

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

## Rapport d'enquête de sécurité



A-2018-14-A

Date de l'évènement	7 décembre 2018
Lieu	Aérodrome de Ghisonaccia (Corse)
Type d'appareil	SA 330 Puma
Organisme	Armée de l'air

## 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

	armée de l'air	page de garde
Figure 1	BEA-É, service de l'information aéronautique	8
Figure 2	service de l'information aéronautique	14
Figure 3	C. Ligneau, F. Roussard, armée de l'air	15
Figure 4	BEA-É, armée de l'air	16
Figure 5	F. Roussard, armée de l'air	17
Figures 6 et 7	BEA-É	17 et 18
Figures 8 et 9	service technique de l'aviation civile	24
Figure 10	BEA-É	26
Figure 11	armée de l'air	27
Figure 12	BEA-É	30
Figures 13 et 14	armée de l'air	32 et 33

## TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur l'équipage	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	12
1.8. Aide à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Constatations sur l'aéronef	15
1.13. Renseignements médicaux	18
1.14. Incendie	19
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	19
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur l'escadron d'hélicoptères 01.044 « Solenzara »	20
2. Analyse	21
2.1. Expertises techniques	21
2.2. Séquence de l'évènement	23
2.3. Recherche des causes de l'évènement	23
3. Conclusion	39
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	39
3.2. Causes de l'évènement	39
3.3. Autres éléments relevés au cours de l'enquête	40
4. Recommandations de sécurité	41
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	41
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	42

## GLOSSAIRE

BA	base aérienne
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CIEH	centre d'instruction des équipages d'hélicoptères
DGA EP	direction générale de l'armement – Essais propulseurs
DGA TA	direction générale de l'armement – Techniques aéronautiques
DPO	directives de préparation opérationnelle
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EH	escadron d'hélicoptères
ETO	escadrille de transformation opérationnelle
ft	<i>feet</i> – pied (1 ft = 30,46 cm)
g	unité d'accélération (1 g = 9.81 m/s <sup>2</sup> )
GAA	groupement d'appui à l'activité
GTM	groupe turbo moteur
kt	<i>knot</i> – nœud (1 kt ≈ 1,852 km/h)
MEB	manuel d'emploi de base
MEC	mécanicien d'équipage de conduite
OSAB	officier de sécurité aérienne base
PF	pilote en fonction
PNF	pilote non en fonction
QT	qualification de type
SAR	<i>search and rescue</i> – recherche et sauvetage
SHE	<i>Safran Helicopter Engines</i>
SIA	service de l'information aéronautique
STAC	service technique de l'aviation civile
VSU	visite systématique à l'unité

## SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : vendredi 7 décembre 2018 à 9h35

Lieu de l'évènement : aérodrome de Ghisonaccia Alzitone (Corse)

Organisme : armée de l'air

Commandement organique/brigade : commandement des forces aériennes (CFA)/ brigade aérienne d'appui projection (BAAP)

Unité : escadron d'hélicoptères (EH) 01.044 « Solenzara »

Aéronef : SA 330 Puma immatriculé F-RAAY

Nature du vol : vol d'instruction en vue de l'obtention d'une qualification de type (QT)

Nombre de personnes à bord : 6

### Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'un vol d'instruction au profit du pilote en qualification sur Puma, l'équipage effectue une série d'arrêts rapides au-dessus de la piste de l'aérodrome de Ghisonaccia. L'instructeur prend les commandes pour l'un de ces exercices à des fins de démonstration. Lors du virage à 90° d'une manœuvre en « L », l'appareil impacte durement la piste sans basculer. L'équipage et les passagers évacuent l'hélicoptère.

L'aéronef est fortement endommagé ; l'équipage et les passagers sont indemnes.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

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

### Autres experts consultés

- direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP)/division évaluation des systèmes aéropulsifs (DESA) ;
- direction générale de l'armement – Essais propulseurs (DGA EP)/restitution des enregistreurs de données d'accidents (RESEDA) ;
- direction générale de l'armement – Techniques aéronautiques (DGA TA)/division d'investigations suite à accident ou incident (MTI) ;
- service technique de l'aviation civile (STAC) ;
- Météo-France.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Régime de vol : circulation aérienne militaire à vue

Type de mission : instruction (séance de tenue machine)

Dernier point de départ : base aérienne (BA) 126 de Solenzara

Heure de départ : 9h07

Point d'atterrissage prévu : BA 126

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Contexte

Le pilote en qualification, affecté à l'escadron de transport 68 (ET 68) « Antilles Guyane », est arrivé en métropole le dimanche 2 décembre 2018 pour débiter la partie pratique de sa QT Puma. La partie théorique de la QT a été effectuée en février 2018 et des séances de simulateur en avril 2018.

Ce vol d'instruction vise à améliorer le maniement de l'appareil par le pilote en qualification et comprend notamment des exercices d'arrêt rapide près du sol. Cette manœuvre, effectuée en ligne droite ou en « L », fait partie du programme de la QT et a pour but de savoir arrêter l'appareil rapidement lorsqu'un obstacle ou un danger est détecté en vol près du sol.

Le vol était prévu la veille le jeudi 6 décembre 2018, mais a dû être annulé car l'appareil était indisponible. L'instructeur, réserviste au sein de l'EH 01.044, était initialement convoqué le 7 décembre 2018 pour une formation de directeur des vols, et a accepté d'effectuer à la place la séance d'instruction en vol.

##### 1.1.2.2. Préparation du vol

L'équipage pour cette mission est constitué de :

- un pilote en qualification, en place droite ;
- un pilote instructeur, en place gauche ;
- un mécanicien d'équipage de conduite (MEC).

Trois passagers de la BA 113 de Saint-Dizier sont embarqués à des fins de sensibilisation<sup>1</sup>.

Le 7 décembre 2018, l'équipage arrive à l'escadron à 7h30. Un *briefing* commun à l'escadron a lieu à 8h00 et la météo y est présentée. Un *briefing* spécifique à l'équipage et au vol envisagé a ensuite lieu, au cours duquel l'instructeur présente le déroulement de la séance, le rôle de chacun, et des points de sécurité dont le travail en équipage – *crew resource management* (CRM). Les trois passagers assistent au *briefing* de l'équipage.

Une discussion sur les points techniques de la séance d'instruction a ensuite lieu à l'écart entre l'instructeur et le pilote en qualification.

Le MEC et l'instructeur effectuent une visite prévol. Le MEC rappelle les procédures de sécurité aux trois passagers juste avant leur embarquement.

Le décollage a lieu à 9h07.

---

<sup>1</sup> Un vol de sensibilisation consiste à embarquer des passagers lors d'une mission d'entraînement au titre de leur spécialité afin de favoriser le croisement des cultures et la connaissance mutuelle des différents métiers.

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

Sur le trajet de la BA 126 à l'aérodrome de Ghisonaccia où doivent avoir lieu les exercices d'arrêts rapides, l'équipage réalise des exercices de variation d'assiette.

Une fois arrivé à Ghisonaccia, une reconnaissance est effectuée sur cet aérodrome civil en auto-information. Aucun trafic n'est observé, ni sur l'aérodrome ni dans le tour de piste. L'équipage procède alors à quatre tours de piste à basse hauteur à des fins d'entraînement.

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

Les exercices d'arrêt rapide ont été effectués train sorti au-dessus de la piste de l'aérodrome de Ghisonaccia à une hauteur d'environ 50 ft et à une vitesse au début de chaque manœuvre d'environ 70 kt.

Le pilote en qualification réalise un premier arrêt rapide en ligne droite face au sud (QFU<sup>2</sup> 18) qui l'amène en stationnaire au seuil de piste 36. L'instructeur juge ce premier exercice un peu « timide » et prend alors les commandes pour réaliser à son tour un arrêt rapide en ligne droite face au nord (QFU 36) pour une démonstration. Une fois en stationnaire au seuil 18, il juge que le QFU 36 est plus favorable pour le pilote en qualification compte-tenu du vent, et décide de lui repositionner l'appareil au seuil de piste 36. Il profite de devoir repositionner l'appareil pour réaliser une démonstration de l'arrêt rapide en « L ».

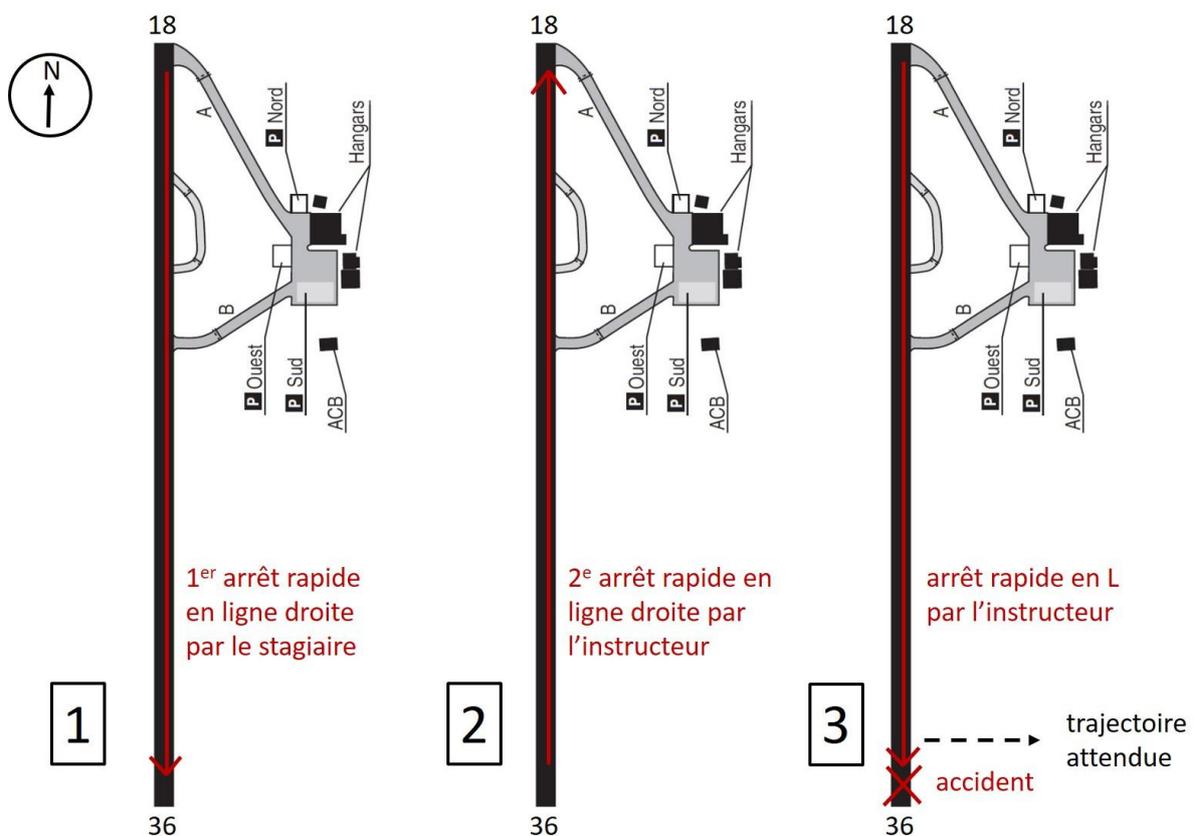


Figure 1 : trajectoire finale du Puma au-dessus de la piste de Ghisonaccia

<sup>2</sup> Le QFU est un code provenant du code Q développé au début du XX<sup>e</sup> siècle pour faciliter les communications en Morse. Il désigne l'orientation magnétique d'une piste en dizaines de degrés.

L'instructeur débute alors un arrêt rapide en « L » face au sud. L'augmentation de régime du rotor principal sous l'effet du cabré et de la réduction du pas collectif provoque de façon logique une désynchronisation du rotor et des groupes turbo moteurs (GTM). En effet, un dispositif de « roues libres » permet au rotor principal de tourner plus vite que les GTM sans entraîner ces derniers. Les GTM et le rotor principal ne sont alors plus synchronisés.

Au cours de la décélération de l'appareil, le régime rotor atteint une valeur de 280 tours/min (valeur maximale admissible : 310 tours/min), puis diminue progressivement en raison de la demande de puissance nécessaire à l'arrêt. Le MEC annonce les variations de régime du rotor principal à la hausse puis à la baisse jusqu'à une dernière valeur de 235 tours/min juste avant l'impact (valeur minimale admissible : 220 tours/min). À partir de 245 tours/min, le ton employé par le MEC est plus ferme.

Lors du virage à gauche vers la seconde branche du « L », le pilote en qualification, qui n'est pas aux commandes, perçoit un enfoncement. À 9h35, l'appareil impacte alors durement la piste à la fin du virage et s'immobilise sans basculer. Les deux trains principaux sont effacés.

### 1.1.3. Localisation

– Lieu :

- pays : France
- département : Corse
- commune : Ghisonaccia
- coordonnées géographiques : N42°02'56,655"/E009°23'59,384"
- altitude du lieu de l'évènement : 154 ft

### 1.2. Dommages corporels

Les trois membres d'équipage et les trois passagers sont indemnes.

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Le SA 330 Puma n° 1660 est fortement endommagé.

### 1.4. Autres dommages

Néant.

## 1.5. Renseignements sur l'équipage

### 1.5.1. Commandant de bord

- Âge : 55 ans
- Unité d'affectation : EH 01.044 « Solenzara »
- Fonction dans l'unité : pilote instructeur réserviste à l'escadrille de transformation opérationnelle (ETO) Puma
- Formation :
  - qualifications : SA 330 Puma (1985), commandant de bord sur hélicoptère (1993), *military type rating examiner*<sup>3</sup> (M-TRE) (1997)
  - écoles de spécialisation : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT) de Dax (1984), centre d'instruction des équipages d'hélicoptères (CIEH) (1987)
  - réserviste depuis 2015
- Heures de vol comme pilote d'hélicoptère :

Total			Dans le semestre écoulé			Dans les 30 derniers jours		
sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma	sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma	sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma
5 800	4 500	350	34	34	47	1	1	38

- Date du précédent vol comme pilote : 5 décembre 2018 sur Puma

### 1.5.2. Pilote

- Âge : 31 ans
- Unité d'affectation : ET 68 « Antilles Guyane »
- Formation :
  - qualifications : AS 555 Fennec (2011), commandant de bord sur hélicoptère (2015)
  - écoles de spécialisation : EALAT (2010), CIEH (2012 - stage de transformation opérationnelle)
- Heures de vol comme pilote d'hélicoptère :

Total			Dans le semestre écoulé			Dans les 30 derniers jours		
sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma	sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma	sur tout type	dont Puma	heures de simulateur Puma
1 310	7	10	60	7	10	23	7	0

- Date du précédent vol comme pilote : 6 décembre 2018 sur Puma

### 1.5.3. Mécanicien d'équipage de conduite

- Âge : 39 ans
- Unité d'affectation : EH 01.044 « Solenzara »
- Fonction dans l'unité : instructeur MEC à l'ETO Puma

---

<sup>3</sup> M-TRE : *military type rating examiner* – examinateur militaire de qualification de type.

- Formation :
  - qualifications : SA 330 Puma (2008), *military senior type rating examiner*<sup>4</sup> (M-STRE) (2011)
  - écoles de spécialisation : centre d'instruction des équipages de transport (CIET), ETO Puma (2008)
- Heures de vol comme MEC :

Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
sur tout type	dont Puma	sur tout type	dont Puma	sur tout type	dont Puma
3 081	1 715	90	90	28	28

- Date du précédent vol comme MEC : 6 décembre 2018 sur Puma

### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement d'appartenance : commandement des forces aériennes
- Aérodrome de stationnement : BA 126
- Unité d'affectation : EH 01.044 « Solenzara »
- Type d'aéronef : SA 330 BA Puma, non modernisé<sup>5</sup>

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 330 BA Puma F-RAAY	1660	8 028	EMJ <sup>6</sup> : 473	Entretien C <sup>7</sup> : 81
GTM1 (gauche)	Turmo III C4	667/2 328	5 541	RG <sup>8</sup> : 473	Pose sur Puma 1660 : 473
GTM2 (droit)	Turmo III C4	1 745/2 463	4 785	RG : 326	Pose sur Puma 1660 : 255

<sup>4</sup> M-STRE : *military senior type rating examiner* – examinateur militaire sénior de qualification de type.

<sup>5</sup> Les Puma modernisés ont une avionique plus moderne, et les instruments sont positionnés différemment sur la planche de bord.

<sup>6</sup> EMJ : entretien majeur.

<sup>7</sup> Entretien C : visite intermédiaire effectuée à l'escadron toutes les 100 heures de vol avec une tolérance de 10 heures, aussi appelée « VI 100 ».

<sup>8</sup> RG : révision générale.

### 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique révèle que les opérations de maintenance ont été effectuées conformément à la réglementation FRA<sup>9</sup> et aux manuels de maintenance.

Deux mentions sont portées à la fiche de relevé des anomalies mineures (FRAM) ou *controlled item list* (CIL). Elles ne sont pas en rapport avec l'évènement.

L'aéronef est navigable.

### 1.6.2. Performances

Les performances calculées pour cette configuration de l'aéronef et les conditions météorologiques du jour sont compatibles avec la mission.

### 1.6.3. Masse et centrage

La masse au décollage de la BA 126 est de 6 300 kilogrammes pour une masse maximale de 7 000 kilogrammes.

La masse estimée au moment de l'évènement est de 5 940 kilogrammes.

Le centrage est dans les normes.

### 1.6.4. Carburant

Type de carburant utilisé : F-34

Quantité de carburant au décollage : 1 650 litres

Quantité de carburant au moment de l'évènement : 1 200 litres

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions

La situation générale est anticyclonique.

Pour estimer les conditions météorologiques de l'aérodrome de Ghisonaccia qui n'est pas équipé d'une station météorologique, les équipages se réfèrent aux données de la BA 126 de Solenzara (située à 14 kilomètres).

Au moment du *briefing* de l'équipage, les paramètres suivants ont été pris en compte : un vent du 270° pour 5 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres, une couverture nuageuse morcelée à 2 500 ft, des nuages épars à 3 500 ft, une température de 11 °C et une pression atmosphérique de 1 022 hPa.

---

<sup>9</sup> Les FRA désignent la réglementation spécifique développée par l'aviation militaire visant à assurer le suivi, le contrôle et le maintien de la navigabilité des aéronefs étatiques, en s'inspirant des règles appliquées en Europe pour l'aéronautique civile.

### 1.7.2. Observations

Au moment du décollage, la station météorologique de la BA 126 indiquait un vent du 280° pour 5 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres, des nuages épars à 2 000 ft, une couverture nuageuse à 2 600 ft, une température de 11 °C et une pression atmosphérique de 1 023 hPa.

La tour de contrôle a indiqué à l'équipage un vent du 280° pour 6 kt au moment du décollage.

En arrivant à l'aérodrome de Ghisonaccia, l'équipage a observé à la manche à air un vent faible de l'ordre de 5 kt d'une direction variable.

### 1.8. Aide à la navigation

L'hélicoptère est équipé d'un GPS de type Garmin GPS 100 et d'un NADIR<sup>10</sup>. Aucun des deux appareils n'est en marche lors de l'accident.

### 1.9. Télécommunications

Au moment de l'évènement, l'aéronef est en contact avec la tour de contrôle de la BA 126 sur la fréquence VHF<sup>11</sup>, ce qui est préconisé aux abords de l'aérodrome de Ghisonaccia.

### 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Ghisonaccia Alzitone est un aérodrome civil à usage restreint, réservé aux aéronefs basés en Corse et aux aéronefs d'État. L'aéroclub de Ghisonaccia y est stationné. Étant situé dans l'espace aérien de la BA 126 (LF R 65<sup>12</sup>), la fréquence radio qui y est utilisée est celle de la tour de contrôle de la BA 126.

Il est interdit depuis janvier 2018 à tous les aéronefs de plus de 5,7 t, y compris les aéronefs d'État, sauf autorisation préalable de l'exploitant : le pôle élémentaire de gestion de l'aérodrome d'Alzitone soutien usagers stationnés (PEGAASUS).

Il est doté d'une piste revêtue de 800 mètres de longueur et 18 mètres de large, orientée nord-sud (18-36). Le tour de piste s'effectue à l'est de la piste pour les hélicoptères et à l'ouest pour les aéronefs à voilure fixe.

---

<sup>10</sup> NADIR : navigateur autonome directionnel indicateur de route. Calculateur de bord permettant la gestion de la navigation à l'aide d'un radar Doppler.

<sup>11</sup> VHF : *very high frequency* – très haute fréquence.

<sup>12</sup> La LF R 65 est une zone réglementée entourant la BA 126 du sol au niveau de vol 195 et dont la pénétration est soumise à autorisation de l'approche de Solenzara.

**ATTERRISSAGE A VUE**  
Visual landing

Usage restreint  
Restricted use

**GHISONACCIA ALZITONE**  
AD2 LFKG ATT 01

04 JAN 18

	ALT AD : 177 (7 hPa)	<b>LFKG</b> VAR : 2° E (15)
	LAT : 42 03 16 N	
	LONG : 009 24 01 E	

APP : SOLENZARA Approche/Approach 119.9

TWR : SOLENZARA Tour/Tower 118.350

Absence ATS : A/A (118.350)

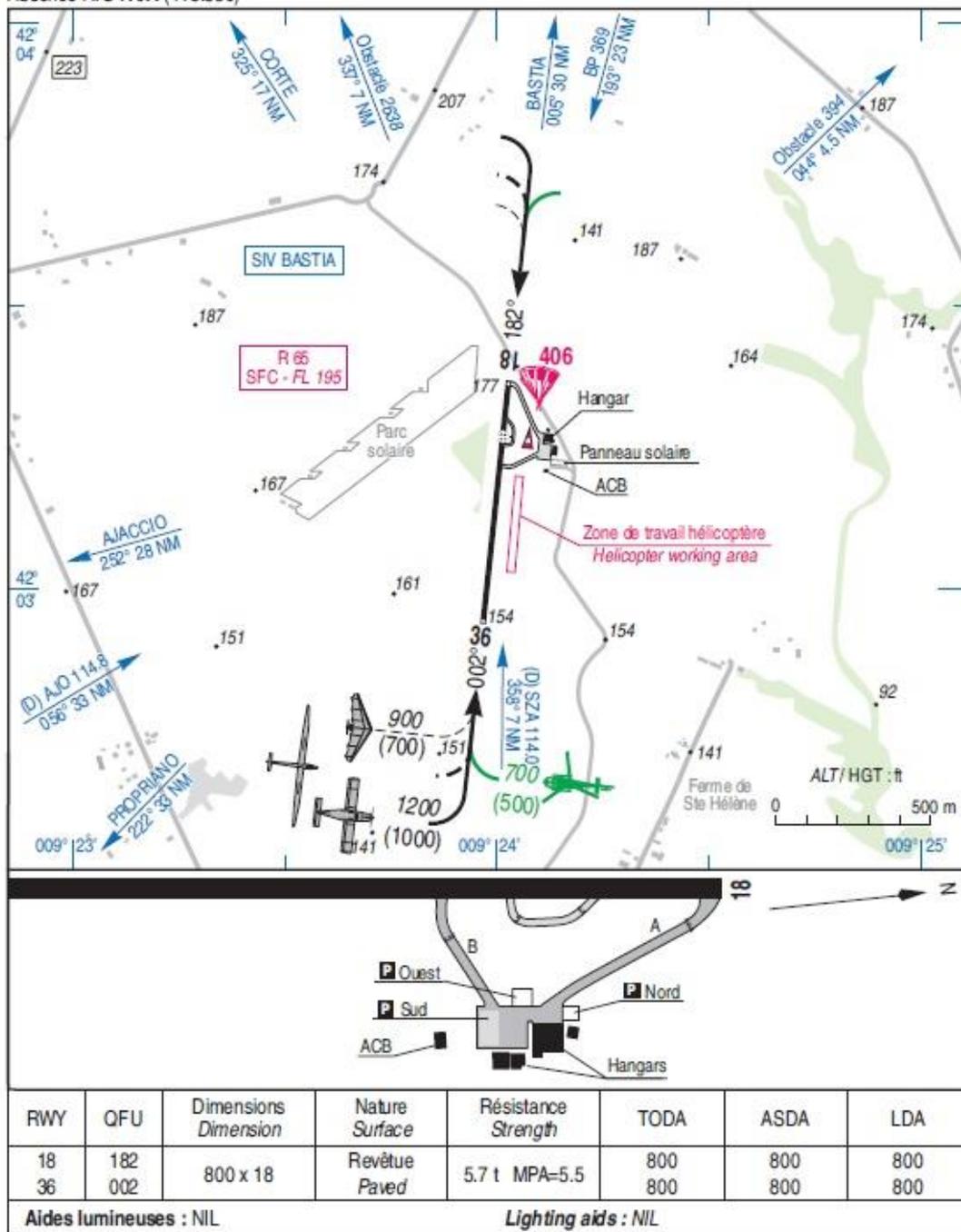


Figure 2 : carte d'atterrissage à vue de l'aérodrome de Ghisonaccia

**1.11. Enregistreurs de bord**

L'aéronef n'est pas équipé d'enregistreur de bord.

## 1.12. Constatations sur l'aéronef

### 1.12.1. Examen de l'aéronef

L'hélicoptère est immobilisé au seuil de piste 36 de l'aérodrome de Ghisonaccia sur son train avant et sur l'arrière du fuselage. Les deux trains principaux sont cassés. Le fuselage pointe vers le nord-est.



Figure 3 : vues de la position de l'hélicoptère sur le site de l'accident

Des plissements sont visibles sur la peau du fuselage au-dessus des trains principaux des deux côtés. À l'intérieur, des raidisseurs longitudinaux sont tordus et fissurés.

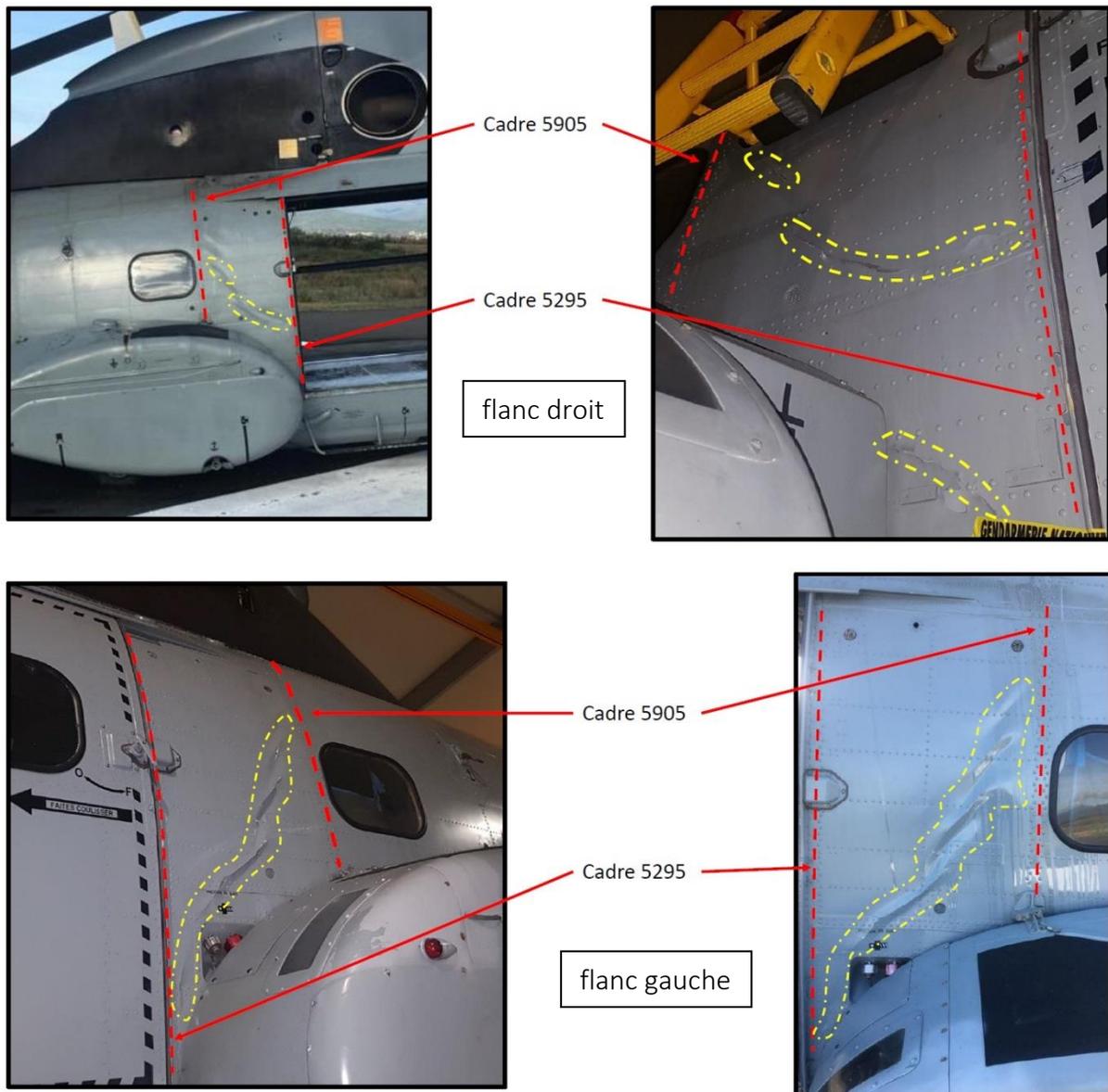


Figure 4 : vues des plissements de la peau du fuselage

Les carénages des deux ballonnets de roues du train principal sont endommagés. Le réservoir du ballonnet de train gauche est éventré ; son carburant s'est répandu sur la piste.



Figure 5 : vue du ballonnet droit et du carburant répandu

#### 1.12.2. Examen de la zone d'impact

Plusieurs traces de gomme provenant des pneumatiques sont visibles du côté gauche de l'appareil, à quelques dizaines de centimètres du train principal gauche. Le revêtement de la piste est profondément marqué à côté des traces de gomme.

Des traces de carburant se trouvent autour de l'aéronef, à l'arrière.



Figure 6 : vues des traces sur la zone d'impact

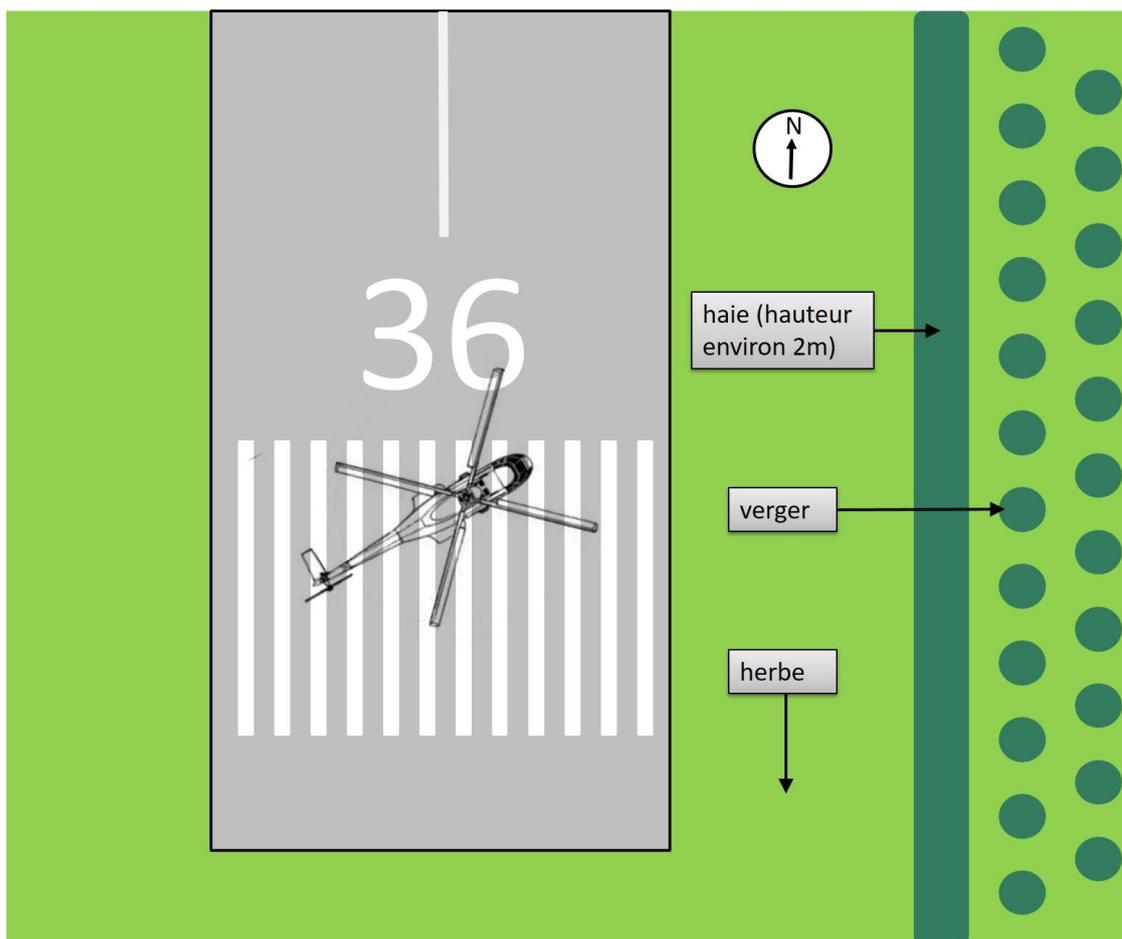


Figure 7 : position de l'hélicoptère après l'accident

En fin de journée, il est décidé en concertation avec le BEA-É de déposer les pales du rotor principal et de rapatrier par la route l'hélicoptère endommagé, afin de le mettre à l'abri du vent violent annoncé par Météo-France.

### 1.13. Renseignements médicaux

#### 1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical<sup>13</sup> :
  - type : visite systématique à l'unité (VSU) du 28 août 2018 (référence : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) du 5 février 2018 : apte 24 mois par dérogation avec limitation « double commande »)
  - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessures : aucune

<sup>13</sup> Selon l'instruction n° 4000/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA du 20 avril 2017 relative aux normes médicales d'aptitude applicable au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir pour les emplois de personnel navigant.

### 1.13.2. Pilote

- Dernier examen médical :
  - type : VSU du 30 octobre 2018 (référence : CEMPN du 25 mai 2018 : apte 40 mois)
  - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

### 1.13.3. Mécanicien d'équipage de conduite

- Dernier examen médical :
  - type : VSU du 3 décembre 2018 (référence : CEMPN du 19 septembre 2018 : apte 24 mois)
  - résultat : apte 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : aucune

## 1.14. Incendie

Néant.

## 1.15. Questions relatives à la survie des occupants

### 1.15.1. Abandon de bord

Le MEC arrête la balise de détresse qui s'est déclenchée à l'impact. Il effectue ensuite une coupure normale des moteurs sans maintenir le régime de ralenti sol pendant une minute<sup>14</sup> en raison de la fuite de carburant signalée à l'arrière de l'hélicoptère par les passagers.

L'évacuation est réalisée sur ordre de l'instructeur. Le MEC fait sortir les trois passagers par la porte latérale droite, puis sort à son tour. Il retourne à l'hélicoptère pour récupérer l'extincteur de bord puis attend le reste de l'équipage dans l'herbe à côté de la piste. Le pilote en qualification sort par la porte droite du *cockpit*. L'instructeur évacue le dernier par la même porte.

### 1.15.2. Organisation des secours

L'instructeur signale par radio l'accident à la tour de contrôle de la BA 126 avant d'évacuer et demande l'envoi des secours de la base à 9h35.

L'équipe médicale de garde est alors alertée par le klaxon « *crash* » et par un appel de la tour de contrôle. Elle quitte le service médical de la BA 126 à 10h00 et part pour Ghisonaccia. Les pompiers arrivent à 10h27 et l'équipe médicale à 10h35.

Une caserne de pompiers civils se trouve juste à côté de l'aérodrome de Ghisonaccia mais n'a pas été alertée en l'absence d'urgence vitale.

---

<sup>14</sup> Cette attente d'une minute est préconisée pour la coupure normale des moteurs dans la liste de vérifications équipage.

### 1.16. Essais et recherches

Une expertise des deux GTM a été menée par DGA EP en liaison avec *Safran Helicopter Engines* (SHE).

Une reconstitution de la trajectoire lors d'un arrêt rapide a été effectuée par DGA EP/RESEDA.

Une expertise de la cellule de l'hélicoptère endommagé a été menée par DGA TA/MTI.

Une analyse des facteurs organisationnels et humains a été réalisée par le BEA-É.

Le STAC a été consulté sur la turbulence de sillage d'un hélicoptère.

Météo-France a été consulté sur l'aérodynamique de la zone de Ghisonaccia.

### 1.17. Renseignements sur l'escadron d'hélicoptères 01.044 « Solenzara »

L'EH 01.044 basé à Solenzara dispose de trois hélicoptères Puma<sup>15</sup> et d'une centaine de personnels dont 9 pilotes et 8 MEC. L'un de ces pilotes est réserviste, il est convoqué lorsque l'ETO a besoin d'un instructeur supplémentaire.

L'escadron assure deux types de mission :

- la recherche et sauvetage – *search and rescue* (SAR) OACI<sup>16</sup> de la zone sud-est ;
- la transformation des équipages sur Puma à l'ETO.

L'ETO Puma a une activité bien séparée des missions opérationnelles de l'EH et menée au profit d'unités extérieures. Elle s'effectue lorsque la disponibilité des machines et des instructeurs le permet.

En 2008, les Puma dont était doté l'escadron sont remplacés par des AS 332 Super Puma. Ils seront finalement retirés à l'été 2016, et le Puma revient à l'EH 01.044. Chaque changement de type d'appareil a entraîné la requalification (QT) de tous les pilotes et mécaniciens.

---

<sup>15</sup> En comptant l'aéronef endommagé.

<sup>16</sup> OACI : Organisation de l'aviation civile internationale.

## 2. ANALYSE

En l'absence d'enregistreur de paramètres, l'analyse qui suit s'appuie sur les témoignages de l'équipage et des passagers et sur la synthèse des données issues des expertises. Elle est structurée en trois parties. La première présente les résultats des expertises, la seconde identifie la séquence probable de l'évènement et la dernière partie en recherche les causes.

### 2.1. Expertises techniques

#### 2.1.1. Les GTM

L'expertise des deux GTM a été menée par DGA EP en collaboration avec SHE. Des essais de performances ont été réalisés au banc d'essais de la société SHE.

La dépose des deux GTM n'a révélé aucun indice d'endommagement consécutif à l'impact. Après l'accident, l'endoscopie des GTM est normale et leurs parties mobiles tournent librement.

Les essais au banc ont consisté en la réalisation de la gamme de réception telle qu'habituellement effectuée par SHE pour des moteurs réparés, ainsi que des essais plus spécifiques de réponse à une demande de puissance rapide.

Les moteurs ont été trouvés conformes à la gamme de réception, avec des écarts minimes sur les paramètres suivants :

Paramètre	Moteur gauche n° 667	Norme et écart moteur gauche	Moteur droit n° 1745	Norme et écart moteur droit
Vitesse de la turbine libre pour un débit de carburant de 320 l/h	22 837 tr/min	22 892 tr/min (- 0,24 %)	22 819 tr/min	22 882 tr/min (- 0,27 %)
Température de démarrage à chaud	790 °C	720 °C max (+ 9,7 %)	791 °C	720 °C max (+ 9,9 %)
Puissance à 32 800 tr/min	876 kW	882 kW mini (- 0,7 %)	905 kW	886 kW mini (conforme)

Ces écarts très faibles ne sont pas de nature à expliquer l'évènement. Des réglages autorisés en unité peuvent avoir une influence sur ces paramètres.

Les essais de réponse à une demande de puissance rapide ont été réalisés en augmentant la charge du frein hydraulique du banc d'essais de 15 à 35 daN<sup>17</sup> en 1 seconde. Ceci pourrait correspondre au passage d'un régime de ralenti vol (comme lorsque les GTM sont désynchronisés lors d'un arrêt rapide) à la puissance maximale de décollage. Ces essais ne peuvent cependant pas être parfaitement représentatifs d'une situation réelle de vol.

Les essais ont montré une stabilisation du régime de la turbine libre des deux moteurs à 100% 3 à 4 secondes après l'application de la charge. Ce sont des valeurs parfaitement normales, ce temps de latence étant dû à l'emploi de régulateurs mécaniques (centrifuges) sur les GTM de cet aéronef d'ancienne génération.

**Les écarts minimes de performances et de températures relevés ne sont pas de nature à expliquer l'évènement.**  
**La réponse des régulateurs à une demande de puissance rapide est normale.**  
**Le fonctionnement des GTM n'est pas à l'origine de l'évènement.**

<sup>17</sup> daN : Décanewtons.

### 2.1.2. La cellule

L'expertise de la cellule de l'hélicoptère endommagé, réalisée par DGA TA, a pour but de vérifier l'état de fonctionnement de l'aéronef avant l'évènement et de caractériser la rupture des trains principaux.

Les éléments suivants ont été examinés : anémomètre, radiosondes, commandes de vol, trains d'atterrissage.

**Les expertises techniques ont démontré le bon fonctionnement des instruments et des commandes de vol avant l'évènement.**

Le MEC indique que la balise de détresse s'est déclenchée à l'impact. La réglementation exige que ce type de balise se déclenche suite à une accélération dans l'axe longitudinal de la balise de plus de 5 g. Sur les hélicoptères, la balise de détresse est montée à 45°, ce qui indique que l'accélération verticale théorique à l'impact était d'au moins 7 g ( $5/\sin(45^\circ) = 7$  g).

L'examen des trains d'atterrissage principaux par DGA TA confirme des ruptures statiques par dépassement de contraintes, sans trace de fatigue ni corrosion.

**Les endommagements constatés sur la cellule de l'hélicoptère sont consécutifs à l'accident et indiquent qu'une forte énergie a été absorbée par les trains principaux.**

### 2.1.3. Les fluides

Différents fluides ont été prélevés sur l'hélicoptère endommagé afin de vérifier leur conformité avec les fluides préconisés. Ils ont été analysés par DGA EP/DESA. Il s'agit de :

- carburéacteur prélevé dans les circuits droit et gauche ;
- fluide hydraulique prélevé dans les circuits droit et gauche ;
- huile moteur prélevée dans les moteurs droit et gauche ;
- huile prélevée dans la boîte de transmission principale (BTP) ;
- huile prélevée dans la boîte de transmission intermédiaire (BTI) ;
- huile prélevée dans la boîte de transmission arrière (BTA).

Les résultats des analyses ont montré que tous les fluides sont du type préconisé.

- Le carburéacteur des circuits droit et gauche est bien du F-34 et n'est pas pollué.
- Le fluide hydraulique des circuits droit et gauche est du H-515/9. Il comporte des traces de plastifiant de type phtalate. Selon DGA EP/DESA, ces traces peuvent provenir du matériau d'un contenant de stockage et sont régulièrement constatées sur ce type de prélèvement. Elles ne sont pas de nature à altérer les caractéristiques du fluide.
- L'huile des moteurs est de la O-150. Celle du moteur droit comporte des traces d'anhydride caprylique qui pourraient indiquer une très légère altération de l'huile en fonction, sans être de nature à expliquer l'évènement.
- L'huile prélevée dans les BTP, BTI et BTA est de la O-155 et n'est pas polluée.

Des particules découvertes dans le filtre à carburant du moteur gauche et dans le filtre à huile du moteur droit ont également été analysées.

- Les particules prélevées dans le filtre à carburant du moteur gauche proviennent d'un matériau polyuréthane, qui peut avoir des origines diverses : colles, peintures, mousses, fibres, etc..

- Les particules prélevées dans le filtre à huile du moteur droit proviennent de pâte à joint Hylomar.  
Ces particules ne sont pas de nature à expliquer l'évènement.

**Les fluides employés sur le Puma n° 1660 sont du type de ceux préconisés et ont des caractéristiques conformes.  
Les traces de substances étrangères détectées et les particules prélevées dans les filtres ne sont pas de nature à expliquer l'évènement.**

## 2.2. Séquence de l'évènement

- 9h07 : le Puma n° 1660 décolle de la BA 126 pour une séance d'instruction en vue de l'obtention de la QT.
- En transit de la BA 126 vers l'aérodrome de Ghisonaccia, l'équipage réalise des exercices de variation d'assiette et l'instructeur fait une démonstration de désynchronisation et de remise en puissance.
- Une reconnaissance est effectuée sur l'aérodrome de Ghisonaccia. Aucun trafic n'est détecté.
- L'équipage procède à quatre tours de piste à basse hauteur.
- Le pilote en qualification réalise un premier exercice d'arrêt rapide en ligne droite en piste 18, jugé timide par l'instructeur.
- L'instructeur prend les commandes et réalise le même exercice en piste 36 à des fins de démonstration.
- Profitant du repositionnement de l'hélicoptère en piste 18, l'instructeur débute un arrêt rapide en « L » à des fins de démonstration.
- Lors de la décélération, le rotor principal est désynchronisé des GTM et son régime augmente jusqu'à 280 tours/min.
- Lors de la demande de puissance nécessaire à l'arrêt, le régime du rotor principal diminue jusqu'à 235 tours/min.
- En virage à gauche vers la seconde branche du « L », le pilote en qualification, qui n'est pas aux commandes, perçoit un enfoncement.
- 9h35 : l'appareil heurte durement la piste et s'immobilise.
- L'équipage et les passagers évacuent l'hélicoptère endommagé.
- 10h27 : les pompiers de la BA 126 arrivent à l'aérodrome de Ghisonaccia.

## 2.3. Recherche des causes de l'évènement

### 2.3.1. Domaine environnemental

#### 2.3.1.1. Turbulence de sillage

Le STAC a été consulté sur la possibilité que la propre turbulence de sillage de l'hélicoptère lors d'un précédent arrêt rapide ait pu contribuer à l'évènement.

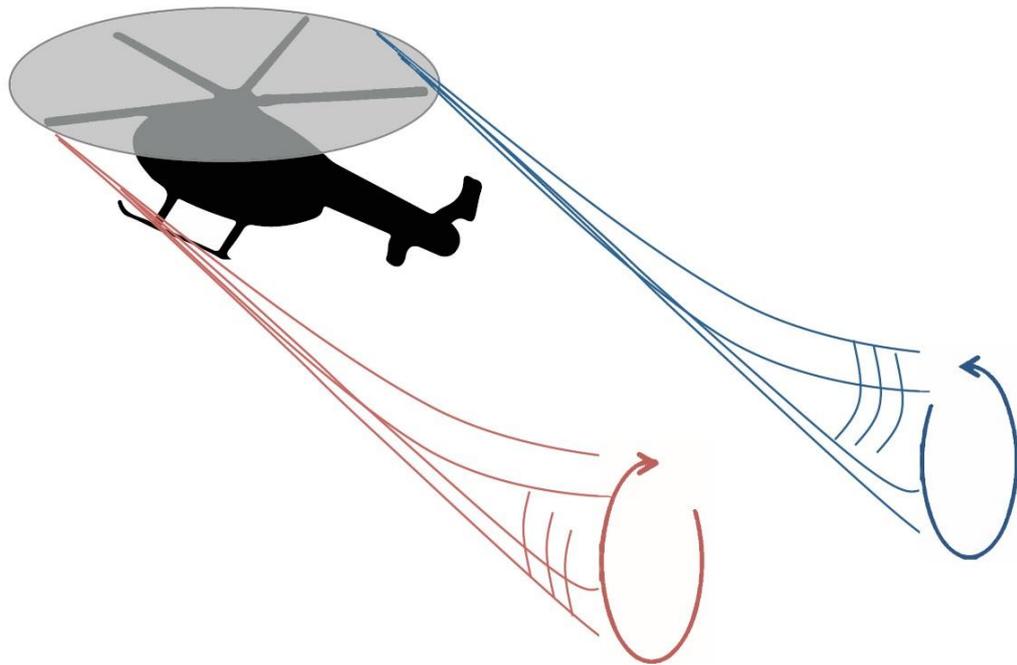


Figure 8 : turbulence de sillage d'un hélicoptère en translation

Le STAC indique qu'un avion n'est généralement pas mis en danger par sa propre turbulence de sillage, mais seulement par celles d'aéronefs plus lourds. Cependant, ce sujet reste assez peu connu pour les hélicoptères, générateurs de turbulences de sillage plus importantes mais qui d'un autre côté résistent mieux aux turbulences subies.

Une publication du STAC<sup>18</sup> précise qu' « un hélicoptère générateur peut subir sa propre turbulence de sillage lorsque sa vitesse de translation est faible (vol quasi stationnaire ou vol vertical), en présence de vent arrière (vitesse du vent arrière supérieure à la vitesse de déplacement de l'hélicoptère). Le souffle est alors ramené sous l'appareil et celui-ci repasse à travers son propre sillage ce qui peut conduire au décrochage des pales et à la perte de contrôle de l'appareil. » Ces deux conditions pourraient avoir été réunies lors de l'évènement.

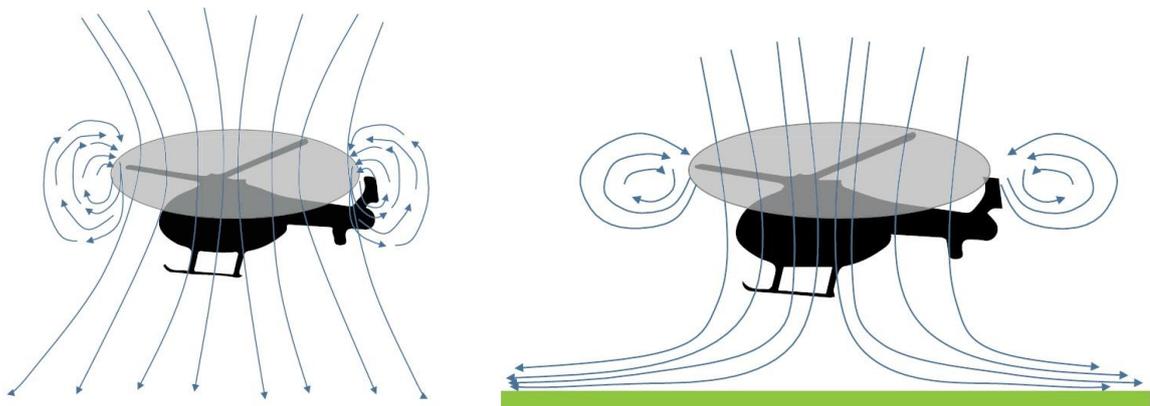


Figure 9 : turbulences de sillage d'un hélicoptère en stationnaire hors (à gauche) et en effet de sol (à droite)

<sup>18</sup> Note d'information technique, STAC, avril 2016 : *La Turbulence de sillage*.  
<http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/fr/publications/turbulence-sillage>

Pour mémoire, un hélicoptère est dit en effet de sol lorsqu'il se trouve à une hauteur inférieure à son diamètre rotor. Le diamètre du rotor du Puma est de 15,09 m, et la manœuvre d'arrêt rapide a été débutée à une hauteur estimée à 50 ft (15,24 m). L'hélicoptère était donc probablement à la limite de l'effet de sol.

Ayant pris connaissance des circonstances de l'évènement, le STAC ajoute qu'il est tout à fait possible que le tourbillon de sillage droit de l'hélicoptère généré lors de la manœuvre QFU 36 précédant l'accident soit resté près de l'axe de piste à cause d'un rebond sur la haie et le verger au lieu de s'écarter. Cependant, les rebonds au sol et les interactions avec les obstacles réduisent fortement la durée de persistance du tourbillon.

Les passages successifs au-dessus de la piste de l'aérodrome de Ghisonaccia ont eu lieu à des intervalles courts, de l'ordre de la minute. En tournant à gauche pendant la manœuvre en « L », l'hélicoptère aurait alors pu rencontrer la partie descendante du tourbillon.

Il est néanmoins difficile de déterminer avec certitude au regard des informations disponibles si l'hélicoptère a effectivement pu recroiser sa propre turbulence de sillage et si ce phénomène a pu avoir un rôle prépondérant dans l'évènement.

**L'hypothèse que l'hélicoptère ait subi les effets de sa propre turbulence de sillage est improbable mais ne peut être totalement exclue.**

#### 2.3.1.2. Phénomènes météorologiques et aérologiques

L'hypothèse que des phénomènes météorologiques et/ou aérologiques aient contribué à l'évènement a été étudiée en collaboration avec Météo-France. En effet, l'aérodrome de Ghisonaccia se trouve sous le vent des hauts reliefs situés à l'ouest lorsqu'un vent de ce secteur est présent. Cette situation peut causer des turbulences et descendances importantes, et a d'ailleurs causé l'accident d'un avion DA 42 le 12 septembre 2017 dans le circuit de piste de l'aérodrome de Ghisonaccia<sup>19</sup>.

Or, lors de l'évènement, le vent, bien que de secteur ouest, était très faible (environ 5 kt). De plus, l'équipage rapporte avoir observé une direction variable à la manche à air de l'aérodrome de Ghisonaccia. Ceci est probablement dû à la bascule entre régime de brise de terre (ouest) et brise de mer (est) qui se produit habituellement aux environs de l'heure de l'évènement (9h35). Enfin, les prévisions météorologiques indiquaient un vent faible également en altitude. Tout ceci est à mettre en parallèle avec la masse importante de l'hélicoptère (environ 6 tonnes).

**Aucun phénomène météorologique ou aérologique n'a contribué à l'évènement.**

---

<sup>19</sup> Rapport d'enquête, mai 2019, bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) : *Accident du Diamond Aircraft DA42 NG immatriculé F-HFBS survenu le 12 septembre 2017 à Ghisonaccia Alzitone.* <https://www.bea.aero/les-enquetes/les-evenements-notifies/detail/event/collision-avec-le-sol-39/>

## 2.3.2. Domaine des facteurs organisationnels et humains

### 2.3.2.1. Phénomène de vortex

Le phénomène de vortex est caractérisé par un taux de descente incontrôlé causé par une perturbation de l'écoulement d'air au niveau du rotor principal. Dans ce cas, les pilotes subissent un enfoncement de l'appareil malgré une application de la pleine puissance moteur.

Ce phénomène aérodynamique peut se produire lors d'un vol vertical descendant ou en descente lente. Il entraîne une perte totale de portance au niveau du rotor principal : l'air traversant le rotor est réinjecté par un flux tourbillonnaire en bout de pale. L'hélicoptère perd sa portance et l'efficacité de ses commandes de vol.

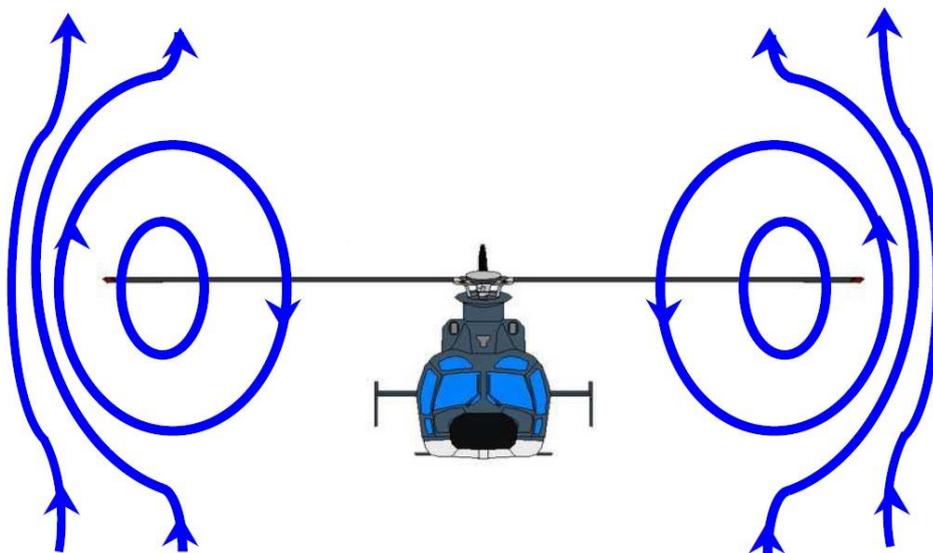


Figure 10 : écoulement des filets d'air lors d'un vortex

Le comportement du Puma en vortex est connu, et il appartient aux pilotes d'éviter le domaine de vol où il peut se produire. Dans les conditions de vent du jour (peu de vent) et d'après la manœuvre effectuée (pas de descente), il est hautement improbable que l'aéronef ait subi un phénomène de vortex.

Des cas de vortex dynamiques ont été décrits lors d'arrêts rapides, mais ceux-ci interviennent avec des angles de cabrer importants lors de la décélération. Le manuel d'emploi de base (MEB) SA 330 Puma préconise un cabrer maximal de 30° pour un arrêt rapide effectué au-dessus de 30 ft. Les témoignages concordent pour décrire un angle de cabré de l'ordre de 25°, trop faible pour rentrer en vortex dynamique.

**L'hypothèse que l'hélicoptère ait subi un phénomène de vortex est hautement improbable.**

### 2.3.2.2. Nature du vol

Le vol est une séance d'instruction au profit du pilote en qualification pour l'obtention de la QT Puma. Il a pour but de développer son aisance aux commandes. D'après le programme du stage de qualification Puma, il s'agit de la 5<sup>e</sup> séance en vol, d'une durée prévue de 1,9 h.

Les objectifs annoncés dans le programme du stage sont :

- sensibiliser le stagiaire sur les risques en vol tactique ;
- développer l'aisance aux commandes par des exercices de vol tactique.

## SQM P5 TM (durée : 1.9)

### Programme

#### Objectifs pédagogiques

- a. Sensibiliser le stagiaire sur les risques en vol tactique
- b. Développer l'aisance aux commandes par des exercices de vol tactique

#### Séance

Tenue machine en vol tactique (PF):

- a. Mise en route / Roulage
- b. Démonstration de désynchronisation
- c. Virages 45° et 60° / Enchaînement de virages
- d. Démonstration virage engagé à gauche
- e. Cabré / Palier / Piqué
- f. Semi renversement
- g. PTU/PTO 100kt / 100ft
- h. Arrêt rapide en ligne droite / 90° / 180°
- i. Décollage tactique en puissance et en U
- j. Trajectoire aux différentes allures de combat
- k. Passage obstacles filaires

Figure 11 : programme de la 5<sup>e</sup> séance de vol de la QT Puma

Ainsi, cette formulation souligne implicitement que des risques particuliers sont à prendre en compte lors de ce type de vol à proximité du sol. En effet, en vol tactique, le pilote en fonction (PF) manœuvre son aéronef à vue en portant toute son attention à l'extérieur du *cockpit*. La surveillance des paramètres incombe alors aux autres membres d'équipage. Le contrôle de la répartition des tâches est donc primordial pour assurer la sécurité du vol. Il faut enfin souligner que du fait du type de missions réalisées par l'EH 01.044 (missions de recherche et de sauvetage), les arrêts rapides ne sont effectués qu'en QT dans cet escadron, rendant ce type de manœuvre peu fréquent.

Le programme de cette séance comporte également une démonstration de désynchronisation, qui a été réalisée lors du transit vers l'aérodrome de Ghisonaccia.

**Le programme de la séance d'instruction attire l'attention sur des risques particuliers à prendre en compte en vol tactique. En effet, cette séance comprend des exercices à proximité du sol, obligeant le PF à porter son attention à l'extérieur et donnant donc toute son importance à la répartition des tâches lorsque l'instructeur a les commandes.**

**Au programme de la séance figurent :**

- les arrêts rapides, manœuvre peu fréquente à l'EH 01.044, unité très orientée vers les missions de recherche et de sauvetage ;**
- une démonstration de désynchronisation.**

### 2.3.2.3. Composition de l'équipage

L'équipage est composé d'un pilote instructeur commandant de bord, d'un pilote en qualification et d'un MEC. Trois passagers sont également embarqués afin de réaliser un vol de sensibilisation : un contrôleur aérien, un mécanicien avionique Rafale et un moniteur de simulateur Rafale.

L'instructeur est un pilote réserviste de l'EH 01.044 « Solenzara ». Il est très expérimenté, avec environ 5 800 heures de vol dont 4 500 heures sur Puma. En 2015, il a quitté l'active et est devenu réserviste. Il a réalisé une grande partie de sa carrière sur Puma puis à la fin sur Super Puma lorsque l'escadron a adopté ce type d'hélicoptère. En 2016, après son départ de l'active, les Super Puma sont retirés et l'escadron récupère à nouveau des Puma. Ainsi, depuis près d'un an et demi, il vole à nouveau sur Puma en tant que réserviste. Il n'a effectué qu'une heure de vol dans les trente derniers jours, mais a fait beaucoup de simulateur dans le cadre des besoins de l'ETO (38 heures).

Le pilote en qualification est affecté à Cayenne sur Fennec. Encore novice aux commandes d'un Puma, il ne totalise que 7 heures de vol sur ce type d'hélicoptère. Il a cependant accumulé 1 300 heures de vol sur Fennec sur lequel il est qualifié commandant de bord. Arrivé le dimanche précédent à Solenzara, il est contraint de passer sa QT Puma dans des délais restreints et en subissant les effets du décalage horaire. La partie théorique de la QT ainsi que les séances de simulateur ont été validées en avril 2018, soit plus de six mois auparavant, en raison du manque de disponibilité des Puma.

Le MEC est expérimenté et totalise 3 081 heures de vol sur tous types d'appareils dont 1 715 sur Puma. Il a déjà eu plusieurs affectations à l'escadron 01.044 « Solenzara » entre 2003 et 2005 puis entre 2009 et 2015. Il est revenu en septembre 2018. Il connaît bien l'instructeur.

Le vol, prévu initialement la veille, a été reporté au jour de l'évènement en raison d'une indisponibilité du Puma n° 1660. L'instructeur réserviste n'était initialement pas convoqué pour effectuer un vol ce jour-là, mais pour assister à un stage de formation de directeur des vols. L'absence de disponibilité des autres instructeurs de l'escadron a conduit le commandant d'escadron à lui demander de réaliser ce vol la veille du report.

**L'équipage est composé de deux membres d'équipage très expérimentés qui ont l'habitude de travailler ensemble et d'un stagiaire qui débute les vols sur Puma.**

#### 2.3.2.4. Cockpit à l'instruction

Lors d'une séance d'instruction, l'équipage est par nature déséquilibré, avec un *leadership* très fort de l'instructeur. Ce *leadership* inhérent à la situation est particulièrement renforcé par l'aura de cet instructeur au sein de l'escadron, le plus expérimenté, dernier sous-officier pilote de l'armée de l'air. Le bar de l'escadron porte d'ailleurs son surnom de vol démontrant la place spéciale que lui accordent ses pairs au sein de l'escadron.

Cependant, les entretiens ne révèlent aucune pression exercée sur le stagiaire avant ou pendant le vol. Au contraire, il semble que l'instructeur soit sensibilisé au risque de ce type de *cockpit*. D'ailleurs, lors du *briefing* il a évoqué le fait que ce type d'équipage était particulier. En outre, ses qualités pédagogiques sont reconnues par les personnels navigants de l'escadron.

**Le risque d'instauration d'un *cockpit* déséquilibré à l'excès dans le cas d'un tel équipage est particulièrement important. Cependant, il semble qu'au contraire l'instructeur en ait conscience et ait développé des capacités pédagogiques tenant compte de ce risque.**

#### 2.3.2.5. Communication au sein de l'équipage

##### **Annonces des objectifs pédagogiques**

L'évènement survient alors que l'instructeur est en possession des commandes. En effet, après un premier arrêt rapide du stagiaire qu'il juge « timide », il reprend les commandes en lui indiquant qu'il va faire une démonstration de la même manœuvre plus franche. Ainsi, le pilote en qualification reste attentif. Après cette démonstration, l'instructeur décide de profiter du repositionnement de la machine sur un axe qu'il juge plus favorable pour faire un arrêt rapide en « L », exercice suivant de la séance. Il annonce son intention mais n'indique pas que la manœuvre a un objectif pédagogique.

La possession des commandes par l'instructeur sans annonce préalable des buts pédagogiques de ses actions conduit à une démobilisation des ressources cognitives du pilote en qualification vis-à-vis du pilotage, qui se repose alors totalement sur son instructeur. La qualité du travail en équipage est alors diminuée, et la sécurité ne repose plus que sur l'instructeur, qui a le regard à l'extérieur pour cette manœuvre, et sur le MEC qui surveille les paramètres moteurs. Le pilote en qualification n'était donc pas en mesure de surveiller et d'avertir d'une éventuelle situation anormale.

**L'absence d'annonce claire des objectifs pédagogiques de la démonstration en « L » a conduit à une baisse d'attention du pilote en qualification qui a adopté une posture passive lors de la manœuvre. La sécurité du vol repose dès lors sur la performance de l'instructeur et non sur celle de l'équipage dans son ensemble.**

##### **Répartition de la surveillance**

Dans toutes les phases d'un vol, la répartition des tâches est essentielle à la sécurité. Pour cette manœuvre en particulier, comme le PF doit en permanence avoir le regard à l'extérieur du *cockpit*, le pilote non en fonction (PNF) et le MEC ont une tâche de supervision des paramètres. Si le MEC s'occupe principalement de la surveillance et de l'annonce des paramètres moteurs, le PNF doit surveiller entre autres la radiosonde afin de détecter tout rapprochement avec le sol. Par ailleurs, l'exercice ayant été briefé, il pourrait également détecter tout autre écart à l'attendu.

Le PNF ayant adopté une posture passive de récupération lors de la manœuvre pour les raisons citées ci-dessus, les tâches de surveillance à la charge du PNF ne sont pas assurées.

**L'absence de surveillance du PNF, non sollicité par le PF, est un facteur contributif de l'évènement.**

#### 2.3.2.6. Niveau de maîtrise de l'instructeur

##### Place accordée à l'équipage par l'instructeur

Le MEB Puma préconise le réglage de l'alarme des radiosondes à 20 ft lors de toute manœuvre réalisée à une hauteur inférieure ou égale à 50 ft. En effet, cette alarme (lumineuse uniquement) doit pouvoir prévenir l'équipage, et en particulier le PNF, en cas de rapprochement non désiré avec le sol.

Or, lors de l'évènement, la radiosonde était réglée à 80 ft côté gauche (PF) et 40 ft côté droit (PNF).



Radioonde gauche (instructeur – PF)



Radioonde droite (stagiaire – PNF)

Figure 12 : réglages des radiosondes telles que retrouvées sur l'aéronef endommagé

Les entretiens ont mis en évidence que l'instructeur a conscience de ne pas respecter les réglages de la radiosonde préconisés. Il estime en effet qu'avec le regard à l'extérieur lors de ce type de manœuvre à proximité du sol et en raison de l'absence d'alarme sonore, il ne serait pas en mesure de voir l'alarme de la radiosonde s'allumer.

Cependant, dans le cadre du travail en équipage, le PNF est censé surveiller la radiosonde. Sans qu'il soit possible d'affirmer qu'un réglage adapté de la radio sonde aurait permis d'éviter l'évènement, ceci indique une sous-estimation du rôle de l'équipage dans la surveillance des paramètres pourtant essentielle à la sécurité.

**Le réglage préconisé des radiosondes pour cette phase de vol n'a pas été respecté.  
Le travail en équipage est sous-estimé pour la sécurité de cet exercice.**

### Estime de soi

Les entretiens ont révélé que l'instructeur était insatisfait de sa propre démonstration d'arrêt rapide en ligne droite réalisée avant celle en « L » qui a conduit à l'accident. Cette situation a pu engendrer un sentiment de déception.

Or, l'instructeur possède une place particulière au sein de l'escadron, étant le plus expérimenté et respecté de ses pairs pour ses compétences. Une telle situation favorise l'acquisition et le développement d'une haute estime de soi et d'un sentiment de maîtrise.

Déçu par sa démonstration précédente, l'instructeur a pu vouloir profiter de l'opportunité du remplacement de l'hélicoptère pour réaliser une manœuvre plus complexe, un arrêt rapide en « L », dans le but de remettre en jeu sa technicité et ainsi d'avoir la possibilité de réévaluer à la hausse son estime de soi.

Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable qu'aucun objectif pédagogique n'a été énoncé au profit du pilote en qualification.

**Il est probable que l'instructeur ait voulu réaliser une manœuvre plus complexe afin de compenser l'exécution précédente insatisfaisante.**

### 2.3.2.7. Migration des pratiques

#### Désynchronisation

La procédure d'arrêt rapide en « L » issue du MEB Puma est la suivante :

#### Arrêt rapide en virage à 90° (ou en L)

818. Si la distance nécessaire à un arrêt en ligne droite est insuffisante ou si la décélération initiale n'est pas faite face au vent, il est possible d'effectuer un virage en fin de ligne droite.

#### Exécution

819. Engager une procédure d'arrêt rapide en ligne droite,

820. Estimer la vitesse et la distance restante jusqu'à la ligne d'arrêt et chercher un repère dans la direction du vent ;

821. Incliner franchement mais sans brutalité l'appareil vers ce repère (jusqu'à 45° d'inclinaison de jour et 30° de nuit), maintenir une trajectoire de sécurité vis-à-vis des obstacles, en engageant le virage du côté du vent ;

822. Diminuer impérativement l'inclinaison à faible vitesse ;

823. Soutenir progressivement au collectif en rendant la main au cyclique à inclinaison nulle ;

824. Remettre à plat juste avant l'arrêt et réajuster la puissance du stationnaire.

#### Arrêt rapide en ligne droite

#### Exécution

811. Se présenter à  $V_i \leq 100$  kt et  $H \geq 50$  ft, vent secteur avant ;

812. Evaluer la distance d'arrêt en fonction de la vitesse sol et prendre un repère d'axe ;

813. Simultanément, baisser le pas (sans désynchroniser) et augmenter l'assiette ;

814. Maintenir la hauteur constante au cyclique et réguler les NR au collectif si nécessaire ;

815. Entretenir l'effet de flare en augmentant progressivement jusqu'à l'assiette nécessaire à l'arrêt ;

816. Soutenir progressivement au pas collectif en contrant l'effet cabreur au cyclique et en maintenant une inclinaison nulle ;

817. Remettre à plat juste avant l'arrêt et réajuster la puissance du stationnaire.

Figure 13 : procédures d'arrêt rapide en ligne droite et en « L » extraites du MEB Puma

Lors de la manœuvre réalisée par l'instructeur, la procédure est suivie nominalement jusqu'à la désynchronisation des moteurs avec le rotor principal. La désynchronisation ne fait pas partie de la procédure ; elle est même identifiée par l'armée de l'air comme une erreur fréquente lors de cet exercice :

#### *Fautes courantes*

- a. Mauvaise gestion de la puissance :
- b. Diminution trop brutale (désynchronisation) lors de la réduction de vitesse,
- c. Augmentation tardive et brutal de la puissance provoquant une chute des NR et un enfoncement de l'appareil.
- d. Vol dissymétrique.
- e. Non-respect de la hauteur sol.
- f. Défaut de contrôle de la remise à plat ou remise à plat trop tardive.
- g. Mise en virage tardive.
- h. Prise d'inclinaison timorée.
- i. Diminution de l'assiette au cours du virage entraînant une légère perte de hauteur.
- j. Vitesse inférieure à 40 kt vent arrière.
- k. Pilotage "aux instruments".
- l. Absence de prise de repères.

Figure 14 : extrait du MEB Puma

Les entretiens ont montré que l'instructeur a conscience de réaliser un écart et que celui-ci est même recherché à des fins de démonstration. L'objectif déclaré de cet écart est d'aller le plus loin possible dans l'exercice afin de mettre en évidence les réactions possibles de l'aéronef en cas de désynchronisation involontaire. Ceci est probablement favorisé par le fait que la notion de désynchronisation est abordée par le programme de stage dans la même séance que les arrêts rapides, et que celle-ci a déjà été réalisée lors du transit vers l'aérodrome de Ghisonaccia.

La désynchronisation a pour conséquence de rallonger le temps nécessaire à la reprise de puissance nécessaire au stationnaire, et demande une remise de la puissance progressive pour éviter la chute du régime du rotor principal. Or, à cette très faible hauteur, les marges de manœuvre sont très limitées.

**La désynchronisation volontaire lors de cet exercice à très basse hauteur rend critique toute erreur d'exécution à la remise en puissance. Cet écart est un facteur contributif de l'évènement.**

## Erreur de technicité

### Niveau d'entraînement de l'instructeur

Les consignes permanentes d'instruction des personnels navigants sur hélicoptères (CPIPNI) indiquent que les réservistes doivent se conformer aux mêmes règles de maintien des compétences que les personnels navigants d'active.

Les directives de préparation opérationnelle des hélicoptères de l'armée de l'air (DPO) (n° 138/CFA/EM/BAAP du 20 septembre 2016) définissent les processus de maintien en condition opérationnelle des membres d'équipage. Il existe deux niveaux de maintien en condition opérationnelle :

- la récurrence opérationnelle : volume et type d'activité nécessaire au membre d'équipage pour garantir son niveau opérationnel et sa capacité d'engagement ;
- le maintien en condition minimale : niveau d'entraînement seuil sous lequel une remise en condition spécifique est obligatoire.

Pour les pilotes, concernant les compétences de tenue machine (nécessaires à la séance d'instruction en question), les DPO demandent :

- une pratique dans les 30 derniers jours pour le niveau opérationnel ;
- aucun seuil de maintien en condition minimale.

L'entraînement du pilote instructeur était donc conforme aux DPO. Cependant, ce même texte indique que l'aisance d'un membre d'équipage est entretenue de façon optimale lorsque son volume global d'activité est au moins de 200 heures de vol par an, avec une pratique régulière de chaque compétence. Or, l'instructeur n'a effectué que 70 heures de vol dans l'année écoulée, et une seule heure de vol dans le mois, la veille de l'évènement.

De plus l'arrêt rapide, et à fortiori en « L », n'est jamais pratiqué lors des missions SAR de l'EH. L'instructeur ne le réalise que dans le cadre des séances d'instruction en QT à l'ETO, soit environ trois fois par an. Depuis sa reprise des vols sur Puma, un an et demi auparavant, il n'a donc pas réalisé cet exercice fréquemment.

Il semble donc que la pratique récente limitée et irrégulière de l'instructeur puisse avoir favorisé une baisse progressive de technicité, et notamment lors de cette manœuvre où l'aéronef se pilote principalement au ressenti. Il est probable que cette activité non optimale soit la conséquence de son statut de réserviste.

**Le niveau d'entraînement aérien de l'instructeur était conforme aux DPO mais en dessous du volume et de la régularité de l'activité optimale. Son activité aérienne est par ailleurs moins fréquente que celle des pilotes d'active de l'escadron.**

**Un manque de technicité lié à une baisse de l'activité aérienne peut avoir provoqué une erreur d'exécution à la remise en puissance à la fin de la manœuvre, et notamment un retard de l'action au pas général et/ou une action trop brutale.**

### Biais d'habitude

Si l'instructeur a une grande expérience sur Puma, il faut noter qu'il n'a repris les vols sur ce type d'hélicoptère que récemment (un an et demi). Auparavant, pour sa fin de carrière dans l'active, il volait sur Super Puma.

Le Super Puma est un hélicoptère de génération plus récente équipé d'un anticipateur permettant de supprimer le temps de latence entre la demande de puissance et la prise de puissance effective. La réactivité des GTM du Super Puma à une demande de puissance au pas général est donc meilleure que celle du Puma.

Il n'est pas exclu que le manque de pratique de cette manœuvre sur Puma soit à l'origine d'une erreur de technicité liée à des habitudes acquises sur Super Puma. Il est notamment possible que l'action au pas général en fin de décélération ait été réalisée trop tardivement, erreur favorisée par la désynchronisation des GTM avec le rotor principal. La chute de régime constatée sur le rotor principal pourrait s'expliquer par le fait que le PF ait tiré sur le pas général trop brusquement.

**Il est possible que l'instructeur ait subi un biais d'habitude.  
Un retard dans l'action au pas général lors de la remise en puissance après désynchronisation peut être dû à des habitudes acquises sur un hélicoptère de génération plus récente.**

#### 2.3.2.8. Conscience de la situation

Le Puma est un hélicoptère d'ancienne génération dont le pilotage requiert de bonnes capacités sensorielles de la part des pilotes. Ceci est d'autant plus vrai qu'à basse hauteur le PF a toute son attention portée à l'extérieur du *cockpit*. Son pilotage est donc étroitement lié à ses sensations qui lui permettent d'estimer les paramètres de vol (hauteur, vitesse, assiette, inclinaison, etc.).

En fin de décélération, lorsque l'instructeur entame son virage à gauche, ni lui ni le MEC ne perçoivent l'enfoncement de l'aéronef jusqu'au sol. À l'inverse, l'enfoncement est perçu par le pilote en qualification.

Ce constat peut s'expliquer par la différence de charge cognitive entre les deux membres d'équipage qui participent à la manœuvre et le pilote en qualification alors passif :

- le MEC contrôle et annonce le régime du rotor principal pendant l'arrêt rapide. Ce sont ses annonces qui permettent à l'instructeur d'avoir une conscience précise de la situation concernant ce paramètre essentiel. À la fin de la décélération, la diminution progressive du régime du rotor principal (jusqu'à 235 tours/min) conduit à une focalisation de son attention sur ce paramètre ;
- lorsqu'il a les commandes, l'instructeur cumule ses fonctions de commandant de bord (supervision), d'instructeur (pédagogie) et de pilote (gestion de la trajectoire). Sa charge cognitive est alors très importante et peut aller jusqu'à la saturation en fin de manœuvre lorsque les actions s'accélèrent. En outre, son attention est totalement tournée vers l'extérieur pour les besoins de la manœuvre en basse hauteur.

Or, les fortes sollicitations cognitives altèrent les capacités de traitement des informations des récepteurs proprioceptifs et vestibulaires. Ceux-ci deviennent insuffisamment fiables pour assurer avec pertinence l'évaluation de l'attitude ou des accélérations de l'aéronef. Ceci est à l'origine d'une perte de conscience de la situation qui a conduit à une absence de réaction avant l'impact au sol.

**L'analyse de l'évènement suggère une saturation cognitive ayant conduit au délaissement du traitement des informations des systèmes vestibulaire et proprioceptif, à l'origine d'une altération de la conscience de la situation du PF. Ceci ne lui a pas permis de détecter la perte de hauteur avant l'impact au sol.**

#### 2.3.2.9. Supervision

##### **Normalisation des écarts**

Les témoignages recueillis au cours de l'enquête ont permis d'établir que la désynchronisation était pratiquée à l'occasion d'exercices d'arrêt rapide par certains instructeurs. Cependant, son identification comme faute courante par le programme de la QT pose la question de sa pertinence d'un point de vue pédagogique.

Jusqu'à l'évènement, cette pratique ne semble pas avoir été l'objet de l'attention de l'encadrement. Au contraire il semble qu'elle soit acceptée par tous.

**L'écart au programme de QT, facteur contributif de l'évènement, était accepté au sein de l'encadrement. L'acceptation a conduit progressivement à la normalisation de cette pratique.**

L'utilisation de l'aérodrome de Ghisonaccia par les Puma de l'EH 01.044 à titre d'entraînement est fréquente. Or, l'étude de la carte d'atterrissage à vue de cet aérodrome révèle que depuis les travaux de prolongement de la piste au seuil 36, sa résistance est de 5,7 t maximum. Ainsi, la mention suivante est portée sur la carte depuis janvier 2018 :

*« AD interdit à tout aéronef de masse supérieure à 5t7 sans autorisation préalable formelle de l'exploitant y compris les ACFT d'état ».*

La masse maximale du Puma est de 7 tonnes, et au moment de l'évènement la masse de l'hélicoptère était de 5,94 t. L'absence d'accord formel avec l'exploitant fait donc de l'atterrissage sur cet aérodrome un écart à ses conditions d'utilisation, qui s'est progressivement normalisé.

**L'habitude d'utilisation de l'aérodrome de Ghisonaccia comme terrain d'entraînement pour les Puma de l'EH 01.044, bien que contraire à ses nouvelles conditions d'utilisation, s'est normalisée et était acceptée de tous. Cependant, cet écart n'a pas contribué à l'évènement.**

### Présence de passagers lors de la séance

Cette mission est une séance d'instruction ayant pour but de sensibiliser le stagiaire aux risques en vol tactique et dont le programme comprend des exercices à très basse hauteur.

Selon la réglementation interne à l'armée de l'air<sup>20</sup>, l'embarquement de passagers est autorisé dans le cadre des vols d'entraînement, et cette définition inclut les vols d'instruction. En effet, les vols dits de « sensibilisation » favorisent le croisement des cultures et la connaissance mutuelle des différents métiers. C'est dans ce cadre que le commandant d'escadron a autorisé l'embarquement des passagers en signant l'ordre de vol.

S'il n'existe pas de limitation à l'embarquement de passagers pour ce type de vol, il faut souligner que l'instructeur s'est tout de même interrogé sur la pertinence de leur embarquement pour cette séance. Il est à noter que cette séance était la dernière occasion pour eux d'effectuer leur vol de sensibilisation car ils devaient repartir l'après-midi vers Saint-Dizier.

**L'embarquement de passagers n'était pas interdit. Cependant, leur présence ne semble pas appropriée en raison du contenu de la séance.**

### Aptitude médicale de l'instructeur

L'instructeur disposait d'une aptitude médicale par dérogation soumise à la limitation « double commande ». Or, le CEMPN a précisé que cette limitation impose la présence d'un second pilote qualifié sur l'aéronef à bord. En d'autres termes, un instructeur avec cette limitation peut instruire des stagiaires déjà qualifiés sur Puma, mais ne peut pas le faire pour l'obtention de leur QT.

Cependant, la portée de cette limitation n'est ni connue ni accessible facilement par le commandement des escadrons. En l'absence d'une définition explicite disponible pour le personnel non médical, il est difficile pour le commandant d'escadron de l'interpréter correctement.

**L'aptitude médicale par dérogation de l'instructeur était soumise à une limitation qui ne l'autorisait pas à instruire des pilotes non qualifiés sur Puma. Cet aspect n'était pas connu de l'encadrement. Cependant, la raison médicale ayant conduit à la limitation n'a pas contribué à l'évènement.**

### Chaîne de sécurité des vols

L'officier de sécurité des vols (OSV) et son adjoint, qui est le MEC impliqué, ne semblent pas avoir pris conscience de l'instauration progressive d'un certain degré d'acceptabilité face aux écarts. Les comportements identifiés et non remis en cause durant le vol alors que l'OSV adjoint était un membre d'équipage tendent à le démontrer :

- choix inadapté de l'aérodrome compte tenu de la masse de l'hélicoptère ;
- désynchronisation en arrêt rapide ;
- réglages des radiosondes.

---

<sup>20</sup> Référentiel d'emploi des hélicoptères de l'armée de l'air, n° 105/CFA/EM/BAAP du 27 juin 2016.

L'officier de sécurité aérienne base (OSAB) a pris ses fonctions trois semaines avant l'évènement suite au départ en opération extérieure de l'OSAB précédent. Depuis, par manque d'effectifs, il cumule ses fonctions d'OSAB avec son poste d'adjoint au chef du groupement d'appui à l'activité (GAA).

Cependant, le rôle de l'OSAB étant de conseiller le commandant de base sur les problématiques de sécurité aérienne, il implique une indépendance fonctionnelle par rapport aux unités de la base. En effet, l'instruction IV-18<sup>21</sup> précise que l'OSAB est rattaché fonctionnellement aux commandements d'appartenance des unités qui concourent à l'activité aérienne de la base et affecté au bureau de maîtrise des risques (BMR). Ceci devrait donc par principe être incompatible avec un poste d'adjoint au chef du GAA.

Ce cumul de fonctions associé à une prise de responsabilités récente a pu conduire à une priorisation de son activité au GAA au détriment de celle d'OSAB et peut expliquer la non-détection de l'installation progressive d'écarts au sein de l'EH.

**La chaîne de sécurité des vols n'a pas permis de détecter et de corriger les écarts constatés.  
L'OSV adjoint a accepté les écarts survenus pendant le vol.  
Par manque d'effectifs, la fonction d'OSAB n'est pas assurée à plein temps au sein de la base et ne répond pas aux exigences des textes de référence de l'armée de l'air.**

---

<sup>21</sup> Instruction IV-18 (PAA 03.304), relative à la fonction sécurité aérienne dans l'armée de l'air, page 54.

### 3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle en vol lors d'un exercice d'arrêt rapide en « L » ayant conduit à un contact anormal avec le sol.

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

L'évènement se produit lors d'une séance d'instruction en QT. L'équipage est constitué d'un instructeur et d'un MEC expérimentés sur Puma, alors que le pilote en qualification l'est peu, rendant la synergie difficile entre le PF et le PNF. De plus, l'instructeur a une aura particulière au sein de l'escadron par son expérience et son parcours.

L'ensemble des systèmes de l'hélicoptère fonctionnait correctement avant l'évènement, y compris les GTM et leur régulation.

La conception du Puma, hélicoptère d'ancienne génération, induit un temps de latence entre la demande de puissance et sa transmission effective au rotor principal (régulateurs centrifuges, turbine libre). Les roues libres installées entre les GTM et le rotor principal permettent leur désynchronisation lors d'une augmentation du régime du rotor principal sous l'effet du vent relatif (effet moulinet). En cas de désynchronisation, la ré-application du pas général doit être particulièrement anticipée et progressive.

#### 3.2. Causes de l'évènement

En l'absence d'enregistreurs de vol, la détermination des causes s'appuie sur les témoignages de l'équipage et des passagers, et sur le résultat des expertises techniques.

L'accident est très probablement dû à un retard dans l'application de la puissance au pas général par l'instructeur à la fin de la décélération et à une action trop brutale ayant provoqué une chute du régime de rotor principal et la perte de portance de l'aéronef.

Ce défaut de technicité a été favorisé par :

- une désynchronisation volontaire du rotor principal avec les GTM à des fins de démonstration au profit du pilote en qualification ;
- une baisse de l'activité aérienne récente de l'instructeur réserviste ;
- un possible biais d'habitude acquis sur Super Puma.

L'erreur n'a pas pu être détectée à temps en raison de :

- la saturation cognitive de l'instructeur et la focalisation du MEC sur le régime du rotor principal ;
- l'absence de surveillance des paramètres pendant la manœuvre par le pilote en qualification ;
- un réglage incorrect des alarmes des radiosondes ;
- une instauration progressive d'écarts acceptés par l'échelon local de la chaîne de sécurité des vols (OSV adjoint) et non détectés par l'échelon de supervision (OSAB), affaibli par le manque de ressources conjoncturel.

### **3.3. Autres éléments relevés au cours de l'enquête**

L'utilisation de l'aérodrome de Ghisonaccia à des fins d'entraînement par les Puma de l'EH 01.044 est non conforme pour des raisons de limitation de la masse maximale admissible sur la piste.

L'embarquement de passagers lors de ces exercices à proximité du sol semble inapproprié.

La limitation « double commande » de l'aptitude médicale de l'instructeur est incompatible avec la fonction qu'il exerçait au sein de l'ETO Puma.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

#### 4.1.1. Désynchronisation

La désynchronisation du rotor principal et des GTM n'est pas prévue dans la procédure d'arrêt rapide et elle est même listée comme « faute courante » dans le MEB Puma.

La désynchronisation volontaire lors de l'exercice d'arrêt rapide a rendu critique l'erreur d'exécution qui a suivi lors de la remise en puissance et a ainsi largement contribué à l'évènement.

L'enquête a montré que plusieurs instructeurs pratiquaient la désynchronisation malgré les consignes du MEB Puma.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de rappeler à tous les instructeurs Puma que les démonstrations de désynchronisation doivent être réalisées en dehors de tout autre exercice et avec une hauteur suffisante.**

**R1 – [A-2018-14-A]**

#### 4.1.2. Programme de la QT Puma

La démonstration de désynchronisation est prévue dans le programme de la QT Puma dans la même séance que les arrêts rapides et en ligne droite (SQM P5 TM). Ceci laisse peu de temps à l'élève pour assimiler les sensations et les actions à effectuer pour la remise en puissance, et peut ainsi conduire l'instructeur à vouloir poursuivre les démonstrations lors des exercices suivants prévus dans la séance.

De plus, les arrêts rapides sont des manœuvres qui nécessitent d'avoir pleinement assimilé le comportement de l'hélicoptère du fait de la proximité avec le sol. À ce titre, ils apparaissent de façon prématurée dans la progression de la QT.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de mener une réflexion sur l'enchaînement des exercices prévus dans le programme de la QT Puma, et notamment sur la place dans la progression des arrêts rapides en ligne droite et en « L ».**

**R2 – [A-2018-14-A]**

#### 4.1.3. Entraînement des pilotes réservistes

L'erreur de technicité à l'origine de l'évènement a probablement été favorisée par le fait que l'instructeur, réserviste, avait eu une activité aérienne modeste et irrégulière au cours des derniers mois.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de veiller à ce que l'activité aérienne de ses pilotes réservistes soit régulière et suffisante en volume.**

**R3 – [A-2018-14-A]**

#### 4.1.4. Supervision de la sécurité aérienne

Pour cause de ressources humaines limitées en raison de départs en opérations extérieures, le poste d'OSAB à Solenzara est assumé par un officier qui est également l'adjoint au chef du GAA. En plus de lui laisser peu de temps à consacrer à ses fonctions d'OSAB, ceci ne lui garantit pas les marges de manœuvre nécessaires par rapport aux unités de la base.

Cette situation a pu contribuer à la non-détection par l'échelon de supervision de l'installation progressive d'écarts.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air de s'assurer que les postes d'OSAB soient pourvus à plein temps et de préserver leurs marges de manœuvre par rapport aux unités stationnées.**

**R4 – [A-2018-14-A]**

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

##### 4.2.1. Enregistreurs de données de vol

Les hélicoptères Puma de l'armée de l'air ne sont pas équipés de moyens d'enregistrement. La compréhension de cet évènement repose donc uniquement sur les témoignages recueillis auprès de l'équipage et sur des expertises techniques poussées qui auraient pu être évitées en présence d'un enregistreur de données. De plus, un enregistreur aurait pu permettre de lever certaines hypothèses qui n'ont pas pu être écartées complètement dans ce rapport.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air, en liaison avec la DGA, d'équiper ses hélicoptères d'enregistreurs de données de vol.**

**R5 – [A-2018-14-A]**

#### 4.2.2. Implications de l'aptitude médicale limitée au vol en « double commande »

L'enquête a révélé que le pilote instructeur disposait d'une aptitude médicale par dérogation limitée au vol en « double commande ». Sollicité à ce sujet, le CEMPN a répondu que cette limitation impliquait que le deuxième pilote à bord de l'hélicoptère soit qualifié sur l'aéronef utilisé. Cette limitation exclut donc les vols « seul pilote à bord » ainsi que les vols réalisés avec un deuxième pilote non qualifié sur l'appareil. L'enquête a démontré que ni l'intéressé, ni son commandement n'avaient conscience de cet écart.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**aux autorités d'emploi, en liaison avec le service de santé des armées, de bien prendre en compte les implications de la limitation médicale au vol en « double commande ».**

**R6 – [A-2018-14-A]**

**au service de santé des armées d'étudier une formulation plus explicite de cette limitation médicale mentionnant l'obligation de qualification du second pilote.**

**R7 – [A-2018-14-A]**

#### 4.2.3. Utilisation de l'aérodrome de Ghisonaccia par les Puma de l'EH 01.044

L'enquête a mis en évidence que les hélicoptères Puma de l'EH 01.044, aéronefs d'une masse maximale de 7 tonnes, utilisent régulièrement l'aérodrome de Ghisonaccia à des fins d'entraînement. Cependant, la documentation de l'aérodrome éditée par le SIA indique que la résistance de la piste ne permet d'accueillir que des aéronefs d'une masse inférieure à 5,7 t.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de l'air d'étudier avec la direction générale de l'aviation civile la possibilité d'utilisation de l'aérodrome de Ghisonaccia par les hélicoptères Puma, et le cas échéant l'établissement d'un accord spécifique avec l'exploitant.**

**R8 – [A-2018-14-A]**