite au demi-tour de l'hélicoptère pour rejoindre la côte, le contrôleur l'autorise à croiser les axes des pistes entre deux arrivées de vols commerciaux et l'incite à le faire rapidement. Cela a pu induire une perception d'urgence pour le pilote et l'inciter à ne pas réduire sa vitesse tant qu'il se trouve dans les axes des pistes.

La vitesse adoptée par le pilote n'était pas adaptée aux conditions météorologiques et est à l'origine de l'évènement.

L'incitation à couper les axes rapidement par le contrôleur a pu être à l'origine d'un sentiment d'urgence pour le pilote, l'incitant à maintenir une vitesse élevée malgré les conditions de visibilité dégradées.

2.3.1.4. Non-respect des hauteurs minimales de vol

Les pilotes d'hélicoptères de la sécurité civile sont qualifiés IFR mais en pratique volent essentiellement sous le régime de vol VFR. La France prévoit pour ces hélicoptères une dérogation⁴⁸ aux hauteurs minimales de vol normalement prescrites en vol VFR⁴⁹ lorsque la réalisation de la mission l'exige, sous réserve que le manuel d'exploitation décrive les procédures opérationnelles adaptées à ce type d'opérations. Les hauteurs minimales de vol sont donc fixées par les CPO, qui font office de manuel d'exploitation au GHSC.

Selon les CPO et selon le guide d'exécution des vols sous JVN, la marge de franchissement d'obstacle (MFO) est de 500 ft minimum. Le réglage de l'alarme des radiosondes sur cette valeur est prescrit avant la mise en stationnaire par les checklists des EC 145, et permet à l'équipage d'être averti s'il descend en dessous de cette hauteur.

Au départ de Marseille, les alarmes des deux radiosondes sont bien réglées sur 500 ft par l'équipage, conformément aux procédures. Cependant, peu de temps après le décollage, l'hélicoptère vole vers Le Luc par l'intérieur des terres avec un plafond déjà bas. Le relief dans cette zone monte progressivement, provoquant une diminution de la hauteur de vol, contrainte par les nuages, et par conséquent le déclenchement de l'alarme des radiosondes. En raison de la gêne occasionnée par l'alarme sonore, le pilote propose de diminuer le seuil de l'alarme. Le MOB propose alors une valeur de 400 ft, mais le pilote règle la sienne à 300 ft et le MOB accepte de faire de même. Le pilote a donc estimé qu'il maîtrisait suffisamment le risque pour voler plus bas. Malgré ce réglage à 300 ft, l'alarme sonne à trois reprises au cours du vol, indiquant des hauteurs bien en deçà des 500 ft réglementaires. Lorsque l'hélicoptère rentre dans la couche nuageuse et perd le contact visuel avec le sol, le MOB et le pilote conservent ce réglage à 300 ft, diminuant ainsi le temps dont ils disposent pour réagir en cas de rapprochement avec le sol.

Le réglage de l'alarme des radiosondes à 300 ft est contraire aux procédures de la sécurité civile. Il a permis à l'équipage d'adopter une hauteur de vol trop faible, élément contributif de l'évènement. De plus, ce réglage a retardé la prise de conscience de l'équipage de son rapprochement avec le sol juste avant l'accident.

2.3.1.5. Procédure de sauvegarde en cas de rentrée involontaire en IMC

Le jour de l'évènement, en rencontrant des conditions se dégradant localement, l'équipage cherche un compromis entre sa hauteur de vol et le plafond nuageux afin de conserver les références visuelles. Du fait d'une hauteur déjà faible, l'hélicoptère vole très près de la base des nuages. Ce compromis a finalement conduit à un passage non souhaité en IMC, entraînant la focalisation de l'équipage sur la recherche de la vue du sol au détriment de l'application de la procédure de sauvegarde.

En cas de rentrée involontaire en IMC au cours d'un vol VFR, la procédure à suivre pour un pilote qualifié IFR est de monter dans la couche nuageuse aux instruments jusqu'à l'altitude de sécurité permettant de s'affranchir du relief, puis d'avertir le contrôleur de la situation. L'altitude de sécurité est définie comme l'altitude de l'obstacle le plus haut se trouvant dans un rayon de 5 NM auquel on ajoute une marge de 500 ft. Une antenne culminant à 2 339 ft d'altitude se trouve à l'est de l'aéroport de Marseille Provence, l'altitude de sécurité au moment de l'entrée en couche est donc de 2 900 ft (arrondie à la centaine de pieds supérieure). Or, le pilote a poursuivi le vol à une altitude comprise entre 700 et 900 ft sous l'axe de finale de l'aéroport.

**Malgré leur qualification IFR, les pilotes de la sécurité civile favorisent le vol VFR même lorsque les conditions sont marginales.
Focalisé sur la recherche de références visuelles au sol, l'équipage n'a pas adopté la procédure de sauvegarde lors de la rentrée involontaire en IMC.**

⁴⁸ Article 2-1 de l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif à la mise en oeuvre du règlement d'exécution (UE) n° 923/2012.

⁴⁹ Par les SERA.3105, SERA.5005 c)(4) et SERA.5005 f).

2.3.1.6. Utilisation du code transpondeur 7014

Les équipages d'hélicoptères de la sécurité civile ont l'habitude d'utiliser les codes transpondeur 7014 ou 7015. Ces codes transpondeur correspondent au transport hospitalier urgent. Sur le radar du contrôleur, la position de l'aéronef utilisant un de ces codes est représentée par la mention « HOSP » en orange. Ces codes induisent donc pour le contrôle une représentation d'urgence du vol. L'urgence perçue entraîne chez les contrôleurs une volonté de faciliter la circulation de ces aéronefs, afin de leur éviter de perdre du temps dans l'intérêt du patient.

Le jour de l'évènement, le Dragon 30 décolle avec le code transpondeur 7014, alors qu'il effectue un vol de liaison vers le Luc sans patient à bord et sans urgence. L'équipage avait déjà utilisé le même code l'après-midi du jour de l'évènement, lors des mises en sécurité des deux personnes piégées dans leur maison par la montée des eaux. Par facilité, les usages légitimes se cumulent ainsi avec des abus d'utilisation de ce code.

L'affichage par l'équipage d'un code transpondeur inadapté à la mission a pu créer une fausse perception d'urgence pour le contrôleur et favoriser une attitude de laisser-faire⁵⁰.

2.3.2. Conscience de la situation

Dans ce contexte particulier de vol à vue de nuit en présence d'un plafond bas, le risque de collision avec le relief est élevé. La conscience de ce risque est basée sur :

- la connaissance du terrain, du relief et des obstacles ;
- la conscience de la trajectoire dans le plan horizontal ;
- la conscience de la trajectoire dans le plan vertical.

2.3.2.1. Connaissance de la zone et préparation du vol

Plusieurs témoins indiquent que le pilote n'est pas familier de la zone entourant l'aéroport de Marseille Provence. Son manque de connaissance de la topographie autour de l'aéroport a donc pu conduire à l'élaboration d'une représentation erronée du relief du terrain survolé. En revanche, le MOB connaît la zone de façon plus approfondie car il y effectue des renforts.

L'équipage a par ailleurs effectué une escale de jour à Marseille Provence aux alentours de 17 heures pour avitailler. Ce vol a pu donner au pilote une représentation minimale de l'environnement. Il n'a cependant pas survolé le massif de l'Estaque qui ne se situait pas sur sa trajectoire.

Lors de son atterrissage à Marseille Provence à 17h05, le pilote ne reconnaît pas les éléments caractéristiques de la base de la sécurité civile, ce qui accrédite de fait l'hypothèse d'un état de connaissances en cours d'acquisition concernant l'aéroport de Marseille Provence.

En conditions de visibilité dégradée et de nuit, la préparation de la navigation par l'analyse des cartes constitue l'un des moyens les plus adaptés pour élaborer une représentation mentale de la topographie du terrain survolé. Aucun élément de l'enquête ne permet de dire si la navigation a été préparée avant le vol de l'accident et la chronologie de l'évènement ne semble pas laisser de place à une telle préparation. Sur les deux tablettes prévues à cet effet, une seule a été retrouvée et son expertise a montré qu'elle n'a pas été utilisée le jour de l'accident.

Selon l'expertise du téléphone du pilote, l'appel du coordinateur 3D lui demandant de se mettre en place a été reçu à 19h51. Le pilote l'a ensuite rappelé à 19h57, vraisemblablement pour lui confirmer son départ. C'est aussi dans cette plage horaire que le pilote a dîné avec des pompiers au centre de secours de Martigues, pour un décollage effectif à 20h20. Le pilote a donc disposé d'une vingtaine de minutes pour finir de dîner, préparer l'appareil et la mission, ce qui accrédite l'hypothèse d'une préparation de la navigation inexistante. Pourtant, la nature de ce vol de liaison ne justifie pas d'urgence particulière, et le coordinateur 3D affirme ne pas avoir donné de délai au pilote pour arriver au Luc.

⁵⁰ Attitude qui consiste à ne pas ou peu intervenir, du fait d'un *leadership* inefficace ou par volonté de plaire.

L'hypothèse d'une conscience erronée du risque de collision avec le relief est également confortée par le choix initial du trajet. En effet, deux routes peuvent être empruntées pour se rendre au Luc depuis Marseille Provence :

- par l'intérieur des terres, plus rapide mais avec l'inconvénient du risque constitué par le survol du relief dans une zone où la visibilité est réduite ;
- par la côte, route moins risquée grâce au survol de la mer, mais plus longue.

Le choix du trajet passant par l'intérieur des terres est annoncé par le pilote au MOB dans l'hélicoptère, moteurs tournants après l'avitaillement à Marseille Provence, soit deux minutes avant le décollage. Malgré des doutes émis par le MOB sur la faisabilité de ce plan de vol, le pilote semble confiant dans son choix. Cette confiance dans le choix de la route la plus risquée est un indice qui conforte une représentation mentale incomplète du risque de collision lié au relief dans cette zone. Toutefois, le risque est géré par le pilote par l'anticipation d'un possible demi-tour en cas de difficulté, ce qu'il indique au MOB pour justifier son choix.

Le manque de connaissance topographique de la zone survolée, associé à une préparation de la navigation incomplète, est à l'origine d'une conscience erronée de la situation par le pilote. En particulier, le risque de collision avec le relief dans un contexte de vol en conditions visuelles dégradées et de nuit n'a pas été anticipé par le choix de la route la plus adaptée.

2.3.2.2. Conscience de la trajectoire dans les plans horizontal et vertical

Le dernier changement de cap survient lorsque l'hélicoptère croise les axes de piste de l'aéroport, après quelques minutes en attente à vitesse réduite. Le pilote prend alors un cap 180°, route la plus directe pour rejoindre la côte. Le pilote maintient son cap jusqu'à l'évènement.

L'adoption des règles VFR en conditions non VMC et le réglage de l'alarme de la radiosonde à 300 ft, écarts volontaires explicités précédemment, ont conduit le pilote à voler à une hauteur inférieure à la hauteur réglementaire. Cette hauteur de vol augmente le risque que constitue la proximité avec le relief. Dans les conditions de visibilité dégradée causées par l'entrée involontaire dans la couche nuageuse, l'attention des deux membres d'équipage de conduite semble avoir porté sur la recherche de références visuelles au sol, au moins dans les secondes précédant l'impact. Cette situation potentiellement génératrice d'un état émotionnel anxieux a pu entraîner un coût attentionnel et cognitif important pour l'équipage de conduite.

En effet, le pilote a déjà changé de trajectoire à deux reprises au début du vol, estimant à chaque fois le risque lié aux conditions météorologiques trop élevé. Il n'est alors plus dans une navigation anticipée mais dans une navigation réactive face à l'évolution de la situation. Ce type de situation requiert des ressources cognitives et attentionnelles importantes. Les échanges verbaux montrent que les deux membres d'équipage portent leur attention sur la couche nuageuse et sur les références visuelles quelques instants avant l'accident. Par ailleurs, un problème technique mineur (panne du chauffage) rapidement résolu les occupe quelques instants avant l'entrée en couche.

Dans ce contexte, il est possible que le pilote ait perdu la conscience de sa hauteur de vol. En effet, en l'absence de référence visuelle, seul un contrôle visuel régulier de la radiosonde permet d'apprécier la position relative de l'aéronef par rapport au sol. Compte tenu de l'importance des ressources cognitives et attentionnelles déjà mises en jeu pour toutes les autres tâches du vol, il est probable que l'équipage ne la surveillait pas.

Environ cinq secondes avant l'accident, l'alarme de la radiosonde sonne mais l'équipage ne l'acquiesce pas et continue à rechercher la vue du sol. Il est donc probable que l'équipage, fortement sollicité cognitivement à ce moment, n'ait pas perçu l'alarme sonore.

Enfin, l'expertise a montré que le MOB portait ses JVN au moment de l'accident et il est probable que le pilote aussi, puisqu'il l'a annoncé après le décollage. Or, les JVN permettent d'augmenter les capacités perceptives mais ne restituent efficacement ni le relief, ni les distances, ni la hauteur.

**Le cap est maintenu par le pilote jusqu'au moment de l'évènement.
La perte de la vue du sol et l'emploi des JVN ont conduit à une surcharge cognitive à l'origine d'une perte de conscience de la hauteur de vol, facteur contributif de l'évènement.**

2.3.2.3. Système de navigation *Euronav*

La présence à bord des hélicoptères de la sécurité civile du système de navigation *Euronav 7* est une aide précieuse pour l'évitement du relief et apporte une meilleure conscience de la situation.

Une séquence enregistrée l'après-midi de l'évènement révèle que le pilote connaît et utilise fréquemment cet outil. Cependant, en l'absence de préparation de la navigation, les ressources du pilote sont probablement insuffisantes pour interagir efficacement avec le système au moment de l'entrée en couche. Aucun indice au niveau des données vocales ou de vol ne montre qu'il a été utilisé lors du vol de l'accident.

L'hélicoptère est équipé du système de navigation *Euronav 7*. Cependant, au moment de l'accident, le pilote n'est probablement pas suffisamment disponible cognitivement pour interagir avec l'interface.

2.3.3. Persévération

Lorsqu'un pilote se trouve en situation de persévération, c'est-à-dire lorsqu'il persiste dans la réalisation d'un plan d'actions malgré les indices lui signalant que la situation est devenue risquée, il est très difficile de sortir seul de ce mode cognitif. Pour cela, il faut qu'il puisse remettre en question sa représentation de la situation. Le rôle des autres acteurs du vol est alors essentiel, en partageant notamment leur propre représentation de la situation. Chez l'opérateur en persévération, c'est la confrontation à une représentation de la situation différente de la sienne qui peut réussir à déclencher une remise en question de sa propre représentation de la situation et ainsi adapter son plan d'actions. Ce rôle positif des autres acteurs du vol n'est possible que si les représentations sont divergentes. C'est pourquoi le rôle des autres acteurs du vol, contrôleur aérien et MOB, est étudié.

2.3.3.1. Rôle du contrôle aérien

2.3.3.1.1. Consultation de l'ATIS

Au premier contact avec l'organisme de contrôle de Marseille Provence, les pilotes doivent indiquer avoir pris connaissance de l'ATIS, message pré-enregistré diffusant des informations sur l'état de l'aéroport et de la météo sur une fréquence dédiée. Ce message est renouvelé à intervalles réguliers ou lors de changements significatifs et est désigné par une lettre de l'alphabet international, permettant au contrôleur de savoir si l'aéronef dispose d'une information à jour. Bien que l'expertise a montré que le pilote a consulté le METAR de 20h00 sur son téléphone portable, il n'a pas écouté l'ATIS de Marseille Provence ni à l'arrivée depuis Martigues ni au décollage, et ne l'a donc pas indiqué au contrôleur. Cela aurait dû alerter le contrôleur sur la conscience de la situation météorologique du pilote. Au moment de l'arrivée, l'ATIS diffusait pourtant l'information *Uniform* de 19h34 rapportant une couverture nuageuse à 900 ft, information essentielle puisque ces conditions sont incompatibles avec tout vol VFR ou VFR spécial. En l'absence de mention de la consultation de l'ATIS à l'arrivée puis au départ de Marseille Provence, le contrôleur n'a pas informé le pilote des conditions météorologiques défavorables. Une première barrière de sécurité a ainsi été franchie. Par ailleurs, il n'a pas été possible de déterminer si l'équipage a consulté les TAF et SIGMET avant de partir.

En l'absence de consultation de l'ATIS par le pilote, le contrôleur ne lui a pas indiqué les conditions météorologiques défavorables, ne permettant pas la remise en question de son plan d'action.

2.3.3.1.2. Contrôleur sol

Avec les conditions météorologiques qui prévalaient sur l'aéroport de Marseille Provence au moment du redécollage de l'hélicoptère, le pilote aurait dû demander au contrôleur une autorisation de vol VFR spécial. D'après le manuel d'exploitation de Marseille Provence, le contrôleur sol peut refuser cette autorisation : *« Le départ est refusé par l'intermédiaire du contrôleur PREVOL/SOL si la visibilité est inférieure à 1 500 mètres et ou le plafond inférieur à 600 ft. Si le pilote déclare malgré tout vouloir décoller, les services ATS lui communiquent tous les éléments nécessaires au roulage et au décollage ».*

Or, arrivant de Martigues, l'hélicoptère est resté en veille sur la fréquence tour (loc) pendant l'avitaillement moteurs tournants et n'est donc pas passé par le contrôleur sol sensé vérifier la compatibilité du régime de vol envisagé avec les conditions météorologiques. Ainsi, une deuxième barrière de sécurité a été franchie.

L'absence de contact sur la fréquence sol par le pilote après l'avitaillement n'a pas rendu possible la vérification de la compatibilité des conditions météo avec un vol en VFR ou VFR spécial par le contrôleur sol.

2.3.3.1.3. Procédures du contrôle pour les hélicoptères de la sécurité civile

Si le contact sur la fréquence sol est imposé au trafic général de l'aéroport, le manuel d'exploitation de l'organisme de contrôle ne le décrit pas clairement pour les départs d'hélicoptères de la sécurité civile depuis le taxiway situé devant la base. Le manuel d'exploitation mentionne simplement une coordination nécessaire entre le contrôleur loc et le contrôleur sol : *« Des décollages et atterrissages hélicoptère de la Sécurité civile ont lieu depuis le taxiway FOX. Ils font l'objet d'une coordination entre le LOC/ASS LOC et le SOL ».*

Le contact sur la fréquence sol n'est pas décrit dans les procédures du contrôle pour les hélicoptères venant ravitailler moteurs tournants à la base de la sécurité civile.

2.3.3.1.4. Charge cognitive du contrôleur

À son arrivée depuis Martigues, l'hélicoptère est pris en charge par un contrôleur remplaçant temporairement le contrôleur loc en poste descendu à la cuisine pour préparer une collation. La tour se retrouve en sous-effectif alors que la charge de travail est particulièrement importante en raison du déroutement de vols commerciaux à destination de Nice pour cause d'intempéries. Il est probable que les ressources cognitives et attentionnelles requises pour assurer la régulation du trafic ont conduit à une saturation cognitive du contrôleur remplaçant le contrôleur loc.

La charge de travail causée par l'importance du trafic a pu contribuer aux écarts observés de la part du contrôleur remplaçant temporairement le contrôleur loc : défaut d'information météorologique et absence de vérification de la compatibilité des conditions avec le régime VFR.

2.3.3.1.5. Laisser-faire du contrôle aérien

Dans l'après-midi, quand le Dragon 30 vient ravitailler à Marseille Provence après la mission de secours dans le secteur de Pertuis, les conditions météorologiques se traduisent par la présence de nuages à 600 ft. Au premier contact avec la tour, le contrôleur annonce spontanément à l'équipage *« une sortie de la couche nuageuse attendue vers 500 à 600 ft en finale »* et demande son intention.

Malgré ces conditions, le pilote répond qu'ils vont effectuer une approche à vue. Surpris, le contrôleur lui demande alors à quelle altitude il compte descendre. Le pilote lui répond *« là je vous avoue que je suis en train de me battre avec les nuages »*. Le contrôleur lui répond finalement *« de toute façon à discrétion pour la navigation et l'altitude bien sûr, restez VFR autant que faire se peut, le volume est à vous, et vous me rappelez à la tour du radar de Vitrolles si vous la voyez »*.

Pourtant, le manuel d'exploitation de Marseille Provence indique : « *Si les conditions météorologiques sont inférieures aux minima de VFR spécial, le contrôleur en informe le pilote et lui demande ses intentions. Si le pilote déclare vouloir atterrir à Marseille Provence, malgré cette information, le contrôleur lui communique les paramètres d'atterrissage et lui demande de rappeler en vue des installations. Il lui fournit au besoin toute information utile pour assurer le bon déroulement de l'arrivée, et lui demandera s'il se déclare en état d'urgence. La seule autorisation qui sera délivrée, sera l'autorisation d'atterrissage. Après l'atterrissage et l'éventuelle clôture du plan de vol, une fiche d'incident (situation d'urgence) ou une fiche d'infraction (non urgence) sera établie* ». Dans le cas présent, aucune fiche d'incident ou d'infraction n'a été établie.

Depuis l'après-midi du jour de l'évènement, le contrôle affiche une complaisance avec le non-respect des règles de vol VFR par le Dragon 30. Ce laisser-faire ne permet en aucun cas pas la remise en question des décisions et des actions de l'équipage.

2.3.3.2. Travail en équipage

Juste avant l'accident, l'équipage de conduite a déjà par deux fois changé son plan d'action en raison de la météo. Au deuxième changement, alors que les conditions ne s'améliorent pas et que l'équipage perd la vue du sol, le pilote poursuit et décide de passer en vol aux instruments. Cette attitude peut s'expliquer à la fois par :

- une absence de remise en question des décisions du pilote par le MOB ;
- une absence de remise en question de ses propres décisions par le pilote ;
- une persévération collective.

2.3.3.2.1. Doutes du MOB

À plusieurs reprises, le MOB exprime des doutes mais accepte la décision du pilote, sans qu'aucun dialogue ne soit réellement engagé au sein de l'équipage et que des solutions alternatives soient discutées :

- dès le choix de la route par l'intérieur des terres avant le décollage, il dit : « *Ouais... ça va le f... ça va le faire ou quoi ?* » ;
- lors de la décision de baisser l'alarme de la radio-sonde, le MOB propose de la baisser à 400 ft mais le pilote décide de la régler à 300 ft ;
- lors de la décision de rejoindre la côte il interroge : « *Carrément sur la côte là ?* » ;
- au moment de la rentrée dans la couche nuageuse, environ 20 secondes avant l'impact : « *C'est pas terrible ton affaire là hein... Non ?* ».

Dans cette dernière expression de doute, le MOB utilise le pronom « ton », ce qui peut révéler qu'il ne se sent pas en accord avec la poursuite du vol dans ces conditions, ou tout du moins qu'il ne s'associe pas à cette décision.

On peut supposer que la proximité du sol en conditions visuelles dégradées a engendré un état d'anxiété chez le MOB, soulignant une conscience du risque de collision avec le sol. Ses énoncés contrastent en effet avec ceux du pilote qui tente de verbaliser un état de confiance, comme par exemple 18 secondes avant l'impact : « *Bon je suis aux instruments hein, donc tout va bien, là on est... Je suis sûr que... il peut rien nous arriver* ».

Les doutes exprimés à plusieurs reprises par le MOB sur les décisions du pilote ne sont ni étayés ni argumentés, ne permettant pas de remise en question des actions.

2.3.3.2.2. Divergence de conscience de la situation

Les doutes exprimés par le MOB vont dans le sens de consciences de la situation divergentes entre les deux membres d'équipage. La façon dont ils sont exprimés ne permet cependant pas au pilote de remettre en question sa propre représentation de la situation.

Ce type d'interactions au sein de cet équipage peut être expliqué par la différence de statut entre les deux membres. Même s'il a un rôle d'aide au pilotage, le fait de ne pas être pilote peut induire chez le MOB un sentiment de ne pas avoir la qualification suffisante pour discuter les décisions prises par le pilote.

De précédents rapports d'enquêtes (S-2019-04-I et S-2015-010-I) ont mis en évidence un type d'interactions similaire au sein des équipages d'hélicoptères de la sécurité civile. Ces éléments questionnent sur la formalisation du partage des tâches et des relations au sein des équipages pilote/MOB des hélicoptères de la sécurité civile.

La conscience de la situation est divergente chez les deux membres d'équipage de conduite, traduisant un défaut de synergie entre le pilote et le MOB.

2.3.3.2.3. Exploitation monopilote

À la sécurité civile, le pilotage est réalisé en monopilote, alors que dans les armées le pilotage des hélicoptères est le plus souvent réalisé en multipilote voire avec un mécanicien navigant comme troisième membre d'équipage. Le niveau d'exigence technique souvent élevé des missions militaires est alors géré par la répartition des tâches entre les deux pilotes et le mécanicien navigant. La répartition préalable des tâches favorise la synergie au sein de l'équipage et ainsi la performance et la sécurité.

Le pilote a une expérience militaire multipilote longue et riche. Il est arrivé à la sécurité civile moins d'un an avant l'accident. La nature de son expérience dans les armées a pu le conduire à une surcharge de travail dans cette situation de vol où il a dû gérer en monopilote l'ensemble des tâches de pilotage et de surveillance.

En effet, sur ses 4 269 heures de vol, il en a effectué 3 695 en multipilote.

L'expérience du pilote, majoritairement en exploitation multipilote, a pu contribuer à une surcharge de travail lors du vol de l'accident du fait de la configuration monopilote de la sécurité civile.

2.3.3.3. Composition de l'équipage

Le pilote a une forte expérience aéronautique. Il totalise plus de 4 200 heures de vol sur tout type d'aéronef mais seulement 219 heures sur EC 145, ce qui s'explique par son arrivée récente au sein de la sécurité civile en février 2019. Son expérience passée très opérationnelle fait de lui un pilote aux compétences jugées rares par ses pairs.

Le MOB est arrivé à la sécurité civile depuis plusieurs années mais n'occupe cette fonction que depuis environ un an. Il totalise seulement 210 heures de vol sur EC 145. Cependant, si son expérience en vol à la sécurité civile est limitée, il a une expérience importante comme mécanicien navigant dans l'ALAT. Il est lui aussi habitué aux équipages multipilotes. Cette culture le prédispose à rester en retrait dans la conduite de la mission.

Les témoignages ont montré que le pilote était perçu comme particulièrement compétent techniquement. Cette image a pu induire un fort sentiment de confiance du MOB vis-à-vis du pilote, qui le connaît bien, et ainsi favoriser l'acceptation de ses décisions même en cas de doute. La forte expérience du pilote a également pu créer un sentiment de manque de légitimité de la part du MOB pour remettre en cause ses décisions.

L'expérience, les compétences et l'image du pilote auprès de ses pairs ont pu conduire le MOB à un excès de confiance vis-à-vis du pilote.

2.3.3.4. Sentiment de maîtrise de la situation

L'expérience passée du pilote, très opérationnelle, lui a permis d'acquérir de solides compétences en conditions de vol difficiles avec notamment plus de 700 heures de nuit sous JVN. Cette expérience peut lui avoir conféré un sentiment de maîtrise du risque dans une situation qu'il connaît.

Ce sentiment de maîtrise du risque peut avoir favorisé un biais de confirmation l'empêchant de percevoir les indices contredisant sa décision de poursuivre le vol aux instruments. Le pilote s'est alors focalisé uniquement sur les indices validant sa décision, créant ainsi pour lui un sentiment erroné d'invulnérabilité. En effet, quelques instants avant l'accident, le pilote annonce qu'il ne peut rien leur arriver.

La forte expérience du pilote a pu entraîner un sentiment de maîtrise du risque et engendrer un biais de confirmation empêchant le renoncement.

2.3.3.5. Nature de la mission et motivation

Le pilote et le MOB sont tous les deux instructeurs à l'ATO et n'ont donc pas l'habitude de réaliser des missions de secours. Or, les personnels navigants qui intègrent la sécurité civile le font dans l'objectif de réaliser ces missions de secours, cœur du métier.

Compte tenu des intempéries exceptionnelles, le Dragon 30 est engagé en renfort le jour de l'évènement sur les opérations qui doivent se poursuivre dans la nuit. Il est probable que l'équipage soit particulièrement motivé pour ce type de mission exceptionnelle au regard de son activité ordinaire d'instruction et se refuse à envisager le renoncement.

Il est probable que l'équipage, habitué à ne réaliser que de l'instruction, soit particulièrement motivé pour ces missions de secours. Cet excès de motivation a pu inhiber la décision de renoncement à ce vol de liaison.

2.3.3.6. Pression temporelle

Ce vol est un vol de liaison ayant pour but de repositionner l'hélicoptère vers l'épicentre des intempéries. Il n'y a donc pas d'urgence liée à une mission de secours qui pourrait créer une pression temporelle. Cependant, le déclenchement du plan ORSEC-inondations indique un niveau de risque important pour la population et la perspective de nombreuses missions à réaliser.

Si aucun échange entre les membres d'équipage ne permet d'étayer une pression temporelle ressentie par l'équipage, une pression liée à une volonté d'être disponible le plus rapidement possible pour réaliser les missions ne peut cependant pas être exclue. Le délai de départ de Martigues après l'appel du coordinateur 3D, l'avitaillement moteurs tournants à Marseille Provence et le choix de la route la plus rapide pour aller au Luc reflètent cette volonté de ne pas perdre de temps.

Sans urgence avérée pour ce vol, la volonté de l'équipage de se rendre rapidement disponible pour les missions de secours de la nuit a pu créer une pression temporelle implicite.

2.3.3.7. Désignation de l'équipage sur la mission

Une note du chef du GHSC du 24 octobre 2016 définit comment les personnels de l'échelon central de Nîmes du GHSC, et plus particulièrement les instructeurs du centre de formation, peuvent effectuer des missions opérationnelles de renfort saisonnier auprès d'une base. Selon cette note, les deux pilotes instructeurs peuvent effectuer des renforts sur les bases qui ne nécessitent pas de qualification mer ou montagne sous réserve de détenir l'adaptation opérationnelle de la base concernée. Or, Marignane est justement une base exigeante car elle nécessite à la fois les qualifications mer et montagne.

Cette note est antérieure à l'arrivée de l'équipage de conduite au GHSC mais mentionnait nommément le prédécesseur du pilote. Elle cadre les renforts saisonniers et réguliers mais ne mentionne pas les renforts

exceptionnels, comme c'était le cas le jour de l'évènement. Aucun texte du GHSC n'indique quels personnels peuvent effectuer ces renforts.

L'adaptation opérationnelle en base est définie par les consignes permanentes d'entraînement et de contrôle (CPEC) et permet à un pilote d'entreprendre toute mission opérationnelle du secteur de la base concernée en relation avec ses qualifications. La formation comprend notamment une partie théorique sur la météorologie locale et une partie pratique avec des vols de reconnaissance permettant de repérer les obstacles de la zone de travail.

Cet équipage d'instructeurs du centre de formation a été désigné de façon exceptionnelle avant le week-end par le chef des moyens opérationnels (CMO), avec l'accord du cadre de permanence. Le MOB avait réalisé l'adaptation opérationnelle de la base de Marignane auprès de laquelle il effectuait déjà des renforts, mais pas le pilote.

Le manque de connaissance de la zone par le pilote s'explique par sa nomination sur cette mission de renfort alors qu'il ne possédait pas l'adaptation opérationnelle de la base de Marignane. Cette base est la plus exigeante en termes de qualifications (mer et montagne).

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est une collision avec le relief sans perte de contrôle (CFIT) consécutive à une rentrée involontaire en IMC au cours d'un vol en VFR de nuit.

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

L'équipage constitué effectue un vol de liaison entre le centre de secours de Martigues et l'aérodrome du Luc, avec une escale à l'aéroport de Marseille Provence pour avitailler. Il est initialement positionné à Martigues et doit se rendre disponible au Luc à la demande du COZ.

Le pilote et le MOB sont tous deux instructeurs au GHSC de Nîmes, et appelés à renforcer avec l'hélicoptère du centre de formation le dispositif de secours mis en place dans le cadre du plan ORSEC-inondations.

Les conditions météorologiques aux alentours de l'aéroport de Marseille Provence à l'heure de l'accident sont incompatibles avec un vol en VFR de nuit mais sont suffisantes pour demander un vol en VFR spécial. Plus précisément, le plafond nuageux est bas et la visibilité localement réduite sur les reliefs.

L'absence de contact sur la fréquence sol par le pilote après l'avitaillement n'a pas permis la vérification par le contrôleur sol des conditions VMC, prévue par le manuel d'exploitation pour le trafic général.

Le contrôleur loc s'est absenté pour préparer une collation quelques minutes après sa prise de poste et a dû être remplacé alors que le trafic était particulièrement important, favorisant une surcharge de travail pour son remplaçant.

Les analyses techniques montrent que l'hélicoptère ne présente pas de dysfonctionnement et est piloté jusqu'à l'impact.

L'écoute du CVR a révélé que le pilote et le MOB ont tous les deux allumé leurs JVN au début du vol, et les expertises techniques ont démontré que le MOB les portait toujours au moment de l'impact. Il n'a pas été possible de déterminer si le pilote les a également gardées jusqu'à l'accident, mais cette hypothèse est probable.

Le type de CAM employé pour les vols effectués sous JVN n'est pas défini dans les CPO de la DGSCGC.

Cette non-conformité a été relevée par la DSAÉ dans son procès-verbal de contrôle de la mise en œuvre du programme de sécurité de l'aéronautique d'État⁵¹.

La DSAÉ a indiqué dans ce PV que cette irrégularité est susceptible de révoquer l'autorisation de voler en CAM de la DGSCGC si celle-ci ne se met pas en conformité dans les plus brefs délais.

3.2. Causes de l'évènement

L'accident a été causé par une rentrée involontaire dans la couche nuageuse, qui associée à une vitesse trop élevée et à une hauteur de vol trop faible n'a pas permis de détecter le relief à temps pour l'éviter.

Outre la vitesse et la hauteur de vol, un certain nombre d'écarts ont rendu la collision avec le relief inévitable, notamment le réglage de l'alarme de la radiosonde à 300 ft et la non application de la procédure de sauvegarde en cas de rentrée involontaire dans la couche nuageuse.

Le manque de connaissance topographique de la zone survolée et une préparation de la navigation incomplète sont à l'origine d'une conscience de la situation erronée du pilote. Le pilote n'a pas réalisé l'adaptation opérationnelle de la base de Marignane.

La surcharge de travail pour le pilote dans les secondes précédant l'accident le rend probablement incapable de surveiller la radiosonde et d'utiliser le système de navigation *Euronav 7*.

Le choix d'effectuer le vol en VFR n'est pas adapté, les conditions VMC n'étant pas réunies à Marseille Provence. Les conditions permettaient cependant de demander une autorisation de vol en VFR spécial, mais le pilote n'en a pas fait la demande au contrôle.

⁵¹ N° 1695 ARM/DSAÉ/DIR/NP du 30 juillet 2020.

Ces décisions traduisent une pression temporelle interne à l'équipage, probablement causée par la grande motivation pour les missions de secours à venir, ainsi qu'une culture opérationnelle favorisant le vol en VFR en conditions marginales.

Le contrôle de Marseille Provence affiche un laisser-faire avec le non-respect des règles de vol VFR par le Dragon 30.

L'équipage affiche un code transpondeur correspondant au transport hospitalier urgent, induisant une fausse perception d'urgence pour le contrôleur.

L'incitation par le contrôleur à croiser rapidement les axes de pistes a pu être à l'origine d'un sentiment d'urgence pour le pilote de l'hélicoptère, l'encourageant à maintenir une vitesse élevée malgré les conditions météorologiques dégradées.

La forte expérience aéronautique du pilote a pu entraîner un sentiment de maîtrise du risque de sa part et générer un excès de confiance du MOB envers lui, se traduisant par la persévération et l'absence de renoncement observées.

Le MOB émet à plusieurs reprises des interrogations sur les décisions du pilote mais de façon non argumentée, ne permettant pas de remise en question des actions. La conscience de la situation est divergente chez les deux membres d'équipage de conduite.

La surcharge de travail dans les instants précédant l'accident s'explique par l'expérience importante du pilote en exploitation multipilote dans les armées.

Côté documentation, plusieurs irrégularités sont relevées dans la documentation opérationnelle du GHSC. Elles ont contribué à l'accident en ne permettant pas au pilote d'évaluer si les conditions permettaient le vol à vue. Les équipages du GHSC appuient leurs décisions concernant le régime de vol sur des textes incomplets ou caduques.

Enfin, le manuel d'exploitation de l'organisme de contrôle de Marseille Provence ne cadre pas suffisamment les procédures spéciales et dérogations accordées aux hélicoptères de la sécurité civile.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Mise en conformité de la documentation opérationnelle

Les CPO, qui font office de manuel d'exploitation au GHSC, datent de juin 2008 et sont basées d'après leur bibliographie sur les règles JAR. Le GHSC n'a pas modifié ses CPO suite à l'entrée en vigueur de la réglementation de l'AESA, et les équipages opèrent ainsi avec les hélicoptères de la DGSCGC selon des règles de l'air caduques depuis huit ans (les SERA datent de 2012). Or, les SERA ont instauré de nouveaux *minima* pour les conditions VMC et de nouvelles règles de survol, paramètres essentiels dont le non respect par l'équipage a conduit à l'accident. Les CPEC datent quant à elles de 2011 et comportent également de nombreuses références aux règles JAR obsolètes.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de mettre en conformité avec la réglementation de l'AESA les consignes permanentes opérationnelles et les consignes permanentes d'entraînement et de contrôle du GHSC.

R1 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

Cette recommandation a également été formulée par le BEA-É dans les rapports d'enquête de sécurité S-2019-09-A, S-2019-07-I, publiés après l'évènement et par la DSAÉ dans le procès-verbal du contrôle de mise en œuvre du programme de sécurité de l'aéronautique d'État de juillet 2020.

4.1.2. Désignation des équipages de renfort

La note du chef du GHSC⁵² indiquant les instructeurs du centre de formation qui peuvent être désignés pour effectuer des missions opérationnelles de renfort auprès des bases n'est pas à jour, et ne correspond pas aux personnels actuellement présents au GHSC. De plus, elle ne mentionne pas le cas des renforts exceptionnels. Le pilote a été désigné sur la mission sans avoir pu effectuer l'adaptation opérationnelle de la base de Marignane. Son manque de connaissance de la zone est pourtant un facteur de l'accident.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de mettre à jour la liste des personnels pouvant être désignés pour effectuer des missions opérationnelles de renfort, et de clarifier le cas des renforts exceptionnels.

R2 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

4.1.3. Analyse systématique des vols

Un certain nombre d'écarts par rapport aux procédures et à la réglementation ont conduit l'équipage à se retrouver en conditions IMC à basse hauteur et à grande vitesse, scénario menant bien souvent à un CFIT :

- vol en dessous de la hauteur minimale de 500 ft avec un réglage de l'alarme des radiosondes à 300 ft au lieu de 500 ft ;
- vitesse excessive compte tenu des conditions de visibilité ;
- absence de montée à l'altitude de sécurité lors du passage en IMC.

Par la nature des missions de la DGSCGC, les équipages peuvent être régulièrement conduits à agir en bordure, voire en dehors de certaines règles et procédures afin de favoriser le succès de leurs missions.

⁵² Abonnement et renforts des personnels de l'ECGH, 24 octobre 2016.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de s'assurer du respect des règles et procédures par des exploitations anonymes et aléatoires des données vocales des CVFDR de ses hélicoptères, et en particulier concernant les points suivants :

- hauteurs minimales de vol hors phases de secours ;
- réglage de l'alarme des radiosondes, notamment de nuit sous JVN ;
- maintien des conditions de vol à vue en vol VFR et VFR spécial ;
- vitesses recommandées par le SERA.5010 en VFR spécial ;
- montée à l'altitude de sécurité en cas de perte involontaire des conditions de vol à vue.

R3 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

Cette recommandation d'exploitation des CVFDR a déjà été formulée dans le rapport d'enquête de sécurité S-2019-04-I. La DGSCGC a répondu qu'il n'était pas possible techniquement d'étendre la durée d'enregistrement des CVFDR à plus de deux heures, mais qu'elle étudiait un relevé semestriel des enregistrements lors de la maintenance des CVFDR. Or, l'écoute des deux dernières heures seulement tous les semestres n'est pas suffisante pour assurer un bon contrôle, d'autant plus que la maintenance des CVFDR est une maintenance programmée dont les échéances sont connues des équipages. Le BEA-É a donc demandé à la DGSCGC de revoir cette réponse dans un courrier du 23 novembre 2020.

4.1.4. Utilisation des codes transpondeur spéciaux

L'équipage a utilisé pour les vols de la journée de l'évènement le code transpondeur 7014, réservé au transport hospitalier urgent. La mission qui a conduit à l'accident ne rentre pas dans cette catégorie de vol. Or, l'utilisation de ce code spécial provoque l'affichage sur le radar du contrôleur de la mention « HOSP » en orange, lui laissant penser que le Dragon 30 effectue un transport médical urgent. Ainsi, le contrôleur peut adopter plus facilement une attitude de laisser-faire par rapport au non respect des conditions VMC ou des procédures.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises d'encadrer l'utilisation des codes transpondeur spéciaux 7014 et 7015 et de s'assurer de leur utilisation dans le strict cadre prévu, c'est à dire pour le transport hospitalier urgent.

R4 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

4.1.5. Service d'information de vol

Le Dragon 30 se trouvant en espace aérien contrôlé (classe D), il bénéficie également du service d'information de vol rendu par l'organisme de Marseille Provence. D'après les SERA.9005 c), ce service comprend « *les renseignements disponibles sur la circulation et les conditions météorologiques le long de la route lorsque ces conditions sont susceptibles de rendre impossible la poursuite du vol selon les règles de vol à vue* ». La réglementation précédente JAR définissait les conditions météorologiques à fournir de la même façon, mais mentionnait « sur demande du pilote ». Ce détail essentiel a été supprimé par les SERA.

Le jour de l'évènement, le pilote n'a pas indiqué au contrôleur avoir écouté l'ATIS avant le décollage, n'a pas demandé à bénéficier du régime VFR spécial, et n'a pas non plus demandé d'informations météorologiques. Face à ces omissions, le contrôleur ne les lui a pas fournies de façon spontanée conformément aux SERA 9005 c), alors que les conditions VMC n'étaient pourtant pas réunies.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction des services de la navigation aérienne de s'assurer de la fourniture effective par les organismes de contrôle du service d'information de vol tel que décrit dans le SERA.9005 c), lorsque les conditions météorologiques rendent impossible la poursuite du vol en conditions de vol à vue et ce, même sans demande explicite du pilote.

R5 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGAC/DSNA

Cette recommandation a déjà été formulée par le BEA en juillet 2019 dans le rapport d'enquête de sécurité BEA2015-0345 suite à l'accident mortel d'un PA28 survenu le 1^{er} juillet 2015 à Treilles (11).

4.1.6. Établissement de protocoles de travail avec les organismes du contrôle de la circulation aérienne

Il n'existe pas de protocole d'accord entre la base d'hélicoptères de Marignane et l'organisme de contrôle de Marseille Provence pour définir le cadre dans lequel les hélicoptères travaillent. Du fait de la nature des opérations des hélicoptères de la sécurité civile, ceux-ci bénéficient pourtant de procédures particulières (décollage depuis le taxiway « Fox », pas d'appel sur la fréquence sol, ravitaillement moteurs tournants, etc.), brièvement décrites dans le manuel d'exploitation du centre de contrôle. Cela ne permet pas de bénéficier de toutes les barrières de sécurité prévues dans les procédures normales pour les autres usagers, notamment la vérification des conditions VMC ou VFR spécial par le contrôleur sol, ou encore l'attribution d'un code de transpondeur cohérent avec la mission. Le manuel d'exploitation mentionne uniquement un protocole d'accord avec la DGSCGC concernant les avions bombardiers d'eau, dont la base opérationnelle a déménagé de Marseille Provence à Nîmes en 2017.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises d'établir des protocoles de travail avec les organismes de contrôle situés sur les aérodromes possédant une base d'hélicoptères.

R6 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

à la direction des services de la navigation aérienne d'implémenter dans les manuels d'exploitation des organismes de contrôle les protocoles établis avec la sécurité civile mentionnés dans la recommandation 6.

R7 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGAC/DSNA

4.1.7. Encadrement de l'utilisation du système Euronav 7

Suite à l'accident mortel du Dragon 2B en 2009, le BEA-É (BEAD-air à l'époque) avait recommandé à la DGSCGC dans le rapport d'enquête S-2009-005-A « *d'étudier la mise en place du système EURONAV à bord des BK 117 C-2 amenés à évoluer en montagne* ». La DGSCGC a jugé cette recommandation pertinente puisqu'elle l'a appliquée au cours des années suivantes. Or, les témoignages ont montré que beaucoup de pilotes sont réticents à l'utilisation du système Euronav 7 récemment installé dans les hélicoptères, alors que d'autres l'apprécient et l'utilisent fréquemment. Ainsi, malgré son installation progressive dans les hélicoptères, l'utilisation effective du système Euronav 7 par les équipages du GHSC dépend des préférences personnelles de chaque pilote. De plus, il n'existe aucune documentation de référence pour en cadrer l'emploi, alors qu'une utilisation inadaptée (par exemple affichage de modes ou de niveaux de zoom inadaptés à la situation) peut annuler le gain de sécurité recherché.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de créer un guide d'utilisation opérationnelle et une formation à l'utilisation du système Euronav 7, pour les pilotes comme pour les MOB.

R8 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

4.1.8. Travail en équipage

Sur ses 4 269 heures de vol, le pilote en a effectué 3 695 en exploitation multipilote dans l'armée de l'air. Ayant rejoint la sécurité civile moins d'un an avant l'accident, son expérience opérationnelle ne lui a pas facilité l'adaptation à l'exploitation monopilote du GHSC, provoquant une surcharge de travail au moment de l'accident. La majorité des pilotes d'hélicoptères recrutés à la sécurité civile ont une précédente carrière militaire avec souvent une expérience importante en multipilote.

Au cours du vol de l'accident, le MOB a exprimé à plusieurs reprises des doutes sur certaines décisions du pilote, mais de façon non argumentée. Le pilote n'a finalement pas tenu compte de son avis, notamment au moment de poursuivre le vol aux instruments à basse hauteur. Bien que la DGSCGC effectue des formations au *Crew Resource Management* (CRM) en interne, ce genre d'interaction a déjà été observé lors d'autres enquêtes du BEA-É sur des événements impliquant des hélicoptères de la sécurité civile (S-2019-04-I). La différence de statut entre pilotes et MOB peut favoriser les comportements observés.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de renforcer le module CRM sur le thème du travail collaboratif en exploitation monopilote pour les équipages pilote/MOB.

R9 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGSCGC

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

4.2.1. Établissement de fiches d'incident et d'infraction par le contrôle de la circulation aérienne

L'après-midi et le soir du jour de l'accident, l'hélicoptère s'est posé et a redécollé de Marseille Provence sous le régime VFR alors que les conditions VMC n'étaient pas réunies. Le manuel d'exploitation de l'organisme de contrôle de Marseille Provence indique que le contrôleur doit dans un tel cas signifier au pilote d'un vol VFR que les conditions sont inférieures aux *minima*, et lui demander ses intentions. S'il déclare être en situation d'urgence, le contrôle doit l'autoriser à atterrir et établir une fiche d'incident, s'il n'est pas en situation d'urgence et veut tout de même atterrir, le contrôle doit établir une fiche d'infraction. Le contrôle peut également refuser le départ si les conditions sont inférieures aux *minima*.

Pourtant, le contrôle n'a pas suivi cette procédure. Ce comportement de laisser-faire favorise implicitement la prise de risque, et n'a pas permis de remettre en cause le projet d'action du pilote, alors déjà en persévération.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction des services de la navigation aérienne de s'assurer que les organismes de contrôle établissent des fiches d'incident ou d'infraction quand un aéronef en VFR décolle ou atterrit d'un aéroport contrôlé alors que les conditions VMC ne sont pas réunies.

R10 – [S-2019-16-A] Destinataire : DGAC/DSNA

4.2.2. Emploi de moyens de communication adaptés pour le déclenchement des hélicoptères

Le déclenchement de l'hélicoptère sur le vol de l'accident a été effectué depuis le téléphone portable du contrôleur 3D de la DGSCGC vers celui du pilote. Bien que les expertises techniques aient permis de retrouver la trace de ces appels dans le téléphone portable du pilote, cette méthode de communication ne permet pas l'enregistrement des conversations. Cela n'a pas permis à l'enquête de sécurité de déterminer avec précision les conditions du déclenchement.

Pourtant, les organismes déclencheurs des missions de secours (COZ, CODIS), disposent de lignes fixes tracées et enregistrées.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises de favoriser l'emploi de moyens de communication permettant un traçage et un enregistrement pour le déclenchement des hélicoptères.

R11 – [S-2019-16-A] *Destinataire : DGSCGC*

PAS DE TEXTE