



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE  
ET DES ANCIENS COMBATTANTS

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-T-2011-012-I

<b>Date de l'événement</b>	<b>11 octobre 2011</b>
<b>Lieu</b>	<b>Hélistation de Pontonx sur l'Adour (40)</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>EC120 B Calliopé</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>n° 1616 F-HBKM</b>
<b>Organisme</b>	<b>Armée de terre</b>
<b>Unité</b>	<b>EALAT, base école Général Navelet de Dax (40)</b>

## **AVERTISSEMENT**

### **COMPOSITION DU RAPPORT**

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

### **UTILISATION DU RAPPORT**

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

## **CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS**

Page de garde : Intranet COMALAT

Photos - Illustrations - Schémas :

- Pages 14, 15, 21 à 26, 32 à 39 : BEAD-air
- Pages 17, 19, 29, 30 : EALAT

## TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Tués et blessés	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	16
1.8. Aides à la navigation	16
1.9. Télécommunications	16
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	17
1.11. Enregistreurs de bord	17
1.12. Renseignements sur l'appareil et sur l'impact	19
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	25
1.14. Incendie	25
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	25
1.16. Essais et recherches	25
1.17. Renseignements sur les organismes	25
1.18. Renseignements supplémentaires	28
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	28
2. Analyse	29
2.1. Reconstitution de la séquence d'événements	29
2.2. Analyse du vol	38
2.3. Recherche des causes de l'incident	40
3. Conclusion	44
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	44
3.2. Causes de l'événement	44
4. Recommandations de sécurité	45
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	45
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	45
ANNEXES	46
ANNEXE 1 MANUEL DE VOL EC120 B : PROCEDURES EN CAS DE PANNES MOTEUR ET PROCEDURES D'ENTRAINEMENT	47
ANNEXE 2 DESCRIPTION DU CURSUS DE FORMATION DES MONITEURS HELICOPTERE ET DU STAGE MONITEUR A L'EALAT DAX	50

**GLOSSAIRE**

AMM	<i>Aircraft maintenance manual</i>
ALAT	aviation légère de l'armée de terre
BEAD-air	bureau enquêtes accidents défense air
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EMO	élève moniteur
EPI	enquêteur de première information
ft	<i>feet</i> – pied ; 1 ft ~ 0,3 mètre
GTM	groupe turbomoteur
kt	<i>knot</i> – nœud ; 1 kt ~ 1,852 km/h
NG	vitesse de rotation du générateur de gaz
Nm	<i>nautical mile</i> – mile nautique ; 1 Nm ~1,852 km
NR	vitesse de rotation du rotor principal
NTL	vitesse de rotation de la turbine libre
PG	pas général
PTU	prise de terrain en U
VEMD	<i>Vehicle and engine multifunction display</i>
VP	visite périodique

## SYNOPSIS

Date et heure de l'événement : mardi 11 octobre 2011 vers 16 h 25

Lieu de l'événement : terrain satellite de Pontonx (40)

Organisme : armée de terre

Commandement organique : aviation légère de l'armée de terre (ALAT)

Unité : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT), base école Général Navelet de Dax

Aéronef : hélicoptère EC120 B Calliopé n°1616 – F-HBKM

Nature du vol : contrôle de fin de phase autorotations du pré-stage moniteur hélicoptère

Nombre de personnes à bord : 2 élèves moniteurs (EMO).

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

Au cours d'un lâcher en fin de phase de formation à la pratique de l'autorotation, l'EMO exécute une première approche en autorotation turbine réduite en ligne droite. Lors de l'atterrissage, les pales du rotor principal impactent la poutre de queue et l'ensemble dérive-fenestron s'affaisse à l'arrêt de l'appareil. L'équipage est indemne.

### Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air),
- Un enquêteur de première information (EPI),
- Un médecin du personnel navigant de l'armée de l'air,
- Un officier pilote d'essai de l'ALAT,
- Un sous-officier mécanicien de l'ALAT.

### Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air est prévenu le jour de l'incident vers 17h40 par le bureau sécurité des vols du COMALAT.

Un EPI est désigné par le BEAD-air et se rend sur la base de Dax puis sur le terrain de Pontonx le matin du 12 octobre 2011.

L'ensemble du groupe d'enquête est réuni sur la base de Dax le 12 octobre 2011 en fin d'après-midi.

### Enquête judiciaire

Néant.

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Indicatif mission : F-HBKM

Type de vol : CAM V<sup>1</sup>

Type de mission : contrôle de fin de phase autorotations (séance A8)

Dernier point de départ : terrain de Pontonx

Heure de décollage : 15h15

Point d'atterrissage : terrain de Pontonx

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Contexte du vol – pré-stage moniteur

La base école de Dax assure notamment les évaluations d'entrée en stage moniteur et la formation des moniteurs hélicoptères. Cette formation débute par l'obtention de la qualification de type EC120 puis se poursuit lors d'un stage préliminaire d'une durée de quatre semaines, en préalable au stage de formation en vue de l'obtention de la qualification d'instructeur civil FI(H).

Ce stage préliminaire, constitué d'une formation théorique et pratique, comprend successivement :

- un séjour de quinze jours au centre de vol en montagne, axé sur le pilotage en limite de puissance (16 heures de vol, dont une heure en solo) ;
- une phase d'autorotation de huit jours œuvrés (8 heures de vol, dont 0.3 heures de lâcher en autorotation).

La phase d'autorotation compte huit séances pratiques. La dernière séance (A8) est consacrée au contrôle de progression, qui comprend deux parties :

- le contrôle d'aptitude à la pratique de l'autorotation (EMO en place gauche, moniteur-contrôleur en place droite) durant laquelle sont réalisées une approche autorotative avec reprise moteur puis six autorotations avec réduction moteur selon trois configurations : ligne droite, prise de terrain en U (PTU) et panne en stationnaire DES ;
- puis le lâcher sur décision du moniteur, durant lequel l'EMO effectue deux autorotations turbine réduite (une en ligne droite, puis une en PTU).

Durant ce lâcher, deux élèves moniteurs sont à bord : l'EMO commandant de bord aux commandes est en place gauche (place moniteur), l'autre EMO est membre d'équipage en place droite et a pour fonction l'annonce de l'évolution de la vitesse de rotation du rotor principal (NR) lors des autorotations.

L'incident se produit lors d'un lâcher en autorotation, au poser de la première autorotation.

<sup>1</sup> Vol effectué en circulation aérienne militaire, à vue.

### 1.1.2.2. Préparation du vol - déroulement de la séance

Le briefing réunit le moniteur et l'EMO vers 13 heures, durant une quinzaine de minutes. Le contrôleur a rappelé au candidat la chronologie et les critères attendus pendant le vol de contrôle, conformément à la réunion de standardisation qui a eu lieu le matin vers 8 h 30.

Durant l'après-midi du 11 octobre 2011, la séance A8 est réalisée au profit de deux élèves-moniteurs après mise en place sur le terrain de Pontonx, tous les vols étant réalisés sur le même appareil (n° 1616).

Un premier EMO (celui qui sera en place droite lors de l'incident) a été lâché deux heures avant l'incident par un autre moniteur (l'élève-moniteur commandant de bord lors de l'incident est alors en place droite).

Après un retour à Dax pour un complément de plein, l'appareil décolle à 15 h 15 vers Pontonx. Sont à bord le moniteur et l'EMO qui vont effectuer le vol de contrôle, ainsi que l'EMO qui a été lâché en début d'après-midi.

À l'arrivée à Pontonx, le vent est nul à très faible avec une légère composante d'Est, les vols en cours se font face à l'Est<sup>2</sup>, le tour de piste étant effectué au sud, en main droite.

Le deuxième élève-moniteur descend puis l'appareil décolle à 15 h 30 pour le vol de contrôle qui dure 45 minutes.

Les autorotations prévues au programme sont réalisées, dans l'ordre suivant : présentation en ligne droite avec reprise moteur, puis six autorotations (successivement : deux en ligne droite, deux en PTU, une en ligne droite puis une en stationnaire dans l'effet de sol).

A l'issue, le moniteur décide de lâcher l'EMO. Le moniteur descend de l'appareil et assiste au lâcher<sup>3</sup>. L'autre élève-moniteur monte à bord en place droite.

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

L'appareil décolle en piste 08 à 16 h 21. Il se présente en finale à 16h25 sur la bande n° 3 (bande sud) pour réaliser l'autorotation en ligne droite avec réduction moteur.

Le vent est nul. Après le *flare* terminé haut, l'appareil touche le sol et rebondit avec un couple à piquer. L'appareil cabre, retouche le sol sur les talons de patins puis bascule vers l'avant sur les spatules. Le coupe-câble s'enfonce dans le sol et se rompt. Lors de ce mouvement à piquer, les pales du rotor principal entrent en contact avec la poutre de queue. L'appareil revient en arrière sur ses patins et l'ensemble dérive-fenestron s'affaisse, encore solidarisé dans sa partie basse à la poutre de queue.

<sup>2</sup> En début d'après-midi, les vols se déroulaient face à l'ouest avec également un vent très faible (notamment le lâcher solo de l'autre élève-moniteur en place droite).

<sup>3</sup> Il n'est pas prévu d'échanges radio entre le moniteur et l'équipage pour ce type de vol. Les pompiers, situés à proximité du moniteur, ont une radio branchée sur la fréquence de travail utilisée par l'équipage.

Ayant perçu des vibrations à l'arrière, l'équipage décide d'interrompre le vol. Le pilote aux commandes annonce l'arrêt moteur sur la fréquence de travail et celui en place droite effectue une procédure d'arrêt standard. Les pompiers présents sur place avec un véhicule d'intervention et le moniteur se rendent immédiatement à l'appareil. L'équipage indemne évacue. Les pompiers inspectent la machine et ne détectent pas de source d'incendie.

Les séances en cours à Pontonx sont interrompues, deux appareils se posent sur la bande nord.

### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Landes
  - commune : Pontonx sur l'Adour
  - coordonnées géographiques du terrain satellite :
    - N 43° 46' 34''
    - W 000° 55'34''
  - altitude du terrain satellite : 16 mètres
- Moment : jour
- Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Dax Seyresse (LFBY) à 8 Nm dans le 230°

### 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	2		

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Calliopé n°1616			X	

### 1.4. Autres dommages

Néant.



## 1.5. Renseignements sur le personnel

Ces renseignements sont valides à la date de l'incident.

### 1.5.1. Élève moniteur aux commandes

- Age : 30 ans
- Sexe : masculin
- Organisme d'affectation : armée de terre
- Unité d'affectation : 1<sup>er</sup> RHC Phalsbourg (depuis 2008)
- Qualifications (non exhaustif) :
  - Brevet de pilote d'hélicoptère à Dax sur Gazelle (mars 2003)
  - qualifié SA 330 Puma en mars 2004
  - pilote chef de bord HM en juillet 2008
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120
Total (h)	1720	41	187	41	29	29
Autorotations	145	75	75	75	75	75

- Historique des vols sur EC120 :
  - vol d'évaluation moniteur en juillet 2011
  - qualification de type (1er au 15 septembre 2011)
  - début du stage moniteur : phase montagne (du 15 au 30 septembre 2011), même moniteur durant toute cette phase<sup>4</sup>
  - phase autorotation (débutée le 1er octobre 2011), même moniteur durant toute cette phase.
- L'expérience en autorotation de ce pilote avant l'entrée en stage est représentative de celle d'un grand nombre de stagiaires : il a réalisé ses dernières autorotations il y a 8 ans sur Gazelle et le vol de l'incident est le premier lâcher en autorotation de sa carrière.
- Ce pilote est destiné à effectuer du monitorat en régiment sur Puma (le cursus type figure en annexe 2).

### 1.5.2. Élève moniteur en place droite

- Age : 34 ans
- Sexe : masculin
- Qualification : commandant de bord sur AS 355 Fennec
- Organisme : armée de l'air

<sup>4</sup> Le cours théorique de 2 h sur l'autorotation (PIL 4) a été dispensé durant cette phase.

- Qualifications (non exhaustif) :
  - Brevet de pilote d'hélicoptère à Dax sur Gazelle (mai 2005)
  - qualifié AS 555 Fennec en juillet 2004
  - pilote opérationnel en janvier 2008
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120
Total (h)	1420	42	80	42	30	30
Nombre d'autorotations	155	73	73	73	73	73

- Ce pilote est destiné à effectuer du monitorat sur EC120 au sein de l'EALAT Dax.

### 1.5.3. Moniteur

Il s'agit du moniteur qui a effectué le contrôle de progression précédant le lâcher de l'élève moniteur objet du chapitre 1.5.1.

- Age : 51 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : EALAT Dax (de 1991 à 1998 puis depuis 2002)
  - moniteur au sein de la direction de la formation initiale
  - contrôleur en vol
- Qualifications (non exhaustif) :
  - pilote d'hélicoptère (1981)
  - instructeur FIH (1991)
  - qualification de type EC120 en novembre 2009
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120	sur tous types	dont sur EC120
Total (h)	6824	319	125	125	18.5	18.5
Nombre d'autorotations	5453	626	217	217	33	33

## 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Propriétaire : société Hélidax
- Base aérienne de stationnement : base école Général Navelet (BEGN) à Dax
- Constructeur : Eurocopter
- type EC120 B :
  - hélicoptère léger monoturbiné
  - GTM Turboméca ARRIUS 2F à turbine libre
  - rotor principal de type spheriflex<sup>5</sup> à 3 pales
  - longueur du fuselage : 9,60 m

### 1.6.1. Maintenance du Calliopé n°1616

- Première délivrance du certificat d'examen de navigabilité en septembre 2009

	Type	Numéro de série	Heures de vol totales	Heures de vol depuis VP 500h	Heures de vol depuis VP 100h
Cellule	EC 120B	1616	866.60	381.1	8.40
Moteur	ARRIUS 2F	34691	866.60	381.1	8.40

- Nombre d'atterrissages : 3336
- Nombre d'autorotations : 1190
- Nombre d'autorotations effectuées le jour de l'incident : 15

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

- Dernières opérations non programmées effectuées :
  - réglage du NR autorotatif effectué le 6 juillet 2011 à 676,80 heures, suivant fiche de contrôle n°4 du manuel de vol, dans le cadre d'un contrôle de la flotte Hélidax suite à l'incident du 23 mai 2011 (cf. chapitre 1.17.4) :
    - le seuil d'alarme NR élevé a été vérifié ;
    - le réglage de la butée plein petit pas (BPPP) a été modifié (le NR autorotatif a été relevé de 410 à 424 tr/min) ;
    - ce réglage a été validé lors du vol de vérification (valeur relevée en vol = valeur lue sur l'abaque = 430 tr/min) ;

<sup>5</sup> Les articulations de battement, de trainée et de pas sont réalisées au moyen d'une butée sphérique en élastomère. La rotation est en sens horaire vu de dessus.

- vérifications suite à un dépassement de limite maximum du régime rotor (*over limit NR*) le 3 octobre 2011 (enregistré par le VEMD à 451 tr/mn, le maximum étant de 447 tr/min) ;
- vérifications suite à un toucher béquille survenu le jour de l'incident, lors du lâcher en autorotation d'un EMO.

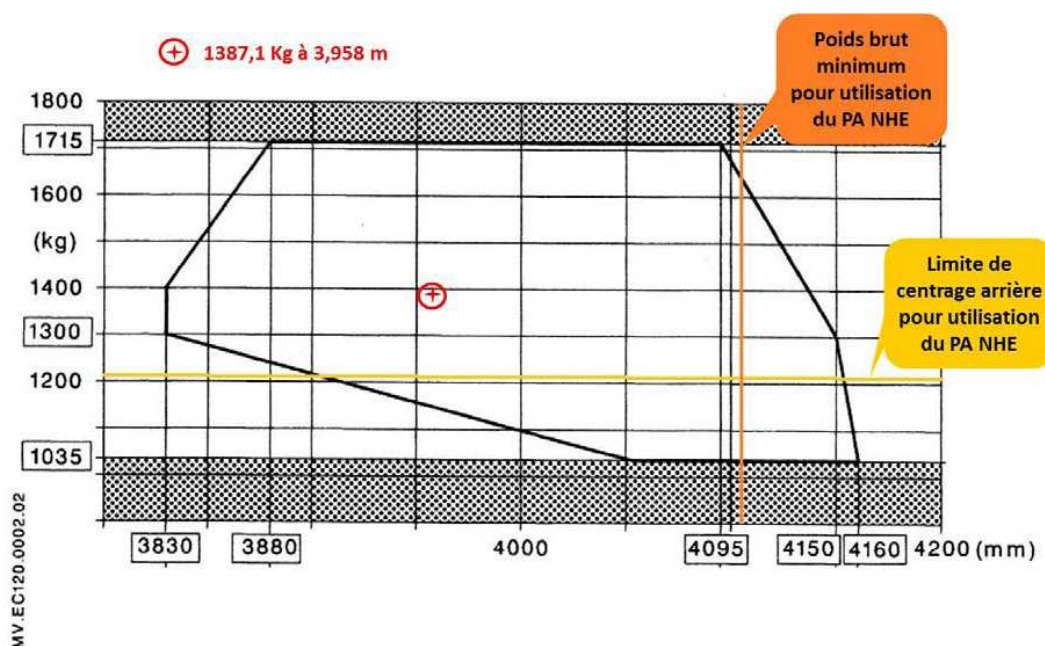
L'aéronef ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

### 1.6.2. Performances

- Masse maximale autorisée au décollage : 1715 kg
- Masse à vide équipé-centrage longitudinal (pesée du 30 mars 2011) : 1110 kg – 4,21 m<sup>6</sup>
- Masse totale - carburant restant - centrage longitudinal estimés au dernier décollage : 1407,1 kg - 117 kg - 3,96 m
- Masse totale - carburant restant - centrage longitudinal estimés au moment de l'évènement : 1387 kg - 97 kg - 3,96 m.

L'appareil est durant tout le vol dans les limitations de masse et de centrage longitudinal et latéral.

L'appareil est très légèrement centré avant au moment de l'incident (cf. schéma ci-dessous).

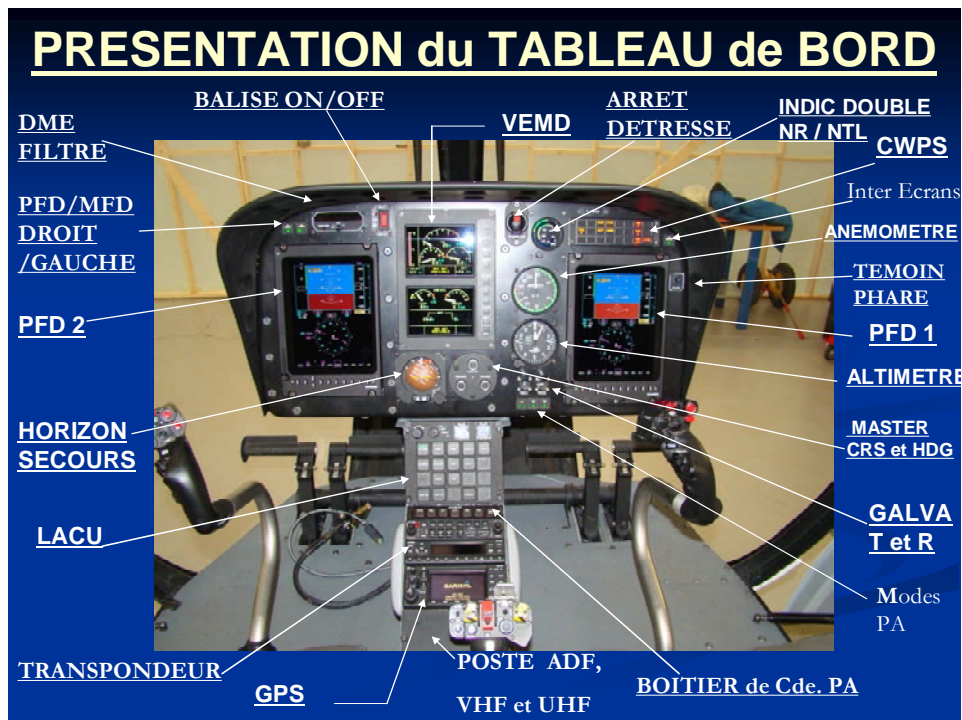


Positionnement du centrage estimé au moment de l'incident

<sup>6</sup> 6 plaques de lest à l'arrière du fenestron ; 4 plaques sous la batterie.

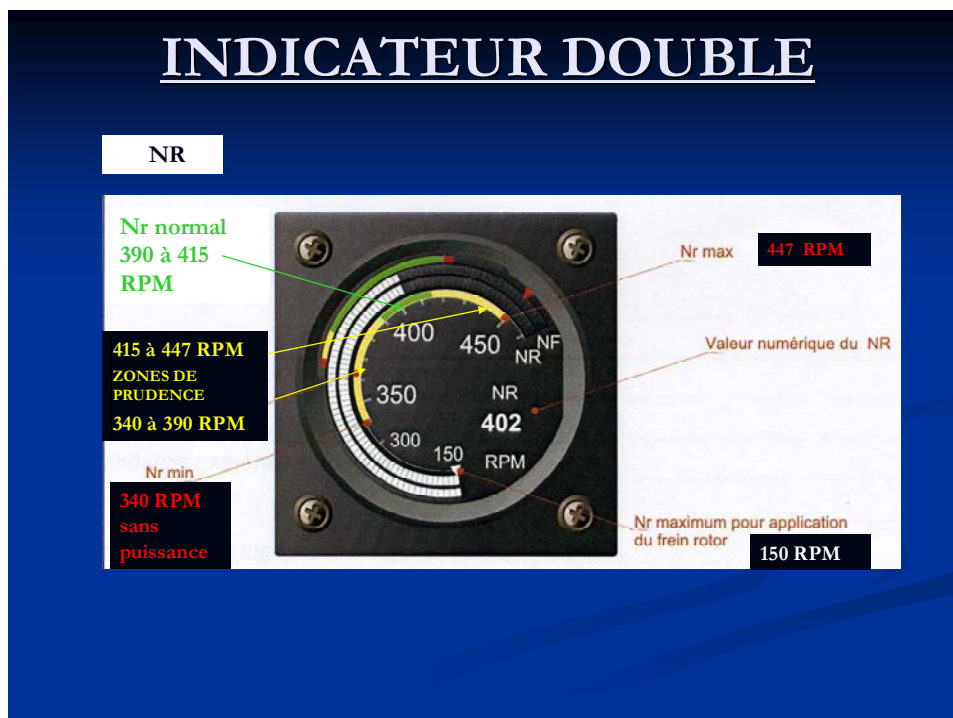
### 1.6.3. Indicateur NR et limitations du rotor principal

L'indicateur double (NR-NF) figure en haut et légèrement à droite du centre du tableau de bord (voir ci-dessous).



Vue du tableau de bord Calliopé

Les limitations NR de vol sont présentées ci-dessous.



La limite de NR minimum sans puissance est de 340 tr/min.

L'alarme sonore NR bas se déclenche 20 tr/min sous la plage de fonctionnement normal, soit à partir de 370 tr/min (son 310 Hz continu).

L'alarme sonore NR élevé se déclenche 5 tr/min au-dessus de la plage de fonctionnement normal, soit à partir de **420 tr/min** (son 310 Hz intermittent).

Le dépassement de la limite de NR maximum sans puissance ( $\geq$  **447 tr/min**) provoque l'apparition au VEMD en mode vol d'un message (*over limit detected*) et est signalé par l'allumage d'un voyant en façade de l'enregistreur de maintenance Brite Saver (cf. chapitre 11, enregistreurs de bord). Hélidax procède alors à l'exploitation en mode maintenance des données enregistrées afin de déterminer notamment le niveau maximal atteint.

Le manuel de maintenance mentionne (AMM 05.50.00, 6.1, version du 4 février 2010) :

- une survitesse est définie comme tout incident au cours duquel le régime rotor principal a dépassé 447 tr/min ;
- tout dépassement du régime rotor principal à partir de 447 tr/min devra être noté dans le livret appareil et sur la fiche matricule des pales.

Il résulte de l'amendement de ce manuel par la lettre Eurocopter réf. SR 1-194051153 du 18 juin 2010 qu'aucune opération de maintenance n'est requise si le NR maximum atteint est inférieur à 457 tr/min.

#### 1.6.4. Caractéristiques du train

Le train est composé de :

- traverses avant et arrière
- 2 patins (équipés de lames d'extrémité)
- 2 carénages et 2 marchepieds.

Le train est fixé à la structure en 3 points : 2 sur la traverse avant et un sur la traverse arrière. Le mouvement latéral des traverses est limité par des butées.

- Longueur : 2,76 m
- Voie avant et arrière maxi : 2,07 m
- Garde au sol : 0,56 m

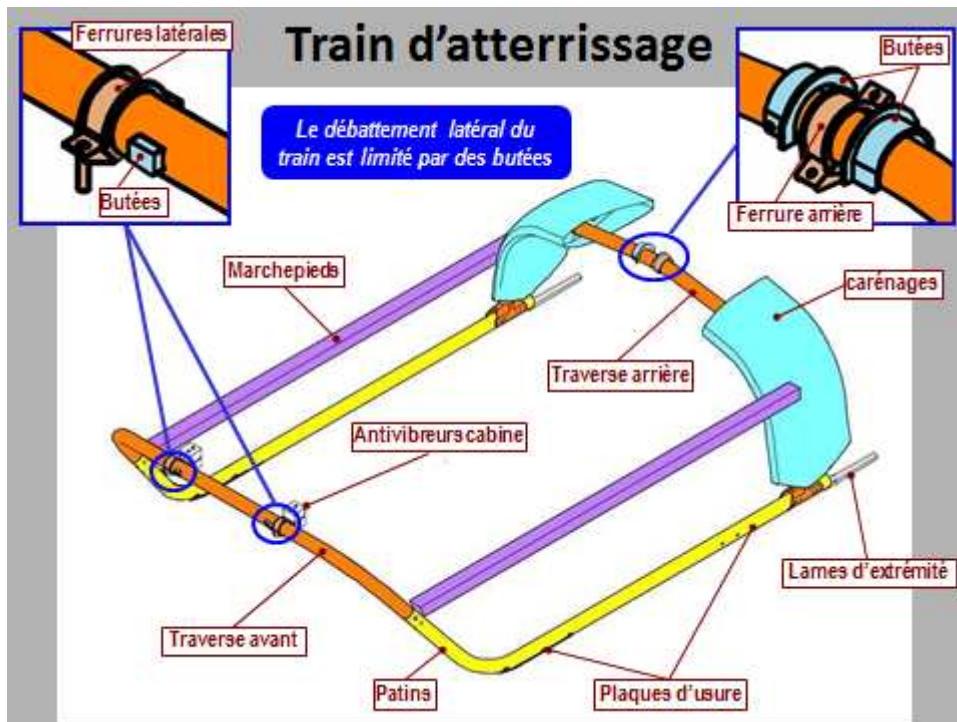


Schéma du train d'atterrissage



Vue du train d'atterrissage

### 1.6.5. Procédures d'autorotation figurant au manuel de vol

Les procédures d'autorotation en cas de panne et d'entraînement aux pannes, figurant au manuel de vol, sont reportées en annexe 1.

La distance parcourue en autorotation est de 1300 m pour une hauteur de 300 m, vers 65 kt et NR  $\approx$  410 tr/min (source manuel de vol, section 5, performances complémentaires).

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Conditions estimées sur le site par Météo-France

- Situation générale : Conditions anticycloniques avec une inversion de température marquée (+12°C à 1500ft/sol / +18°C à 2000ft/sol)
- Ciel clair
- Phénomènes : néant
- Visibilité au sol supérieure à 10 km
- Vent au sol : 360° à 050° 02 à 04 kt, maximum 8 kt
- Température/point de rosée au sol : 25°C/14°C
- QNH = 1026 hPa
- Turbulence faible

### 1.7.2. Témoignages

D'après les témoignages recueillis, le vent était très faible de nord-est, voire nul, au moment de l'événement.

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

La zone intégrant le terrain de Pontonx est gérée et contrôlée par le contrôle local d'aérodrome de Dax. Une fréquence VHF dite « de sécurité » est dédiée aux appareils en instruction.

Aux abords du terrain de Pontonx, les équipages utilisent une fréquence UHF dite « de travail » en auto-information.

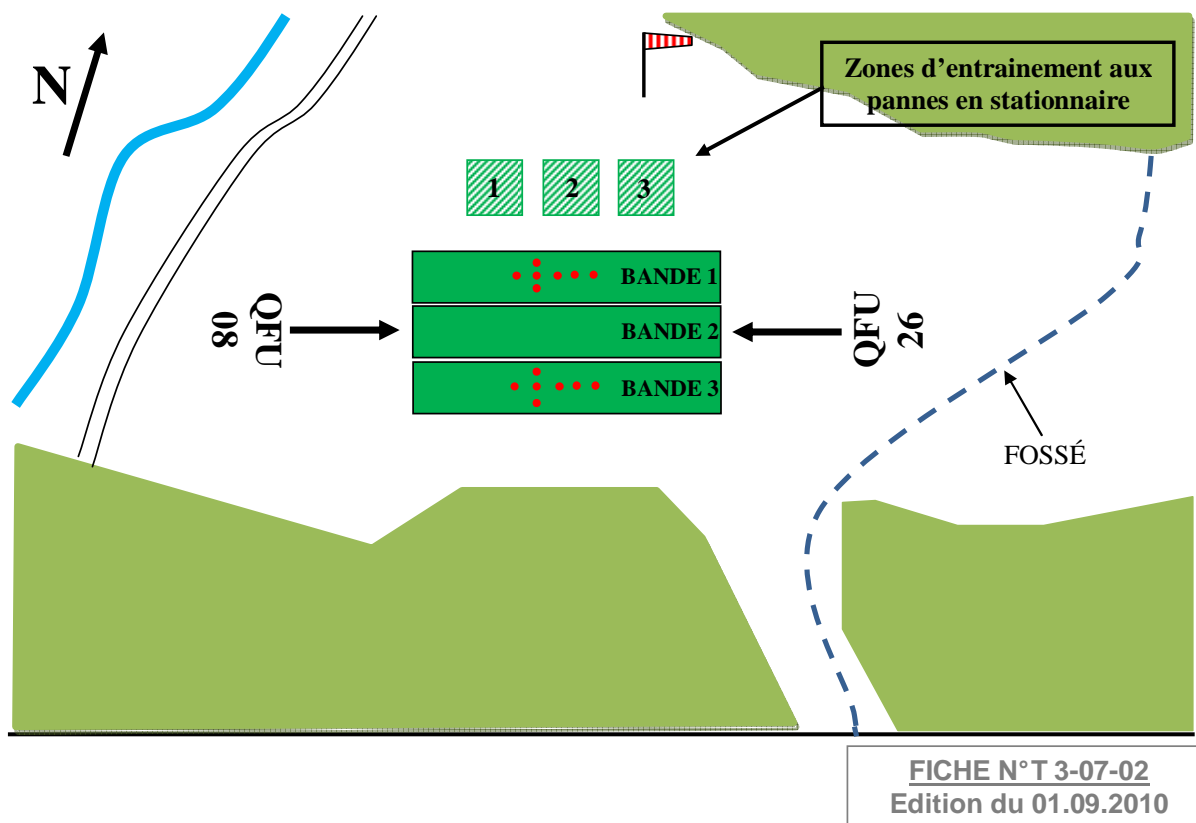


### 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Le terrain de Pontonx est un des terrains satellites de Dax sous statut d'hélistation ministérielle.

Il dispose notamment de trois bandes de 300 mètres de longueur et d'une largeur totale de 250 mètres, axées 08/26.

Une manche à air est positionnée en lisière nord.



### 1.11. Enregistreurs de bord

Dans le mode maintenance, le calculateur embarqué VEMD (*vehicle and engine multifunction display*, système de gestion et de visualisation des paramètres) enregistre des informations qu'il restitue notamment sous forme :

- de rapports de vol (enregistrement des 31 derniers rapports), avec indication de l'occurrence de dépassements de limites et de pannes ;
- de pages de pannes (enregistrement des 256 dernières pannes) ;
- de pages de dépassements de limites (enregistrement des 31 dernières pages avec dépassement).

L'ensemble de ces informations étaient accessibles sur l'appareil KM (cf. chapitre 1.12.4).

L'appareil est par ailleurs équipé d'un enregistreur de maintenance Brite Saver (fabricant ECT Industries), de type UMS (*usage monitoring system*), qui sauvegarde certains paramètres issus du VEMD.

Principales caractéristiques du Brite Saver installé sur Calliopé :

- capacité d'enregistrement 2500 heures
- carte mémoire SD extractible
- allumage d'un voyant ambre en façade en cas de dépassement de limite
- enregistrement de 14 paramètres à 1 Hz<sup>7</sup> :
  - régime de rotation du générateur de gaz (libellé NG 1 - unité tr/min)
  - régime de rotation de la turbine libre (NF 1)
  - régime de rotation du rotor principal (NR)
  - température turbine (T4 1 - °C)
  - couple turbine libre (*Torque* 1 - %)
  - température extérieure (OAT - °C)
  - marge NG (delta NG 1 - %)
  - comptage de cycles générateur de gaz (NG 1- cycles)
  - comptage de cycles turbine libre (NF 1-cycles)
  - altitude pression (ZP-ft)
  - pression ambiante (P0-mbar)
  - température d'huile GTM (*Oil Temp* 1-°C)
  - température batterie (*Internal Temp*-°C)
  - tension réseau de bord (*Voltage*-V).

Les positions des commandes de vol ne sont pas enregistrées.

Les données correspondant au vol de l'incident ont été extraites de la carte SD du KM. Elles sont complètes et valides<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Dans l'analyse menée au chapitre 2, les valeurs ont été interpolées linéairement entre deux valeurs enregistrées.

<sup>8</sup> Exceptées les valeurs de l'altitude pression près du sol, pour une raison indéterminée. La hauteur de l'appareil a été calculée à partir de la pression ambiante enregistrée.

## 1.12. Renseignements sur l'appareil et sur l'impact

### 1.12.1. Examen de la bande gazonnée

Le sol des trois bandes est ferme et stable.

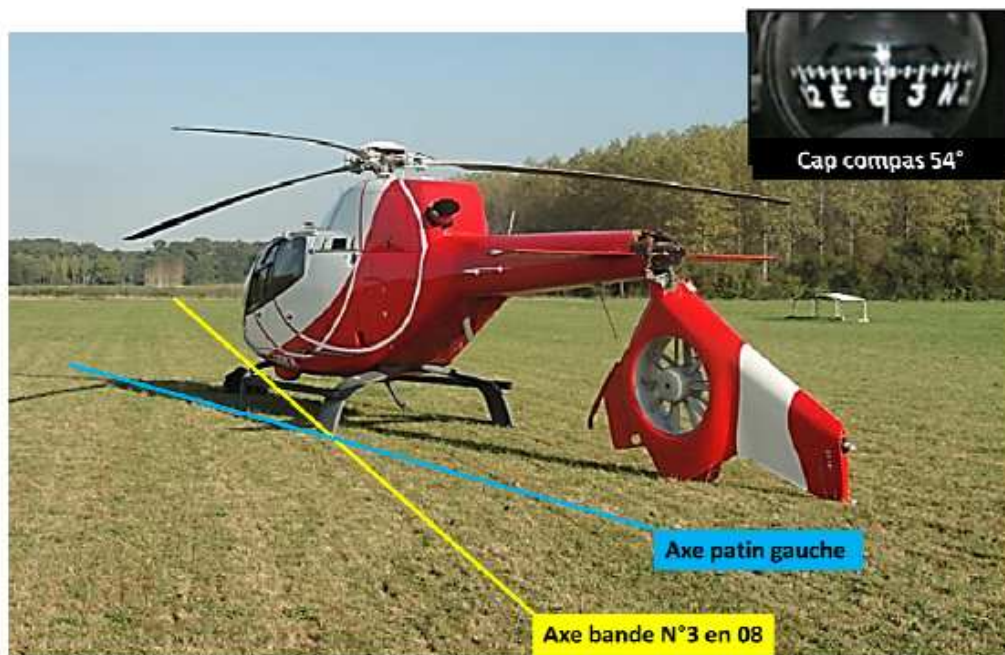
La bande n° 3 (la plus au sud) ne présente pas d'ornièrre ou d'irrégularité notable, notamment entre le point de premier posé et d'arrêt de l'appareil.

De nombreuses traces de glissades sont visibles à l'endroit concerné de la bande mais aucune ne peut être attribuée de façon certaine à l'appareil accidenté.

### 1.12.2. Examen de la zone – dispersion des débris de la poutre de queue

L'appareil est posé sur ses patins, aux 2/3 de la bande dans l'axe 08, désaxé d'environ 25° vers la gauche.

La poutre de queue est presque entièrement sectionnée derrière le plan fixe et l'ensemble dérive-fenestron repose sur le sol.



Positionnement de l'appareil

La partie fusible du couteau inférieur du coupe-câble est fichée en terre sur une profondeur de 10 cm (sa longueur est de 20 cm), à une distance longitudinale du nez de l'aéronef de 7,30 m et à environ un mètre à gauche de l'axe aéronef. Il n'est constaté aucune trace de labour du sol créé par le coupe-câble autour et en amont de l'endroit où la partie fusible est fichée.

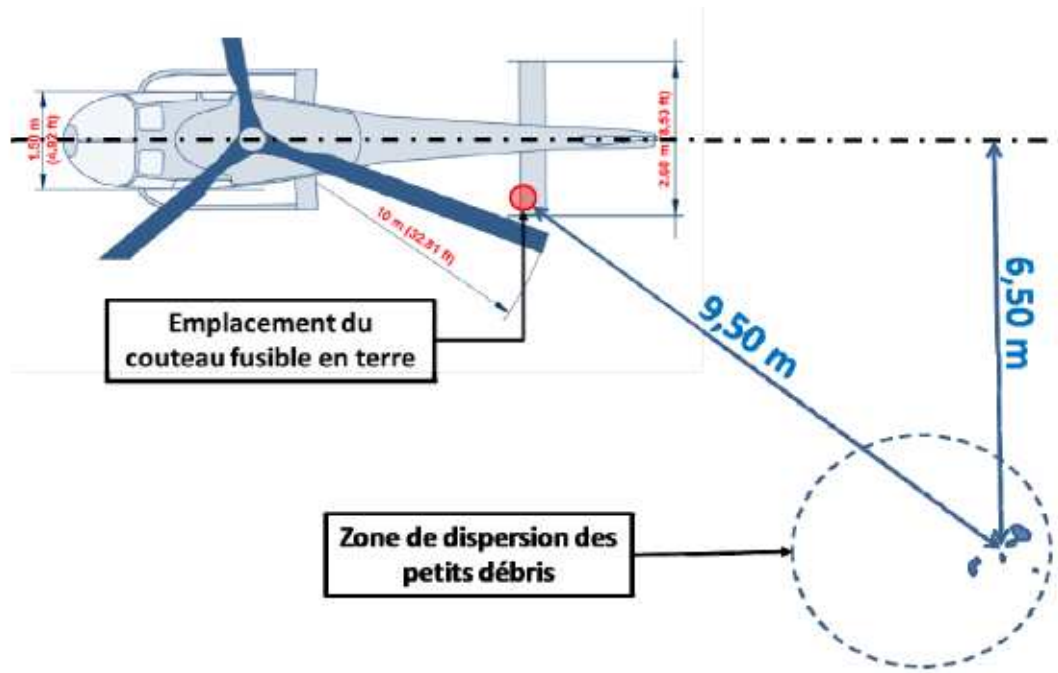


Positionnement longitudinal de la partie rompue du coupe-câble inférieur, fichée dans le sol

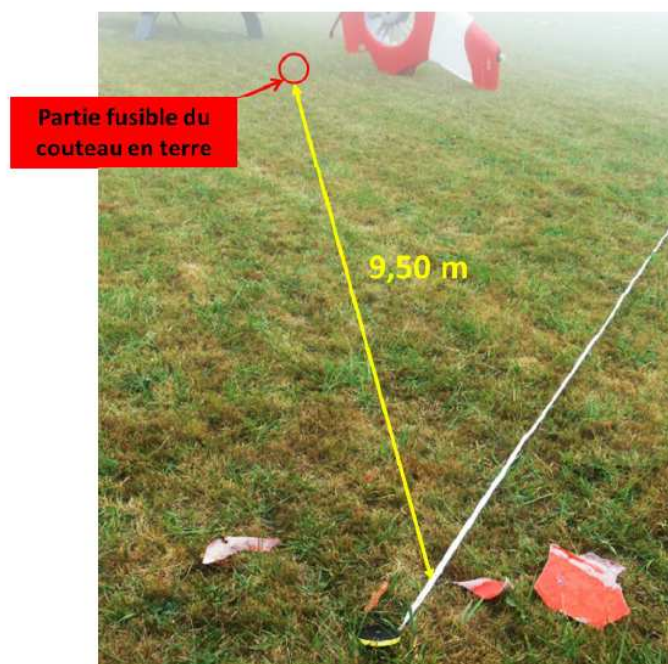


Positionnement latéral de la partie rompue du coupe-câble inférieur

Un groupe de 5 débris de la structure monocoque (construction sandwich nid d'abeille NOMEX / revêtement aluminium) de la poutre de queue, de taille allant de 10 à 500 cm<sup>2</sup>, a été projeté à une dizaine de mètres en arrière gauche de l'appareil. Une vingtaine de débris de moindre densité sont dispersés autour du même secteur sur un diamètre d'environ 4 mètres.



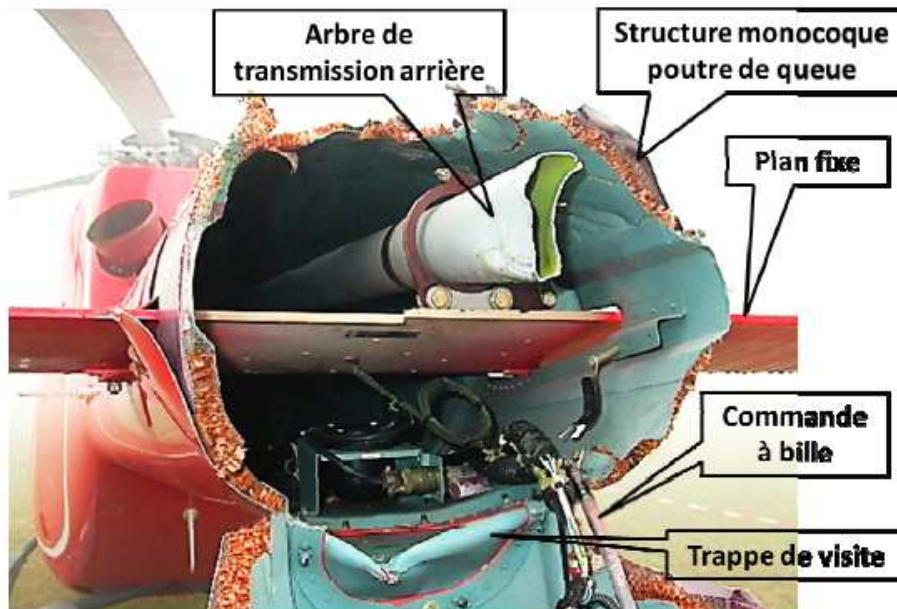
Croquis de la dispersion des débris composites de la poutre de queue



Groupe des débris les plus grands (de 10 à 500 cm<sup>2</sup>)

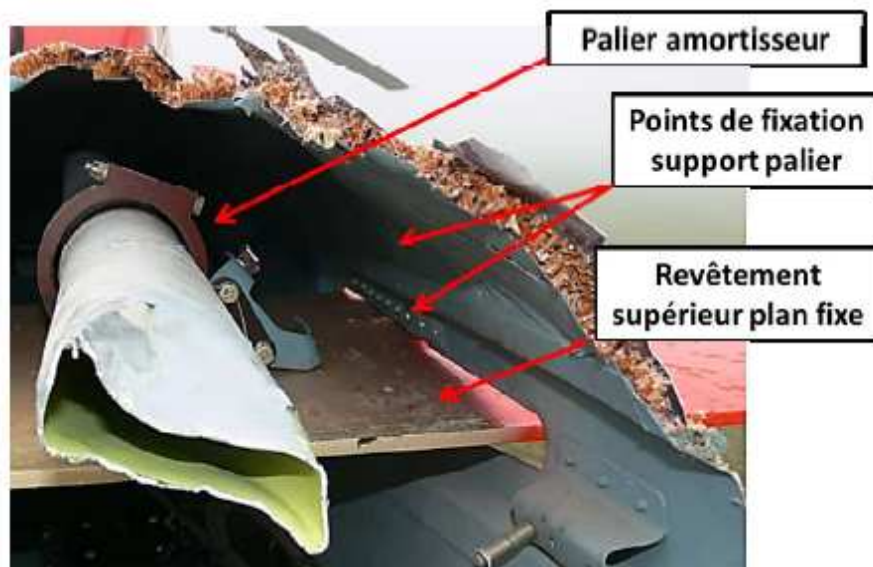
### 1.12.3. Examen de l'appareil

La poutre de queue, en forme de cône tronqué convergent vers l'arrière, est sectionnée sur 280° de son pourtour, entre l'arrière du plan fixe et le cadre arrière où est boulonné l'ensemble dérive-fenestron. Les pales ont pénétré la poutre de queue sur une profondeur d'environ 10 cm, en sectionnant l'arbre de transmission arrière.



Vue du sectionnement de la poutre de queue, côté poutre

Le palier amortisseur, fixé dans la poutre de queue au-dessus du plan fixe est désolidarisé de la coque. Du fait de la rotation de l'arbre s'en sont suivis des marquages du revêtement supérieur du plan fixe dans cette zone.

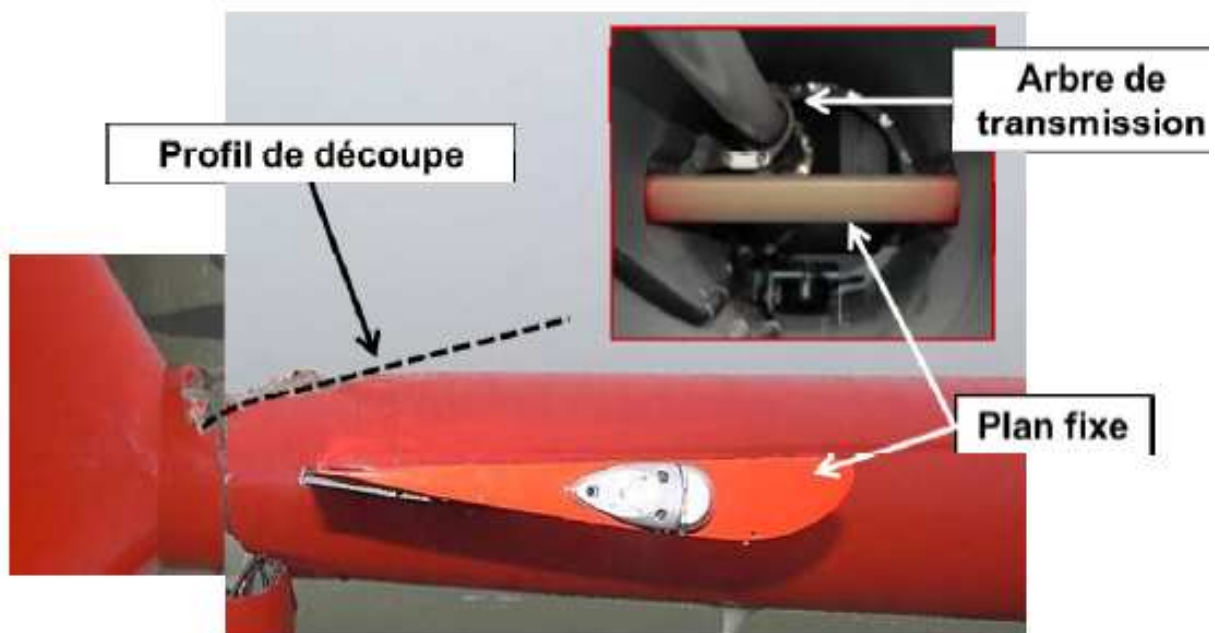


Palier amortisseur désolidarisé, en appui sur le plan fixe



Vue du sectionnement de la poutre de queue, côté fenestron

Le montage photo ci-dessous reconstitue le profil de découpe.



Reconstitution du profil de découpe de la poutre de queue par les pales

Sont constatées sur le fenestron :

- une déformation en secteur haut droit de la jonction poutre de queue/ensemble dérive-fenestron par craquellement du mastic d'étanchéité ;
- une attaque du renfort de passage transmission arrière en veine d'air ;
- la cassure complète du feu de position arrière et de son embase stratifiée.

Le témoin de frottement sous la béquille n'est pas érodé.

Les trois pales ont impacté la poutre de queue et présentent, côté bout de pale, des entames de revêtement avec atteinte des tissus (sens corde) en intrados et extrados. La pale bleue montre en extrados une craquelure avec décollement du tissu (sens envergure) derrière la protection inox du bord d'attaque.



Craquelure en extrados pale bleue (en haut à gauche) et entames sur les trois pales principales

Les inspections réalisées sur zone puis en atelier de maintenance montrent l'absence d'endommagement des atterrisseurs lors de l'atterrissage.

Les commandes et interrupteurs sont en position cohérente avec la séquence d'arrêt normale effectuée par l'équipage. L'altimètre est calé à 1026 hPa.

La batterie a été débranchée quelques minutes après l'incident, compte tenu de l'endommagement possible des câbles électriques transitant dans la poutre de queue.

La balise de détresse (Kannad 406 AF-H) installée dans la soute arrière ne s'est pas déclenchée.



#### 1.12.4. Exploitation du mode maintenance du VEMD

Les divers enregistrements (rapports de vol, de dépassements de limites, de pannes) ont été exploités. Aucun dépassement et aucune panne ne se sont produits lors du vol de l'incident. Aucun dépassement et aucune panne pouvant avoir un lien avec l'événement ne se sont produits lors des vols précédents du jour.

#### 1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

L'équipage est médicalement apte au vol.

#### 1.14. Incendie

Sans objet.

#### 1.15. Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

#### 1.16. Essais et recherches

Néant.

#### 1.17. Renseignements sur les organismes

##### 1.17.1. Mise en place du Calliopé à l'EALAT Dax

36 Calliopé ont été mis en place progressivement à Dax, entre octobre 2009 et février 2011, suite à la signature début 2008 d'un contrat de partenariat entre le ministère de la défense et la société HéliDax. La société HéliDax, implantée sur le terrain, est propriétaire des appareils et en assure la gestion du maintien de navigabilité et la maintenance (agrément DGAC FR.MG.307 et FR.145).

Depuis février 2011, les formations (initiales et des moniteurs), qui restent assurées par les moniteurs de l'école, sont dispensée exclusivement sur Calliopé, en remplacement des Gazelle.

Elles sont réalisées au profit des trois armées, de la gendarmerie, des douanes, de la sécurité civile et de la force aérienne belge.

A la date de l'incident, une quarantaine d'EMO ont été lâchés en autorotation sur Calliopé, sans aucun incident.

### 1.17.2. Présentation du stage moniteur dispensé à l'EALAT Dax

Les conditions de candidature à l'épreuve d'évaluation stipulent notamment :

- être qualifié chef de bord ;
- avoir une expérience de 1000 heures de vol.

La filière instruction, le contenu et les objectifs des différentes phases sont décrits en annexe 2.

### 1.17.3. Éléments relatifs à la réalisation d'autorotations dans l'ALAT

La réalisation d'autorotations sur Calliopé à Dax s'inscrit globalement dans la continuité des formations dispensées auparavant sur Gazelle ; notamment, le volume annuel est similaire (plus de 23 000 autorotations ont été effectuées au sein de l'école sur Calliopé en 2011).

En régiment, le seul hélicoptère monoturbiné utilisé est la Gazelle, sur laquelle sont effectuées des autorotations avec reprise moteur dans le cadre du maintien de qualification<sup>9</sup> (pas d'autorotation avec réduction moteur).

### 1.17.4. Antécédents de heurts pales-poutre de queue sur Calliopé à Dax

Deux heurts sont survenus lors d'exercices d'autorotations. Ces incidents ont fait l'objet de Retex vers les équipages.

Le premier incident est survenu en janvier 2010, sur l'appareil n°1568 F-HBKA, lors d'une séance d'instruction MCMO 6 (entraînement aux autorotations) réalisée sur le terrain satellite AZUR au profit d'un moniteur dans le cadre de sa formation complémentaire après qualification de type EC120. La trajectoire s'avérant trop longue, le chef de bord reprend les commandes. La glissade sur 23 mètres se termine hors-bande. L'appareil bascule franchement vers l'avant puis retombe à plat. La poutre de queue est marquée sur environ 7 cm. La présence de sable est constatée sur le coupe-câble inférieur et sur le tube pitot.

La fiche d'incident n°01/10 mentionne notamment :

- un enfoncement dans le sol sableux et meuble de l'avant des patins (sur une épaisseur et demi, soit environ 15 cm) ;
- une action en arrière du cyclique pour contrer le basculement de l'appareil ;
- l'expérience du chef de bord, encore limitée sur Calliopé (environ 4900 h-5000 autorotations dont 132 h-350 autorotations sur Calliopé).

<sup>9</sup> Périodicité 6 mois.



Contact pales-poutre de queue en janvier 2010 – Calliopé n°1568

En mai 2011, sur l'appareil n° 1605 F-HBKD, lors d'une séance d'instruction à l'autorotation (A10) dispensée au profit d'un élève-pilote en stage pilote d'hélicoptère et réalisée sur le terrain satellite de Tinon, le moniteur reprend les commandes en fin de *flare*. Estimant que l'application de pas est hâtive et continue, il bloque l'application et remet à plat. L'alarme NR bas retentit à une hauteur estimée à 2 mètres. La machine touche le sol bien à plat, fermement mais pas violemment. Le moniteur est surpris par le rebond. Avec un régime rotor très faible, l'appareil oscille autour des axes de tangage et de roulis puis touche le sol avec une assiette cabrée avant de basculer vers l'avant et de s'immobiliser. La béquille est tordue, deux pales ont impacté la poutre de queue.

La fiche d'incident n°02/11 mentionne notamment :

- l'expérience du moniteur, encore limitée sur Calliopé (environ 7700 h-3300 autorotations dont 200 h-300 autorotations sur Calliopé) ;
- l'absence de causes liées à l'environnement (état du terrain notamment) ;
- l'absence de relevé du NR autorotatif consultable lors des investigations : c'est ce qui a motivé la réalisation d'un contrôle du NR autorotatif sur le parc Héli dax, effectué en été 2011.



Heurt pales-poutre de queue en mai 2011 – Calliopé n°1605

### **1.18. Renseignements supplémentaires**

Les phases d'approche et d'atterrissage lors des lâchers autorotations des élèves-moniteurs sont filmées du sol par un personnel de l'école. La vidéo de l'événement, de bonne qualité, a été remise au groupe d'enquête.

### **1.19. Techniques spécifiques d'enquête**

Néant.

## 2. ANALYSE

L'événement est constitué par le heurt des pales avec la poutre de queue survenu au sol lors de la première autorotation effectuée lors du lâcher d'un EMO.

Ce chapitre se décompose en trois parties :

- la reconstitution de la séquence d'événements,
- l'analyse du vol,
- la recherche des causes de l'incident.

Cette reconstitution repose principalement sur les témoignages recueillis, les constatations faites sur le site et sur l'appareil, les données issues de l'enregistreur Brite Saver et la vidéo montrant la fin de l'approche et l'atterrissage.

### 2.1. Reconstitution de la séquence d'événements

#### 2.1.1. Début du vol - mise en autorotation - descente

L'appareil décolle vers 16h22', le vol dure 4 minutes.

La baisse du pas général est réalisée vers 980 ft sol. L'EMO effectue la prise d'assiette d'autorotation. Il gère une légère augmentation des NR en appliquant du pas général. L'alarme retentit durant une à deux secondes<sup>10</sup>.

Le profil de la descente montre qu'elle est régulière. Le taux de descente moyen jusqu'au sol est de 1650 ft/min.

Vers 750 ft sol, l'EMO gère une deuxième augmentation des NR. L'alarme retentit durant deux à trois secondes<sup>11</sup>.

Le NR moyen entre le début de descente et le passage du GTM au ralenti est de 410 tr/min.

Le NR le plus bas dans cette phase est enregistré en début de descente à 405 tr/min.

#### 2.1.2. Début de la finale - Passage GTM au ralenti

La réduction du moteur est réalisée à la hauteur prévue (vers 300 ft). Trois secondes après cette réduction, l'EMO gère une troisième augmentation des NR<sup>12</sup>. L'alarme retentit durant 3 à 4 secondes.

<sup>10</sup> Pointe enregistrée à 421 tr/min à 16h24'57 (le seuil est à 420 tr/min).

<sup>11</sup> Pointe enregistrée à 420 tr/min à 16h25'10.

<sup>12</sup> Pointe enregistrée à 425 tr/min à 16h25'28.

### 2.1.3. Flare

L'arrondissement de la trajectoire est débuté juste après cette troisième alarme, à une hauteur d'environ 30 mètres. Pendant le *flare*, l'EMO gère une quatrième et dernière augmentation des NR (pointe enregistrée à 429 tr/min à 16 h 25 min 33 s, avec « alarme NR élevé » durant 4 à 5 secondes).

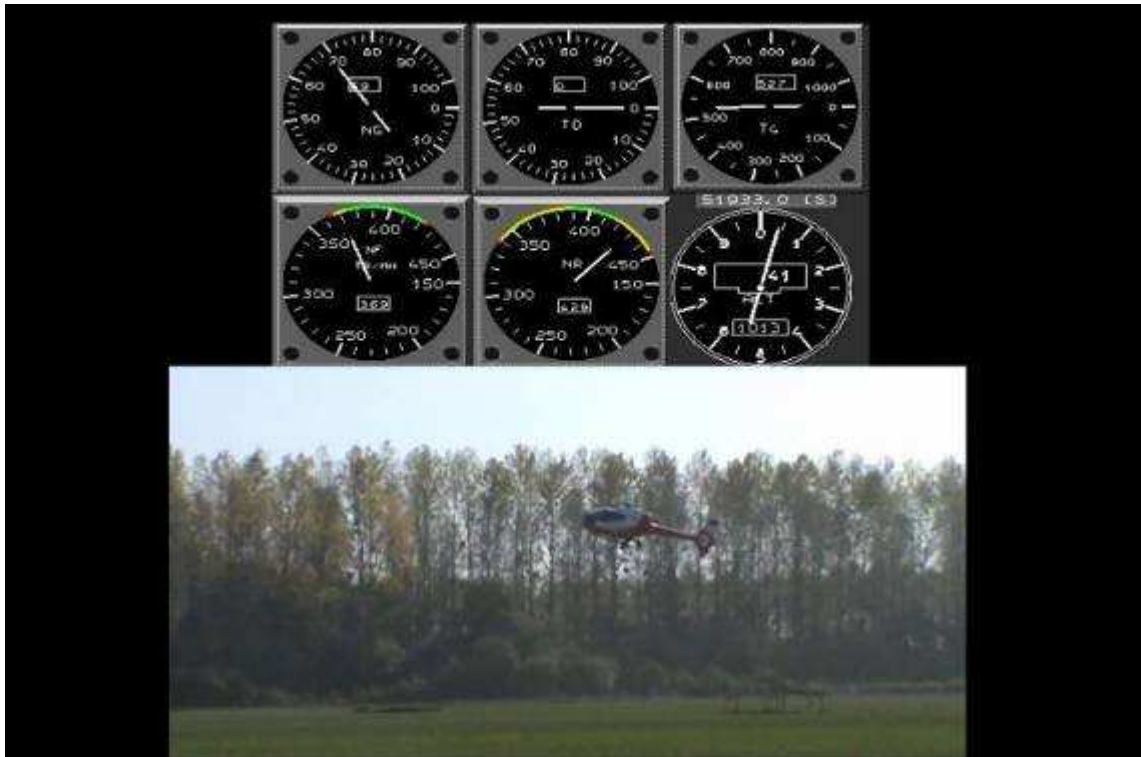
La fin de *flare* est réalisée quasiment en palier durant deux à trois secondes (une très légère remontée est perçue sur la vidéo), à une hauteur d'environ 6 à 7 mètres<sup>13</sup>. Puis l'appareil recommence à descendre et l'alarme « NR bas » retentit à une hauteur estimée à 4 mètres  $\pm$  1 mètre<sup>14</sup>, à un instant proche de l'initiation de la remise à plat.



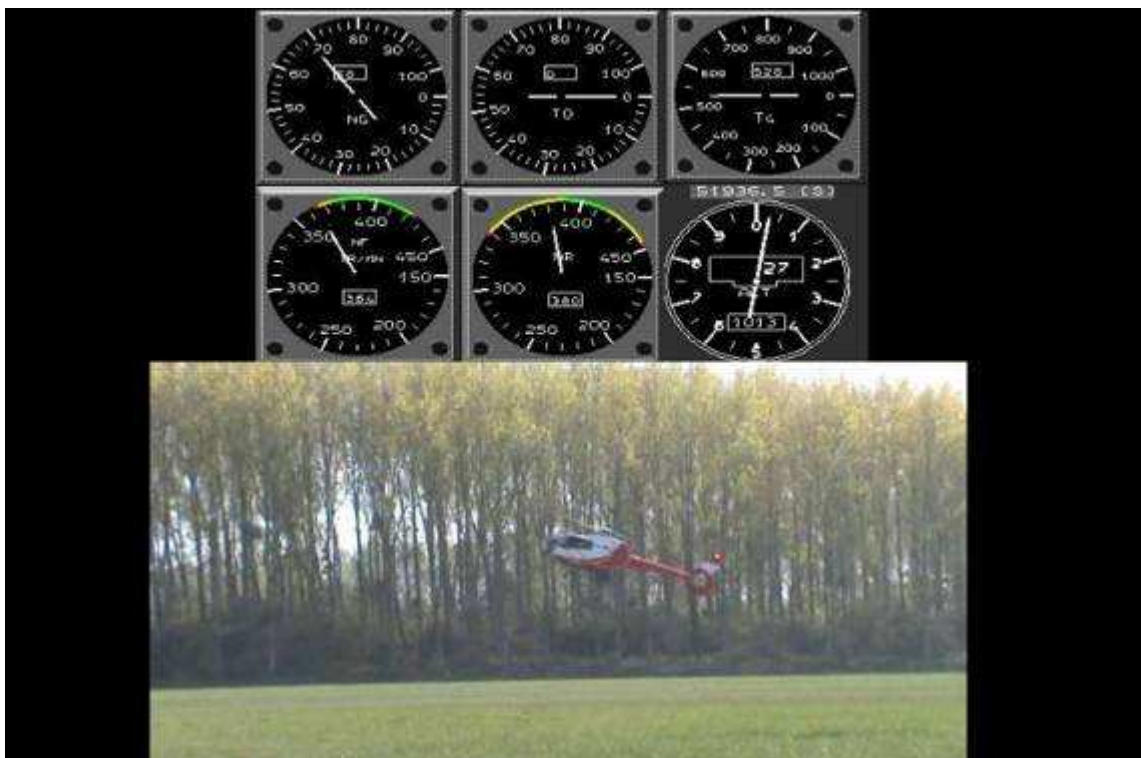
Début de *flare* (temps 51930 sec ; H $\approx$  30 mètres ; NR = 415 tr/min)

<sup>13</sup> Près du sol, les hauteurs ont été estimées à partir de la vidéo. La référence choisie sur l'appareil est l'intersection entre le patin et la traverse arrière.

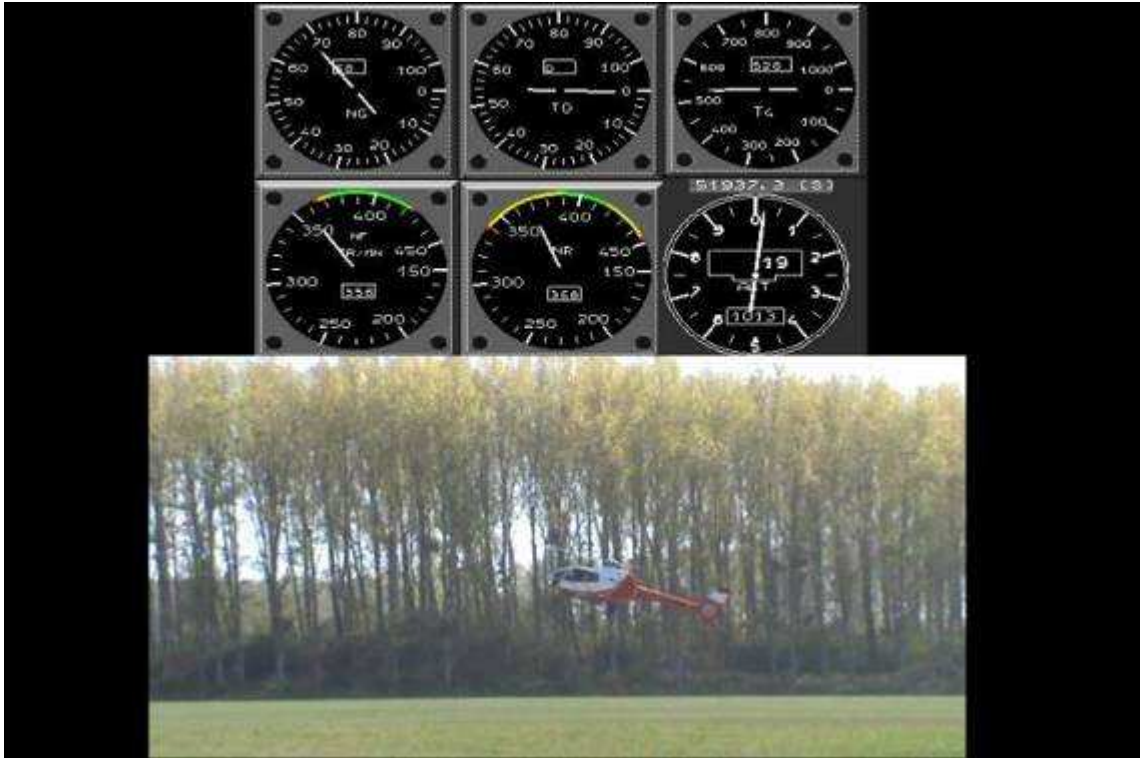
<sup>14</sup> Incertitude liée à l'imprécision du recalage entre la vidéo et les paramètres enregistrés, et à la fréquence d'enregistrement des paramètres.



Pointe NR=429 tr/min durant le flare (temps 51933 sec)



Fin du palier (temps 51936.5 sec ; H $\approx$  6 à 7 mètres ; NR = 380 tr/min)



Début de remise à plat (temps 51937.3 ; NR = 368 tr/min)

#### 2.1.4. Remise à plat - premier toucher - rebond

L'assiette d'atterrissage est atteinte à une hauteur d'environ un mètre.

Le toucher est réalisé légèrement talon, sur les lames d'extrémité. Le NR est alors de 280 tr/min, soit 90 tr/min de moins que le niveau de « NR bas ». La vitesse verticale au posé est estimée à 1,5 m/s.

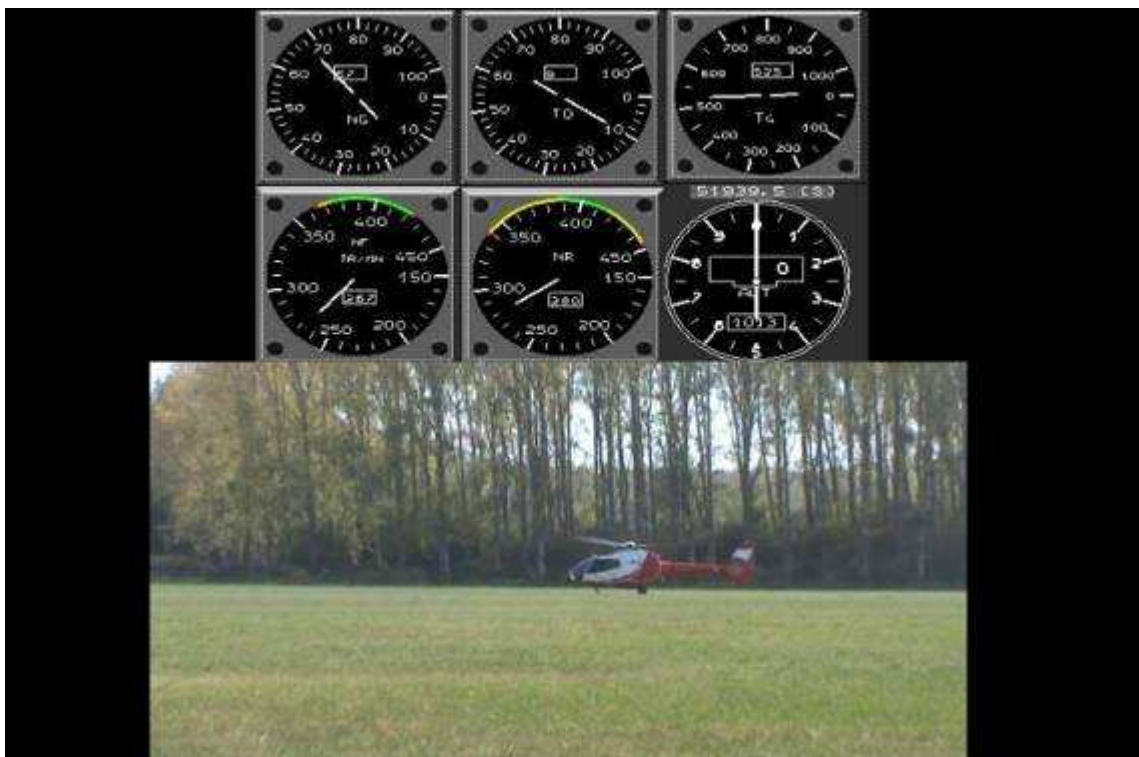
Le rebond est important et accompagné d'un couple à piquer. Une commande au cyclique vers l'arrière est visible sur la vidéo. Ensuite, l'assiette augmente continuellement jusqu'au deuxième toucher.

En sommet de rebond, vers une hauteur d'environ un mètre, l'assiette est nulle et toujours en augmentation, la commande cyclique est revenue sensiblement au neutre.





Fin de remise à plat (temps 51938.9 sec ; H≈ 1 mètre ; NR= 305 tr/min)



Premier posé (temps 51939.5 sec ; NR= 280 tr/min)



Couple à piquer maximal après le premier toucher (temps 51940.1 sec ; NR= 257 tr/min)



Sommet du rebond (temps 51940.5 sec ; H≈ 1 mètre ; NR= 242 tr/min)

### 2.1.5. Deuxième toucher – heurt des pales

Le deuxième toucher se produit à 22 mètres du premier. L'assiette est cabrée lors de la prise de contact avec le sol, davantage que lors du premier toucher.

L'appareil reste en contact avec le sol. Un basculement rapide vers l'avant se produit (taux estimé de  $22^\circ/\text{s}$ ) jusqu'à un angle avec l'horizontale de l'ordre de  $17^\circ$ .

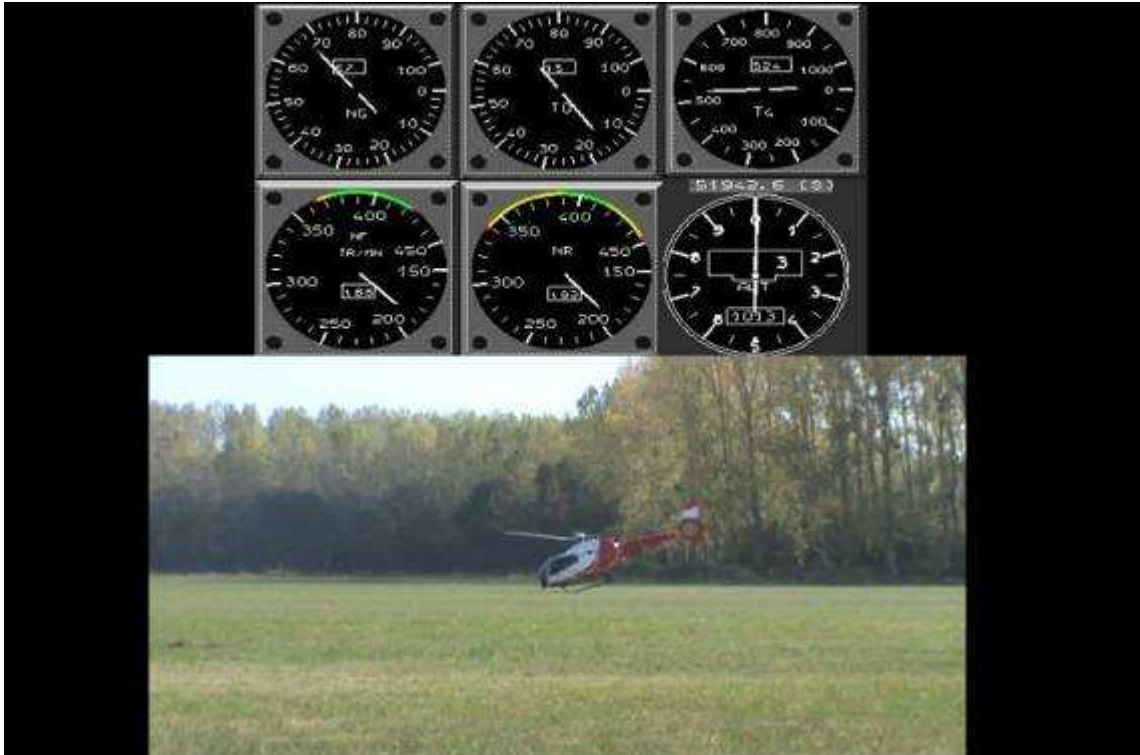
Le heurt des pales avec la poutre de queue se produit lors de ce basculement, lorsque l'appareil a quasiment atteint l'angle maximal de basculement. Le Nr est alors de l'ordre de 200 tr/min, soit 140 tr/min sous le régime « NR minimum ».

Le couple-câble pénètre en terre, 1 à 2 dixièmes de secondes après le heurt des pales.

La partie fusible s'enfonce dans la terre de 10 cm et se rompt immédiatement, car elle ne crée pas de tranchée dans le sol.



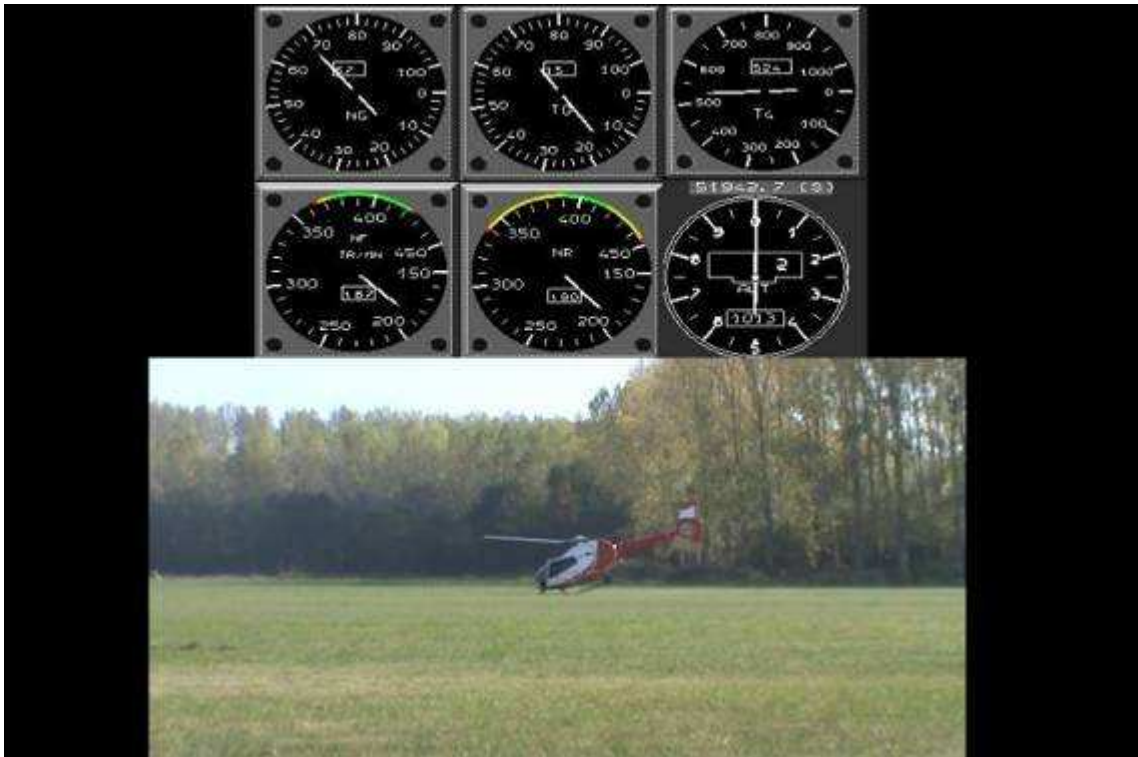
Deuxième posé (temps 51941.9 sec ; NR= 204 tr/min)



Bascule puis heurt pales-poutre de queue (temps 51942.6 sec ; NR= 192 tr/min)



Visualisation de débris de la poutre de queue



Rupture coupe-câble (temps 51942.7 sec ; NR= 190 tr/min)

#### 2.1.6. Immobilisation finale de l'appareil

Après la bascule, l'appareil avance encore d'un peu moins d'une longueur de fuselage. Lorsque l'appareil revient en arrière sur ses patins, le fenestron s'affaisse. La distance entre le premier toucher et la position finale de l'appareil est de 32 mètres.



Appareil immobilisé (temps 51944.5 sec ; NR= 167 tr/min)

## 2.2. Analyse du vol

### 2.2.1. Présentation - mise en autorotation - descente

L'EMO ne rapporte pas de difficulté particulière dans cette phase. L'environnement du terrain lui est familier puisqu'il a réalisé une grande partie de sa formation et notamment ses 75 autorotations en double-commande à Pontonx. Le vent est très faible voire nul : lors des trois autorotations en ligne droite réalisées pendant le contrôle, il a pu correctement visualiser le point de mise en autorotation qui l'amène vers un point d'impact théorique dans le premier tiers de bande, sans variations importantes autour de la vitesse nominale de 60 kt.

La présentation et les points clefs (mise en autorotation, réduction turbine) sont conformes au standard. La descente est régulière et le point d'aboutissement théorique est atteint. La finale est assurée à la hauteur prescrite.

**La présentation et la descente sont conformes au standard. Elles doivent permettre d'effectuer la finale dans de bonnes conditions.**

### 2.2.2. Flare - mise à plat - toucher - rebond

Le point de début d'arrondissement progressif de la trajectoire et le cadencement initial de la prise d'assiette sont conformes au standard.

La trajectoire en fin de *flare* s'écarte de la trajectoire standard : l'exécution de ce *flare* long et soutenu, terminé par un palier de deux à trois secondes réalisé à environ 7 mètres, a certainement provoqué une consommation de tours importante.

En cohérence avec cette consommation de tours prématurée, l'alarme « NR bas » a commencé à retentir à une hauteur estimée de 3 à 5 mètres, alors qu'elle retentit d'habitude au plus tôt juste avant le posé.

La remise à plat n'est pas complète, l'assiette au toucher est légèrement talon.

La vitesse verticale au poser apparaît supérieure au standard (elle est estimée à 1,5 m/s<sup>15</sup>). L'atterrissage n'est cependant pas considéré comme étant dur (les contrôles effectués sur le train n'ont pas révélé d'anomalie).

Plusieurs facteurs peuvent se combiner et être à l'origine de l'insuffisance de l'amortissement lors du poser : faible NR disponible eu égard à la hauteur, application de PG trop anticipée ou tardive, amplitude et vitesse d'application au pas général (PG) inadaptées. D'après son témoignage, l'EMO ressent l'application de pas au poser comme étant inefficace. Les actions aux commandes ne sont pas précisément connues et, en synthèse, la vitesse verticale importante lors du posé est probablement la conséquence de la consommation excessive de tours lors du *flare* puis d'un dosage du PG inadapté à la situation.

En conséquence de ce poser non suffisamment amorti, le rebond est important. Il est possible qu'une portance résiduelle du rotor ait également contribué à accentuer ce rebond.

L'appareil rebondit avec un couple à piquer : ceci a déjà été constaté lors d'atterrissages en autorotation avec rebond et résulte du contact légèrement talon (transfert de masse vers

<sup>15</sup> Sur EC120, l'atterrissage est considéré comme dur au-dessus de 2.3g ou 2 m/s (source manuel de maintenance). Pour information, sur Gazelle, l'atterrissage est considéré comme brutal à partir de 2.44 m/s (source carte de travail).

l'avant) et des caractéristiques intrinsèques du train (rappel élastique à la fermeture de la traverse arrière). Ces effets ont été ici amplifiés par la vitesse verticale importante au toucher. Cette assiette à piquer, avec un rotor encore légèrement porteur, a induit une impulsion vers l'avant lors du rebond.

**Un dosage inadapté aux commandes (cyclique et PG) depuis la fin du *flare* a conduit à un poser non suffisamment amorti et donc un rebond important.**

### 2.2.3. Poser - bascule - interférence des pales avec la poutre de queue - fin de glissade

L'augmentation continue de l'assiette qui suit ce rebond accompagné d'un couple à piquer est vraisemblablement due, à la fois, à la position du manche cyclique conservée légèrement arrière et à l'effet de pendule du rotor encore légèrement porteur (NR autour de 260 tr/min).

En conséquence, le poser s'effectue franchement sur les talons. De plus, le rotor est de moins en moins porteur et l'appareil retombe quasiment sans amortissement d'une hauteur d'un mètre. Les phénomènes décrits précédemment (transfert de masse, rappel de la traverse arrière) produisent les mêmes effets, mais avec amplification. L'appareil ne redécalle pas et effectue donc un basculement très prononcé vers un appui sur les spatules.

La rupture immédiate au niveau du fusible du coupe-câble lorsque celui-ci s'est fiché dans le sol a permis d'éviter la transmission d'un effort prolongé vers la cellule qui aurait pu augmenter l'ampleur du basculement. De plus cet enfoncement s'est produit quasiment à l'instant de l'interférence pales-poutre de queue et n'a donc pas participé à l'incident.

L'interférence des trois pales principales avec la poutre de queue est consécutive à une commande à cabrer au manche cyclique de l'ordre du réflexe, dans ce type de situation de brusque remontée de la poutre de queue d'un appareil en contact avec le sol et de faible NR<sup>16</sup> (de l'ordre de 190 tr/min).

En fin de glissade, l'appareil cadence légèrement à gauche : il est possible que ce soit la conséquence du couple de renversement non corrigé, créé par l'augmentation de couple de 0 à 17% entre les deux touchers (resynchronisation des régimes turbine libre-rotor sous 350 tr/min).

**Lors du second toucher, l'énergie potentielle non amortie et le cabré prononcé de l'appareil ont induit la forte bascule vers l'avant.**

**L'interférence des trois pales principales avec la poutre de queue est consécutive à une commande à cabrer au manche cyclique de l'ordre du réflexe, dans une situation de brusque remontée de la poutre de queue d'un appareil en contact avec le sol et de faible NR.**

<sup>16</sup> Phénomènes d'inertie du rotor et de battement-flexion de la pale en position arrière.

## 2.3. Recherche des causes de l'incident

### 2.3.1. Causes d'origine environnementale

Les conditions météorologiques du moment étaient compatibles avec le type d'instruction dispensée. Les conditions étaient stables et ont pu être prises en compte par l'EMO lors du contrôle, notamment l'absence presque totale de vent.

Le terrain avait été déclaré praticable et autorotable suivant les procédures en vigueur au sein de l'école. L'inspection du terrain et de la bande concernée a montré que le sol était ferme et stable, ainsi que l'absence d'ornièrre ou d'irrégularité notable pouvant avoir participé à l'incident, notamment au basculement final. Il est à souligner qu'un sol meuble aurait pu aggraver les conséquences matérielles et même générer des conséquences humaines, en augmentant l'ampleur du basculement (risque de renversement ou de « cheval de bois »).

**Aucune cause d'ordre environnementale n'est retenue.**

### 2.3.2. Causes relevant du domaine technique

L'équipage ne rapporte aucun dysfonctionnement de l'appareil.

Les constatations menées lors de l'enquête, celles menées par Hélidax lors de la remise en état de vol, ainsi que l'analyse des données enregistrées, ne révèlent aucune anomalie.

Le réglage de la butée plein petit pas et le régime NR autorotatif de l'appareil sont conformes au manuel de maintenance<sup>17</sup>.

Les investigations menées montrent que l'enfoncement du coupe-câble dans le sol n'a pas participé à l'incident.

Le comportement du train de l'EC120 en cas de rebond (apparition d'un couple à piquer qui apparaît proportionnel à la vitesse verticale au poser) est intrinsèque à la conception du système. Il induit cependant un risque avéré que le poser après un fort rebond ne soit pas effectué à plat, car la remise à plat devient aléatoire étant donné la faible pilotabilité au cyclique, probable dans cette phase de vol. Ce risque doit être pris en compte dans la gestion globale du risque lié à l'exécution d'autorotations complètes avec réduction turbine. L'enseignement de la technique de rattrapage en cas de rebonds pourrait être renforcé suite à cet incident.

Il faut remarquer que le comportement du train de la Gazelle en cas de poser ferme est différent (affaissement du nez par ouverture des traverses avant).

**Aucune cause relevant du domaine technique n'est retenue.**

<sup>17</sup> Ce réglage garantit dans le domaine de vol (masse, densité) un régime autorotatif optimal en cas de panne moteur.



### 2.3.3. Causes du domaine facteurs humains et organisationnels

#### 2.3.3.1. Analyse des actions aux commandes

La finale en autorotation est une phase très dynamique durant laquelle le pilote doit constamment et rapidement apprécier l'évolution de l'attitude de l'appareil, de sa trajectoire (hauteur, vitesse sol, Vz) et des tours rotor NR afin de doser ses actions aux commandes. Le but final en exercice est de poser l'appareil à plat avec une vitesse horizontale faible (glissade limitée à quelques mètres) et une vitesse verticale la plus faible possible.

L'interaction de ces différents paramètres est totale. Il est très difficile, voire impossible de répéter deux autorotations parfaitement identiques : c'est une manœuvre basée sur une gestuelle mais celle-ci doit constamment être adaptée aux écarts identifiés dans l'instant par le pilote.

Dans son témoignage, l'EMO indique notamment :

- avoir ressenti qu'il avait tendance à rester en palier en fin de *flare*, et avoir donc repoussé le cyclique et limité son application de pas pour débiter la remise à plat ;
- qu'il a ensuite perçu une vitesse verticale un peu plus forte que d'habitude ;
- que le gong « NR bas » a sonné un peu tôt ;
- que la hauteur à la remise à plat était un peu plus importante que d'habitude ;
- que l'efficacité de la fin de l'application de pas général, avant le toucher, lui a paru faible, que c'est déjà arrivé lors de séances précédentes et qu'il pense qu'il va rebondir un peu ;
- que cependant le rebond est ressenti comme étant hors de son expérience et très important ;
- que lors du rebond et ensuite, il n'a pas eu de grands gestes aux commandes (cyclique maintenu « dans une pièce de 5 francs ») comme indiqué lors de sa formation ; qu'il pense avoir maintenu le PG en position.

Il ressort que la perception qu'a eue l'EMO de la trajectoire de l'appareil et de l'évolution des NR avant le poser et des écarts par rapport à son vécu en formation, est cohérente sur plusieurs points clefs avec l'analyse faite au chapitre 2.2.

Concernant la phase de vol jusqu'au premier toucher, il apparait :

- que la causalité de l'incident est dans un premier temps liée à un défaut de technicité lors du *flare*, conduisant à trop soutenir celui-ci ;
- que dans un deuxième temps, cette causalité ne semble pas liée seulement à une détection erronée des écarts (par rapport à une trajectoire assimilée en formation) mais plutôt à une appréciation erronée de l'ampleur des écarts et à l'adoption d'une technique de correction inappropriée (rattrapage de trajectoire) ; l'EMO aurait alors reproduit une gestuelle connue au lieu d'adopter une gestuelle significativement différente adaptée à la situation (appareil haut eu égard à la réserve d'énergie disponible), nécessitant de préserver les tours disponibles après le *flare* puis d'effectuer une application franche au PG avant le poser pour l'amortir efficacement.

Concernant la phase suivant le premier toucher :

- lors du rebond, l'EMO est confronté à une situation hors-norme (fort couple à piquer, moindre pilotabilité due au faible NR) qu'il n'a jamais rencontré en formation : il a vécu de faibles rebonds et il reproduit les consignes transmises qui tendent à limiter les actions aux commandes ; la pilotabilité résiduelle au cyclique n'a pas été quantifiée lors de l'enquête ; cependant , le régime rotor est dans cette phase de plus de 100 tours inférieur au seuil minimal (entre 200 et 240 tours/min pour un seuil à 340 tours/min) et le rattrapage de l'assiette, à piquer pour éviter l'assiette trop cabrée lors du deuxième posé, devient aléatoire ;
- lors du fort basculement vers l'avant, l'action au cyclique vers l'arrière est de l'ordre du réflexe de survie : elle a déjà été constatée lors de nombreux événements, quelle que soit l'origine du basculement, l'expérience du pilote ou la machine concernée (Gazelle, Calliopé).

### 2.3.3.2. Déroulement de la formation de l'EMO

Les éléments recueillis concernant le déroulement de la formation de l'EMO aux commandes, notamment de la phase autorotation, montrent un stagiaire au niveau, avec une bonne progression, sans séance supplémentaire, sachant correctement analyser les autorotations réalisées.

Le témoignage du contrôleur mentionne notamment :

- des écarts de trajectoire lors de la première autorotation, correctement auto-analysés par le stagiaire ;
- une bonne exécution des autres autorotations ;
- un stagiaire au niveau, lâché sans réserve.

L'EMO a obtenu la licence FI(H) en décembre 2011.

Aucun des éléments recueillis concernant les conditions de la formation (organisation, moyens mis en œuvre) ne permet d'établir une causalité avec l'incident.

### 2.3.3.3. Contribution des déclenchements d'alarmes « NR élevé »

La caractéristique du rotor de l'EC120 en autorotation et la proximité du seuil d'alarme avec la plage de fonctionnement normal<sup>18</sup> induisent en pratique de fréquents déclenchements de l'alarme « NR élevé » à la mise en autorotation puis durant la descente et le *flare*. En cas d'alarme, le Nr est réduit sans difficulté par une application brève et temporaire de PG. Ce « pilotage » du NR est néanmoins ressenti comme accaparant par les stagiaires, y compris lors du lâcher et malgré l'aide apportée par l'EMO en place droite.

<sup>18</sup> La marge entre le milieu (le haut) de la plage de fonctionnement normal et le seuil de déclenchement est de 17 tr/min (5 tr/min).

D'après les témoignages recueillis, dont celui de l'EMO, l'appareil concerné, comme deux ou trois autres de la flotte, est ressenti avant l'incident comme ayant tendance à prendre des tours de façon un peu plus accentuée que la moyenne du parc.

L'EMO n'est donc pas surpris par la dynamique de variation des NR et réagit correctement lors des deux déclenchements d'alarmes survenus à la mise en autorotation et en descente.

Cependant, un dosage inadapté au PG a probablement contribué au palier réalisé en fin de *flare* et le traitement de l'alarme NR survenue lors du *flare* a pu perturber la gestuelle au PG.

Lors de la vérification effectuée en été 2011, le régime autorotatif a été globalement augmenté sur la flotte, jusqu'à 20 tr/min sur certains appareils (cf. chapitre 1.17.4). La prise en compte par les équipages de ce nouveau réglage n'a pas pu être immédiate et de nombreux cas de surrégime NR sont survenus après l'été<sup>19</sup>.

Il est possible que cette problématique en cours au sein de l'école ait pu amener l'EMO à sur-réagir à l'alarme NR élevé durant le *flare*.

#### 2.3.3.4. Contribution de l'état physiologique du pilote

Les témoignages recueillis et l'analyse de l'emploi du temps de l'EMO permettent d'écarter une contribution à l'incident d'un état de fatigue.

#### **Synthèse du chapitre 2.3.3 :**

**L'incident est consécutif à un défaut de technicité aux commandes lors de l'exécution du *flare* (cyclique et PG), puis à une erreur de perception de l'évolution de la trajectoire suivie par l'adoption d'une technique de correction inappropriée.**

**Il est possible qu'une sur-réaction à l'apparition de l'alarme de NR élevé ait contribué au dosage inadapté au PG lors du *flare*.**

<sup>19</sup> 42 cas de surrégimes NR (NR > 447 tr/min) ont été recensés en septembre 2011.

### 3. CONCLUSION

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

Le 11 octobre 2011, au cours du lâcher en autorotation d'un EMO sur Calliopé, celui-ci exécute une approche turbine réduite en ligne droite, sur le terrain de Pontonx.

Lors de l'atterrissage, l'appareil rebondit fortement à un mètre de hauteur, reprend contact avec le sol puis bascule vers l'avant en appui sur les spatules. Les trois pales du rotor principal sectionnent la poutre de queue sur une profondeur de 10 cm en fin de bascule.

La partie fusible du coupe-câble inférieur se fiche dans le sol et rompt immédiatement. L'ensemble dérive-fenestron s'affaisse lorsque l'appareil revient en arrière en appui patins. L'appareil s'est immobilisé 32 mètres après le premier toucher. L'équipage est indemne.

La présentation et la descente sont conformes au standard. Elles doivent permettre d'effectuer la finale dans de bonnes conditions.

Un dosage inadapté aux commandes (cyclique et PG) depuis la fin du *flare* a conduit à un poser non suffisamment amorti et donc un rebond important.

Du rebond jusqu'à l'immobilisation de l'appareil, le faible NR rend l'appareil difficilement contrôlable.

Lors du second toucher, l'énergie potentielle non amortie et le cabré prononcé de l'appareil ont induit la forte bascule avant.

L'interférence des trois pales principales avec la poutre de queue est consécutive à une commande à cabrer au manche cyclique de l'ordre du réflexe, étant donné la mécanique du rotor et dans une situation de brusque remontée de la poutre de queue d'un appareil en contact avec le sol et de faible NR.

#### 3.2. Causes de l'événement

Aucune cause d'ordre environnemental n'est retenue : les conditions météorologiques et l'état du terrain sont propices à la séance réalisée.

Aucune cause relevant du domaine technique n'est retenue.

Les causes relèvent du facteur humain.

L'incident est consécutif à un défaut de technicité aux commandes lors de l'exécution du *flare* (cyclique et PG), puis à une erreur de perception de l'évolution de la trajectoire suivie par l'adoption d'une technique de correction inappropriée à la situation.

Il est possible qu'une sur-réaction à l'apparition de l'alarme de NR élevé ait contribué au dosage inadapté au PG lors du *flare*.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Gestion du risque lié à l'exécution d'exercices d'autorotations en solo à ce stade de la progression du stage moniteur

Cet incident, qui est de l'ordre de l'aléa en instruction, met en lumière le risque lié à l'exécution en solo d'exercices d'autorotations turbine réduite à ce stade de la progression du stage moniteur. Ce risque est à gérer eu égard aux bénéfices attendus de ce solo (notamment la mise en confiance qui est considérée comme un atout pour la poursuite du stage), à l'expérience cumulée sur le type d'aéronef, aux exigences liées aux qualifications, aux différents cursus de la filière instruction et aux différentes affectations des futurs moniteurs (sur machines mono ou bi-turbines).

**Une réflexion globale est en cours au sein de l'ALAT afin de statuer sur la pratique des exercices d'autorotations.**

4.1.2. Technique de rattrapage en cas de rebond à l'atterrissage sur Calliopé

Cet incident met en lumière le risque de perte de contrôle de l'appareil lors de forts rebonds.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'ALAT, d'approfondir l'enseignement de la technique de rattrapage en cas de rebond à l'atterrissage sur Calliopé.**

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

4.2.1. Enregistreur de paramètres de vol

En cas d'accident, l'exploitation des données de l'enregistreur de maintenance équipant le Calliopé (listées au chapitre 1.11) ne permettrait pas, notamment, de reconstituer une trajectoire dans le plan horizontal ni de connaître l'attitude de l'appareil.

Le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

**à l'ALAT, d'équiper la flotte Calliopé d'enregistreur de paramètres de vol<sup>20</sup>.**

<sup>20</sup> Les recommandations du document EUROCAE ED-155 de juillet 2009 (*minimum operational performance specification for lightweight flight recording systems*) pourraient être prises en compte.

## ANNEXES

ANNEXE 1	Manuel de vol EC120 B : procédures en cas de pannes moteur et procédures d'entraînement.....	47
ANNEXE 2	Description du cursus de formation des moniteurs hélicoptère et du stage moniteur à l'EALAT Dax.....	50

## ANNEXE 1

## Manuel de vol EC120 B : procédures en cas de pannes moteur et procédures d'entraînement

Extrait section 3 Procédures de secours

**3.2 PANNES MOTEUR****3.2.1 VOL DE CROISIERE****PROCEDURE D'AUTOROTATION AU-DESSUS DE LA TERRE**

1. Pas général.....**REDUIRE pour maintenir NR dans la plage verte.**
2. Vi.....**AFFICHER Vy**
3. Poignée tournante .....Sur cran ARRET
4. En approche finale, orienter l'appareil face au vent.
  - A la hauteur de  $\cong 70$  ft (21 m)
5. Manche cyclique .....**ARRONDIR LA TRAJECTOIRE**
  - A 20 - 25 ft (6 - 8 m) et à assiette constante
6. Pas général .....**AUGMENTER PROGRESSIVEMENT** pour réduire le taux de descente et la vitesse de translation.
7. Manche cyclique .....**Légèrement EN AVANT** pour prendre une assiette d'atterrissage.
  
8. Palonnier ..... **AJUSTER** pour annuler toute tendance au dérapage
9. Pas général ..... **AUGMENTER** pour amortir l'impact.
  - Après l'impact
10. Manches cyclique et collectif, Palonnier ..... **AJUSTER** pour contrôler la glissade au sol.
  - Lorsque l'appareil est arrêté
11. Pas général ..... **BAISSER ENTIEREMENT**
12. Frein rotor ..... **ACTIONNER** en-dessous de 150 tr/min

Procédure en cas de panne moteur en croisière au-dessus de la terre

## Extrait Supplément 9.6 procédures d'entraînement aux pannes moteur

**1 GENERALITES**

Cette procédure permet l'entraînement à l'atterrissage en autorotation avec simulation de coupure moteur ou de perte de puissance.

En cas de coupure ou de perte de puissance brutale, l'hélicoptère partira en lacet vers la droite ; le NR chutera et l'alarme sonore de chute de NR se déclenchera si le NR descend au-dessous de 370 tr/min.

**2 LIMITATIONS**

Les limitations spécifiées dans le manuel de vol de base et des suppléments du manuel de vol restent applicables.

**3 PROCEDURES DE SECOURS**

Les procédures de secours spécifiées dans le manuel de vol de base et des suppléments du manuel de vol restent applicables.

**4 PROCEDURES NORMALES****4.1 Simulation de panne**

1. Pas général.....BAISSER pour passer en autorotation.
2. NR.....MAINTENIR dans la plage verte.
3. Poignée tournante .....Cran RALENTI :  
TWT GRIP + "GONG".  
 . le moteur est au ralenti,  $N_g \cong 67\%$

• ensuite :

**4.2 Procédure d'entraînement à l'atterrissage complet en autorotation**

1. Procédure d'autorotation .....APPLIQUER.  
 Voir SECTION 3 paragraphe 3.2 page 3-2 du présent manuel de vol excepté pour l'arrêt à la poignée tournante.
- Après l'impact :
2. Manche cyclique et collectif, palonnier.....AJUSTER pour contrôler la glissade au sol.
- Lorsque l'appareil est arrêté :
3. Pas général.....BAISSER ENTIEREMENT.
4. Poignée tournante .....Cran VOL  
TWT GRIP  
 . la vitesse rotor accélère jusqu'à sa valeur normale régulée.

APPROUVE EASA  
 REVISION 4

9 - 6 - 1

Simulation de panne et procédure d'entraînement à l'atterrissage complet en autorotation



**4.3 Entraînement à l'autorotation avec reprise moteur.**

1. Pas général ..... REDUIRE, maintenir NR dans la plage verte.
  2. Vi ..... AFFICHER Vy.
  3. Orienter l'appareil face au vent en approche finale.
- A une hauteur  $\cong$  70 ft (21 m)
4. NR ..... VERIFIER dans la plage verte.
  5. Poignée tournante ..... Progressivement Cran VOL  

TWT  
GRIP

 . NTL accélère jusqu'à sa valeur normale régulée.
  6. Pas général ..... AUGMENTER légèrement pour maintenir NR dans la plage verte.
  7. Cyclique ..... FLARE.
- A 20 - 25 ft (6 - 8 m) et à assiette constante
8. Pas général ..... AUGMENTER PROGRESSIVEMENT pour réduire le taux de descente et la vitesse de translation.
  9. Cyclique ..... légèrement EN AVANT pour prendre une assiette d'atterrissage.
  10. Palonniers ..... AJUSTER pour annuler toute tendance au dérapage
  11. Pas général ..... AUGMENTER à la demande.

**NOTA**

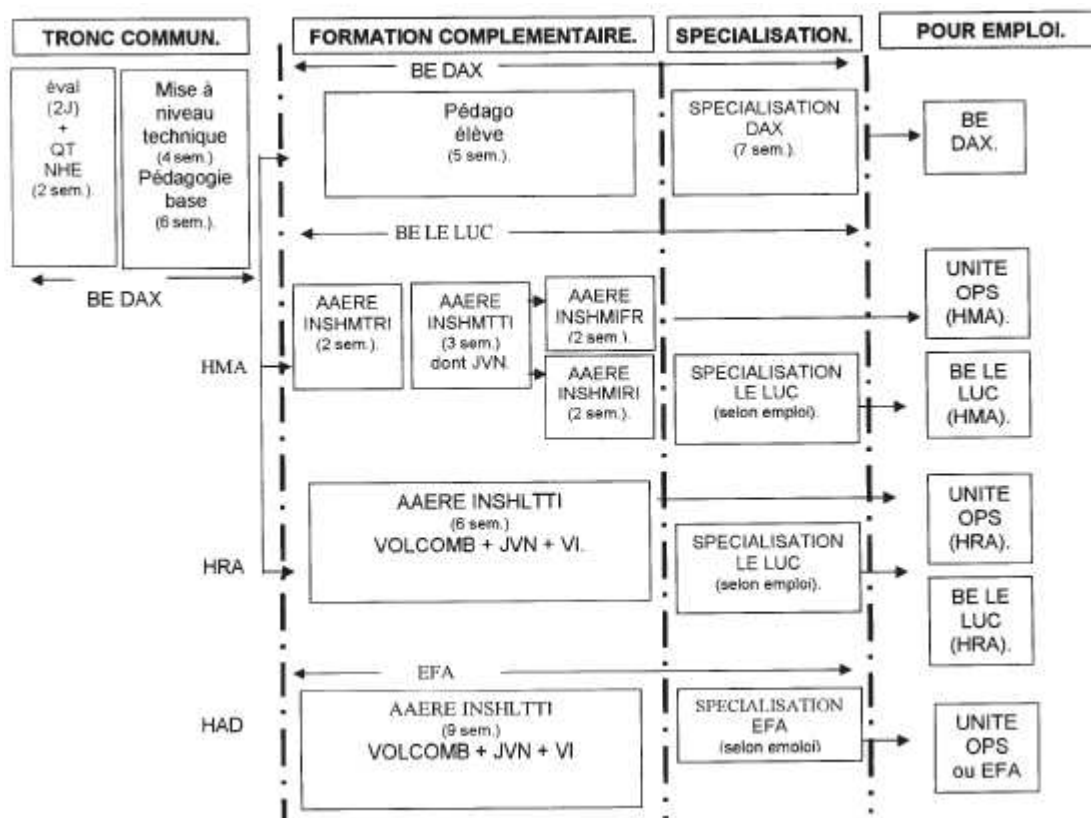
**Si nécessaire, il est possible de revenir rapidement dans le cran VOL de la poignée tournante à n'importe quel moment et pour n'importe quelle valeur de NR. Il est néanmoins préférable que le NR soit dans la plage verte.**

**L'entraînement à l'autorotation devra être effectué dans les limites de la distance de plané vers une aire d'atterrissage convenant à un atterrissage glissé.**

Procédure d'entraînement à l'autorotation avec reprise moteur

## ANNEXE 2

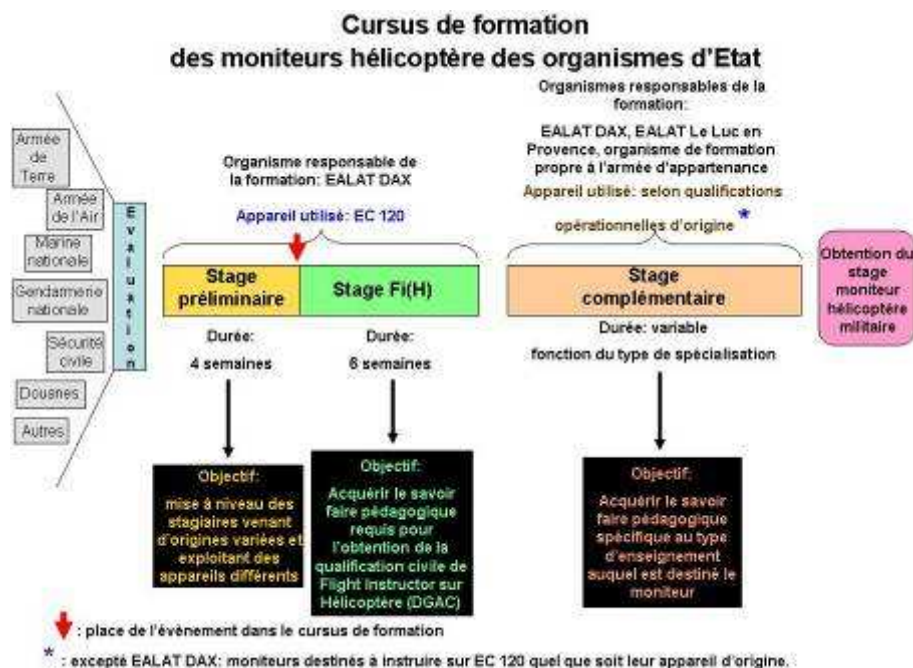
## Description du cursus de formation des moniteurs hélicoptère et du stage moniteur à l'EALAT Dax



Description de la filière instruction (source : instruction 30.6500/DEF/COMALAT/BPRA du 12/07/2011)

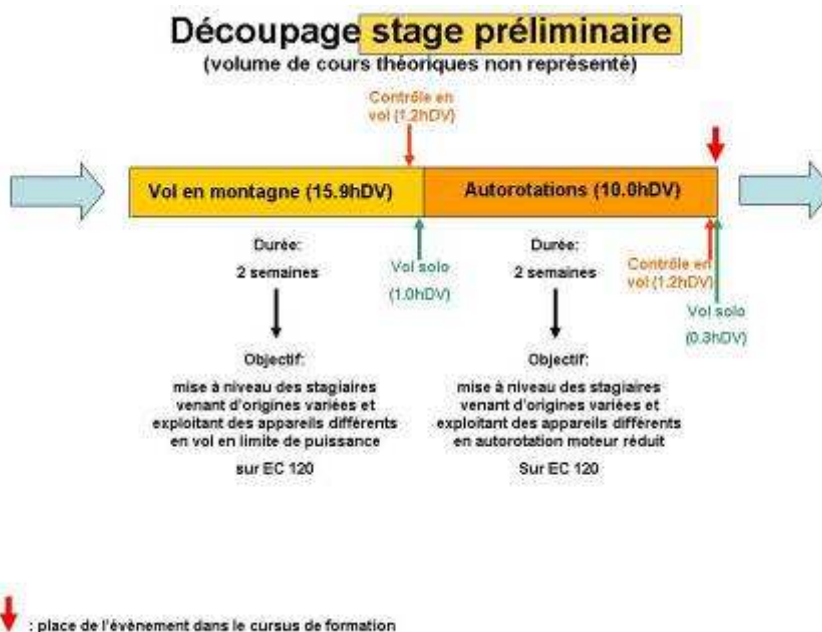
A l'issue du stage tronc commun moniteur, le stagiaire se voit délivrer la licence FI(H) aux normes FCL 2. A l'issue des stages complémentaires réalisés à Dax ou au Luc, le FI(H) est breveté soit moniteur pilote hélicoptère formation initiale, soit moniteur pilote hélicoptère.

Le cursus est schématisé ci-dessous. Le vol au cours duquel se produit l'incident est positionné dans les schémas ci-dessous (flèche rouge).

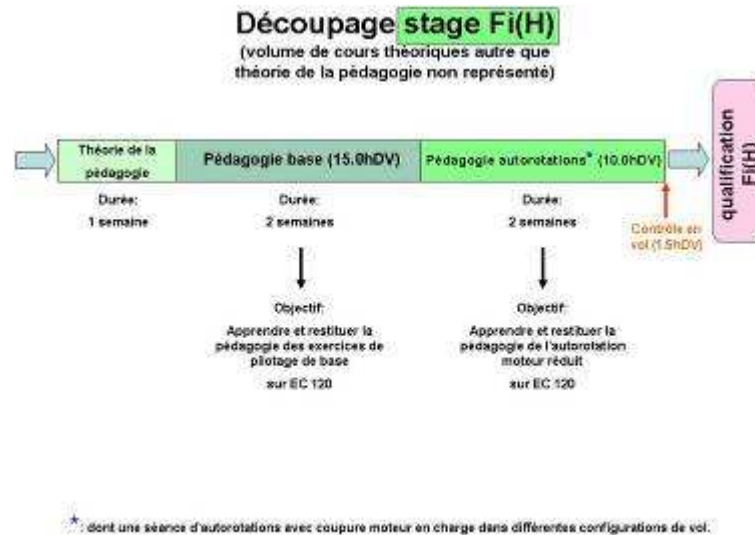


#### Cursus général de formation des moniteurs hélicoptère des organismes d'Etat

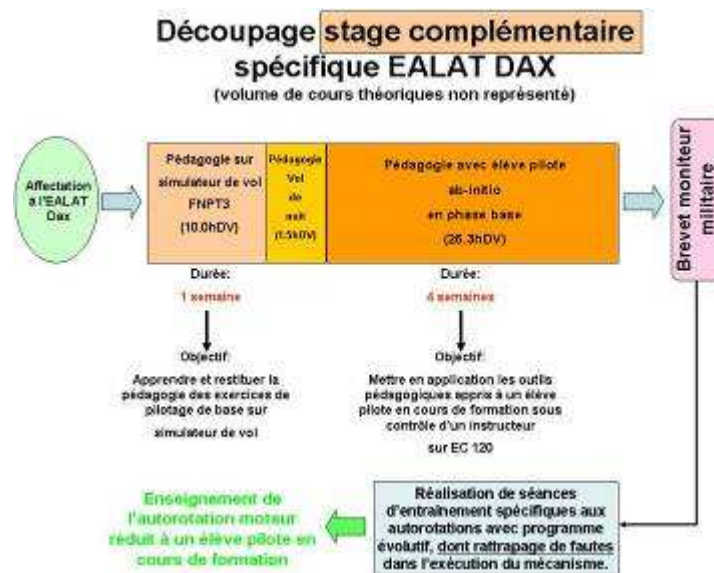
Les formations concernées délivrées à Dax sont détaillées ci-dessous.



#### Description du stage préliminaire à l'EALAT Dax



### Description du stage FI(H) à l'EALAT Dax



### Description du stage complémentaire à l'EALAT Dax

<b>EALAT</b>		<b>MANUEL FORMATION</b>	<b>DAX</b>	Page 12
		01 mars. 11		
Séances	Composition des séances	DC	contrôle	Vol en « mutuel »
A 1	Démonstration : le TDP adapté à l'exercice de l'autorotation. La procédure de remise des gaz. Le contrôle du terrain et les procédures radio associées. Etude : L'autorotation en ligne droite GTM au ralenti. Visualisation de l'angle, mise en autorotation, hauteur et dosage du flare, mécanisme de la finale. La reprise moteur après le flare. Décision de remise des gaz. Panne en stationnaire DES GTM au ralenti.	1.2		
A 2	Exposé EMO : l'autorotation en ligne droite, précédée d'un exercice reprise moteur. Révision : Réalisation commentée d'une autorotation en ligne droite. Etude : Réalisation commentée d'une autorotation en PTU, et en stationnaire.	1.2		
A 3	Exposé EMO : l'autorotation en PTU/ Restitution : Exercices étudiés à A 2. Etude : Mécanisme de la finale, précision par variation de vitesse (techniques pour se rallonger et se raccourcir), initiation à la PTU. Les virages serrés en autorotation. La panne en stationnaire DES.	1.2		
A 4	Exposé EMO : la panne en stationnaire DES(*) Restitution : Exercices étudiés à A 3. Etude : Précision par action sur l'inclinaison, ou sur la vitesse.	1.2		
A 5	Restitution : Exercices étudiés à A 4. Etude : Révisions en fonction du niveau de l'élève.	1.2		
A 6	Restitution : Exercices étudiés à A 5. Etude : Révisions en fonction du niveau de l'élève.	1.2		
A 7	Révision portant sur l'ensemble du programme.	1.3		
A 8	Contrôle de progression avec lâcher autorotation du stagiaire (un stagiaire en place droite pour assurer la surveillance des NR).		1.2	0.5
Séances	Composition des séances	DC	contrôle	Vol en « mutuel »
<b>SOUS TOTAL</b>		<b>8.5</b>	<b>1.2</b>	<b>0.5</b>
<b>TOTAL DE LA PHASE</b>		<b>10.0</b>		

(\*) Pour cette séance, une partie du briefing portera sur l'explication sommaire du vortex, appuyée par des exemples concrets.

Programme de la phase Autorotations (stage préliminaire EALAT Dax)