

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

## Rapport d'enquête de sécurité



T-2017-07-A

Date de l'évènement	25 avril 2017
Lieu	Aérodrome Le Luc Le Cannet (Var)
Type d'appareil	Puma SA 330 Ba
Organisme	Armée de terre

## AVERTISSEMENT

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

### 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.

---

## CRÉDITS

		Page de garde
Figure 1	DIRCAM/BEA-É.....	14
Figure 2	BEA-É.....	14
Figure 3	<i>Google Earth</i> /BEA-É .....	15
Figures 4-9	BEA-É.....	15-19
Figure 10	DGA TA.....	21
Figures 11-12	BEA-É.....	22 et 28
Figures 13-14	Airbus Helicopters.....	29
Figure 15	BEA-É .....	30

## 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. Tués et blessés	9
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Aides 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 la zone et sur l'aéronef	14
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	18
1.14. Incendie	18
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	19
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	20
2. Analyse	21
2.1. Expertises techniques	21
2.2. Recherche des causes relevant du domaine environnemental	27
2.3. Domaine relevant des facteurs organisationnels et humains	31
3. Conclusion	37
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	37
3.2. Causes de l'évènement	37
3.3. Autres éléments relevés au cours de l'enquête	37
4. Recommandations de sécurité	39
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	39
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	40
ANNEXES	42
ANNEXE 1 FICHE DE LA SÉANCE QT 4	43
ANNEXE 2 FICHE DE RENSEIGNEMENTS FR 2485 A	45
ANNEXE 3 EXTRAIT DU MANUEL DES TECHNIQUES COURANTES	52
ANNEXE 4 EXTRAIT DU MAT 8580 MANUEL DE VOL	53
ANNEXE 5 EXTRAIT DU MAT 8582 MANUEL DE MAINTENANCE	55

## GLOSSAIRE

ALAT	aviation légère de l'armée de terre
ASD	<i>air safety directorate</i> - direction de la sécurité aérienne (belge)
B EGL	base école général Lejay
BTI	boîte de transmission intermédiaire
BTP	boîte de transmission principale
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
DGA TA	direction générale de l'armement / techniques aéronautiques
DHMA	division hélicoptères de manœuvre et d'assaut
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
GTM	groupe turbomoteur
MAT	manuel de l'armée de terre
MRP	mât rotor principal
MTC	manuel des techniques courantes
MVAVT	mécanicien volant d'aéronef à voilure tournante
Ng	régime de rotation du générateur de gaz
PMD	puissance maximale au décollage
PMU	puissance maximale d'urgence
QNH	pression atmosphérique rapportée au niveau de la mer
Safran HE	Safran Helicopter Engines – ex Turbomeca
TL	turbine libre

## SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 25 avril 2017 à 15h25

Lieu de l'évènement : aérodrome Le Luc Le Cannet (LFMC)

Organisme : armée de terre

Commandement : commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (COMALAT)

Unité : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT) - base école général Lejay (BEGL)

Aéronef : Puma SA 330 Ba

Nature du vol : instruction aux procédures de pannes en configuration monomoteur

Nombre de personnes à bord : 3

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

Le 25 avril 2017 à 14h45 un équipage composé d'un moniteur, d'un mécanicien volant d'aéronef à voilure tournante (MVAVT) et d'un pilote stagiaire décolle à bord d'un Puma pour une mission d'instruction. Il s'agit d'un vol consacré aux procédures monomoteur.

Après environ trente minutes de travail sur la piste 13, le moniteur initie un exercice de panne au cours d'un demi-tour en stationnaire à cinq mètres du sol. L'équipage ressent alors un fort cadencement<sup>1</sup> à droite associé à un enfoncement. Le moniteur reprend les commandes mais ne parvient pas à stabiliser l'aéronef avant l'impact avec le sol.

L'hélicoptère bascule sur son flanc gauche et s'immobilise sur la piste.

Les membres d'équipage sont légèrement blessés ; l'hélicoptère est gravement endommagé.

### 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<sup>2</sup> (BEA-É) ;
- un enquêteur technique du BEA-É ;
- n enquêteur de première information (EPI) ;
- un officier pilote ayant une expertise sur Puma ;
- un officier mécanicien ayant une expertise sur Puma ;
- un médecin breveté de médecine aéronautique ;
- un adjoint au directeur d'enquête de sécurité de l'*Air Safety Directorate* (ASD) belge ;
- un enquêteur technique de l'ASD belge.

### Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement / techniques aéronautiques (DGA TA) ;
- Airbus Helicopters ;
- Safran Helicopter Engines (Safran HE).

---

<sup>1</sup> Rotation autour de l'axe de lacet.

<sup>2</sup> Selon les termes du décret n°2018-346 du 9 mai 2018, le nom du BEAD-air a été modifié. Le bureau s'appelle désormais Bureau Enquêtes Accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État ou BEA-É.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Type de vol : local

Type de mission : instruction

Dernier point de départ : LFMC

Heure de départ : 14h44

Point d'atterrissage prévu : LFMC

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Préparation du vol

A l'issue d'une première séance d'entraînement au vol avec pannes le lundi 24 avril au profit du pilote stagiaire, une deuxième séance est programmée le lendemain matin à 9h00.

Le briefing a lieu dans l'après-midi du 24. Les procédures de pannes prévues au programme de la séance (cf. annexe 1) sont revues ; les trajectoires associées sont révisées.

Le vol sera effectué en classe de performance 2 : en cas de défaillance d'un moteur, les performances du moteur restant permettent à l'hélicoptère de poursuivre le vol en sécurité sauf lorsque cette défaillance intervient tôt dans la manœuvre de décollage ou tard dans la manœuvre d'atterrissage. Dans ces cas, un atterrissage d'urgence peut être nécessaire.

Le mardi matin, les conditions météorologiques (brouillard) ne permettent pas la réalisation de la séance aux horaires prévus initialement. Le vol est reprogrammé dans l'après-midi, pour un décollage à 14h45 avec un autre moniteur.

Un nouveau briefing a lieu à 13h30 avec le moniteur désigné pour le vol ; les procédures de pannes sont revues. Les particularités du roulage du Puma avec du vent y sont également abordées. Le pilote stagiaire et le moniteur rejoignent le MVAVT à la machine.

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

Les vérifications avant vol sont effectuées sans révéler d'anomalie. L'équipage démarre les moteurs et roule vers la piste 13. Les vérifications pendant le roulage sont effectuées normalement. Avant l'alignement en bretelle D (cf. figure 1 page 14), l'hélicoptère est orienté face au nord. Le vent étant du 150° l'équipage décide de retarder le test du système de passivation<sup>3</sup> de la chaîne de lacet du pilote automatique, afin de le réaliser ultérieurement face au vent.

L'équipage s'aligne en piste 13 puis réalise les essais moteurs.

---

<sup>3</sup> Ce test consiste à vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de lacet du pilote automatique.

Lors de ces essais, l'équipage constate que les performances de la turbine 1, avec les surpuissances en fonction, sont légèrement en dessous des normes. La turbine 2 est dans les normes. Le moniteur décide de réaliser les premiers exercices en réduisant la turbine 1 afin de conserver la turbine 2 en fonctionnement.

Le test de passivation du pilote automatique est réalisé et ne révèle pas de dysfonctionnement.

Le moniteur fait réaliser trois exercices de panne à 5 mètres de hauteur puis trois exercices de panne à 10 mètres.

Au cours de ces exercices, le moniteur constate que le pilote stagiaire a une légère difficulté à contrer la tendance naturelle de l'hélicoptère au cadencement à gauche<sup>4</sup> lors de l'amortissement du contact avec le sol en fin de manœuvre. Il fait corriger cette tendance avant de passer à la phase suivante.

Le moniteur passe à la phase des exercices de panne au décollage avant le point de décision. Trois exercices dont une démonstration par le moniteur sont réalisés.

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

En l'absence d'enregistreur de paramètres, la reconstitution des événements repose sur le témoignage des trois membres d'équipage.

Il est possible, à partir de ces trois témoignages, de restituer le déroulement du vol quasiment dans son ensemble. Cependant, en raison de l'absence d'enregistreur de paramètres, il n'a pas été possible de déterminer le sens de rotation de l'hélicoptère avant le déclenchement de l'exercice de panne.

L'hélicoptère est à proximité de la bretelle G en stationnaire à 5 mètres du sol en train de réaliser un demi-tour. L'hélicoptère est orienté face au sud-ouest lors du déclenchement de l'exercice de panne par réduction du GTM 2. L'équipage ressent alors une forte embardée à droite, associée à un enfoncement de l'hélicoptère.

Le moniteur reprend instantanément les commandes. L'hélicoptère heurte le sol avec l'atterrisseur principal droit, rebondit et remonte légèrement. Il retombe immédiatement et heurte à nouveau le sol avec l'atterrisseur principal gauche. L'hélicoptère bascule sur sa gauche, les pales du rotor principal entrent en contact avec le sol.

Le MVAVT actionne les coupe-feu ; le moniteur ordonne l'évacuation de l'hélicoptère.

---

<sup>4</sup> Les pales de l'hélicoptère tournant dans le sens horaire.



### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Var
  - commune : Le-Cannet-des-Maures
  - coordonnées géographiques : N 43°22'54'' / E 006°23'29''
  - altitude du lieu de l'évènement : 76 mètres
- Moment : jour

### 1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères	3		
Aucune			

### 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Puma			X	

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

#### 1.5.1. Moniteur

- Âge : 43 ans
- Unité d'affectation : EALAT / BEGL
- Formation :
  - qualification : moniteur pilote
  - école de spécialisation : EALAT
  - année de sortie d'école : 2002
- Heures de vol comme pilote :

	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
Total (h)	3 100	2 600	150	132	12	11

- Date du vol précédent comme pilote : 25 avril 2017 sur l'aéronef.

#### 1.5.2. Pilote stagiaire

- Âge : 26 ans
- Unité d'affectation : EALAT / BEGL
- Formation :
  - qualification : pilote
  - école de spécialisation : EALAT
  - année de sortie d'école : 2015
- Heures de vol comme pilote :

	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
Total (h)	306	6	53	6	6	6

- Date du vol précédent comme pilote : 24 avril 2017 sur l'aéronef.

#### 1.5.3. Mécanicien volant d'aéronef à voilure tournante

- Âge : 35 ans
- Unité d'affectation : EALAT / BEGL
- Formation :
  - qualification : MVAVT
  - école de spécialisation : EALAT
  - année de sortie d'école : 2015
- Heures de vol comme MVAVT :

	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
Total (h)	661	500	88	86	5	5

- Date du vol précédent comme mécanicien : 25 mars 2017 sur l'aéronef.

## 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de terre
- Commandement organique d'appartenance : COMALAT
- Base de stationnement : BEGL
- Unité d'affectation : EALAT
- Type d'aéronef : Puma SA 330 Ba
  - configuration : aéronef équipé de lests
  - armement : néant
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 330 Ba	1662	EMJ <sup>5</sup> : 2 351	VP <sup>6</sup> : 88
Moteur 1	TURMO III C4	2390	RG <sup>7</sup> : 157	VP : 88
Moteur 2	TURMO III C4	2470	RG : 509	VP : 88

### 1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme au programme de maintenance en vigueur au moment de l'accident<sup>8</sup>.

#### 1.6.1.1. Navigabilité

Les documents relatifs à la navigabilité de l'aéronef sont les suivants :

- Certificat d'immatriculation FRA Form 5b N° CI-ADT-2017-04-0001 délivré le 07 avril 2017.
- Certificat de navigabilité FRA Form 25 N° CDN-ADT-2017-04-0001 délivré le 07 avril 2017.
- Certificat d'examen de navigabilité FRA Form 15a N° CEN-ADT-2017-04-0001 délivré le 07 avril 2017.

#### 1.6.1.2. Réserves de vol

Le 21 avril 2017, l'aéronef est mis en configuration pour effectuer des séances d'entraînement aux procédures monomoteur : pose de lests et dépose du radar météo.

Suite à cette dépose, l'aéronef est utilisé conformément à la liste des tolérances techniques d'exploitation (LTTE) du manuel d'exploitation de l'ALAT (révision A du 20 juin 2014).

---

<sup>5</sup> EMJ : entretien majeur.

<sup>6</sup> VP : visite périodique.

<sup>7</sup> RG : révision générale.

<sup>8</sup> Plan d'entretien approuvé N° 0.A, avec gel des données au 24 mars 2016, approbation DSAE N°503488/DEF/DSAE/NP du 30 novembre 2015. Ce plan a évolué le 13 avril 2017, pour passer au plan d'entretien approuvé N° 0.B, avec gel des données au 24 mars 2016.

Le disjoncteur du radar météo était enclenché. La carte de travail de dépose ne prescrit pas un désengagement du disjoncteur, ni la carte 930A mise en référence. En revanche, la carte de travail en génération électrique 510A mentionne qu'en cas d'intervention manuelle sur un circuit électrique (ici la dépose) la précaution supplémentaire est de déclencher manuellement le ou les disjoncteurs sur les circuits intéressés.

#### 1.6.2. Performances

Lors d'un vol d'instruction aux procédures d'urgence, des relevés de performances moteurs doivent être réalisés par l'équipage avant de débiter la séance (cf. annexe 1).

Pour ce vol les valeurs suivantes sont attendues :

- avec surpuissance : mini 101,7% et maxi 102% de Ng
- sans surpuissance : mini 100,2% et maxi 100,6% de Ng

Lors du test des performances du moteur 1 par l'équipage, les performances observées avec surpuissance sont inférieures de 0,6% de Ng par rapport à la valeur attendue. Les performances observées sans surpuissance sont dans les normes.

#### 1.6.3. Masse et centrage

Masse au parking : 6 750 kg.

Masse estimée au moment de l'accident : 6 375 kg.

Centrage : dans les normes pendant tout le vol.

#### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 1 040 kg
- Quantité de carburant restant au moment de l'évènement : 665 kg.

#### 1.6.5. Autres fluides

- Huile ensembles tournants : Air 3525.
- Huile hydraulique : Air 3520.
- Huile turbines : Air 3514.

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Situation générale entre 8h00 et 17h00

En surface et dans l'étage inférieur :

- le champ de pression est légèrement inférieur au standard, en baisse faible ; le brouillard présent au lever du jour évolue rapidement en stratus bas puis l'ensoleillement matinal permet à la convection de se développer, accompagnée d'une nette évolution favorable de la base des nuages ;
- dès le début d'après-midi toutefois, l'insolation est fortement réduite par la forte nébulosité d'altocumulus et la convection commence à disparaître, n'étant plus matérialisée que par de rares cumulus très peu développés. Absence de plafond bas, turbulence faible, bonne visibilité.

### 1.7.2. Conditions observées sur l'aérodrome pendant le vol

Le message ATIS<sup>9</sup> de 15h00 indique un vent du 140° pour 9 kt, une visibilité supérieure à 10 kilomètres, peu de nuages à 4 000 ft, une température de 20 °C, un point de rosée de 10°C, une humidité de 50%, un QNH<sup>10</sup> de 1 011 hPa, un QFE<sup>11</sup> de 1 002 hPa.

Le relevé de la station météorologique du terrain à 15h22 indique un vent du 120° pour 12 kt, une visibilité supérieure à 10 km, un ciel couvert à 10 000 ft par altocumulus et quelques cumulus à 4 000 ft. Le QNH est de 1 011 hPa, la température de 21 °C.

## 1.8. Aides à la navigation

Au cours du vol, l'équipage suit les règles de vol à vue et n'utilise pas les équipements de navigation de l'aéronef.

## 1.9. Télécommunications

Pendant la séance, le moniteur est en communication avec la tour de contrôle en VHF<sup>12</sup>.

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'armée de terre est affectataire principal du terrain du Luc Le-Cannet-des-Maures.

La base école général Lejay y est implantée. L'activité principale de la plateforme est de type école de pilotage pour hélicoptère, réservée aux hélicoptères basés.

Le terrain possède deux pistes orientées 09/27 et 13/31.

Les instruments de mesure de la station météorologique sont installés à proximité de la croisée des pistes. Une manche à air secondaire est installée à proximité du seuil de piste 31.

---

<sup>9</sup> De l'anglais *Automatic Terminal Information Service*, message de diffusion de données météorologiques.

<sup>10</sup> QNH : pression atmosphérique rapportée au niveau de la mer.

<sup>11</sup> QFE : pression atmosphérique au niveau du sol de l'aérodrome.

<sup>12</sup> VHF : *very high frequency*, ondes très hautes fréquences (de 30 MHz à 300 MHz).



Figure 1 : extrait de la fiche d'atterrissage à vue et implantation des manches à air

### 1.11. Enregistreurs de bord

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

### 1.12. Constatations sur la zone et sur l'aéronef

#### 1.12.1. Examen de la zone

L'hélicoptère accidenté se situe sur la piste 13/31 du Luc, à proximité de la bretelle G, couché sur son flanc gauche, orienté au cap 280°.

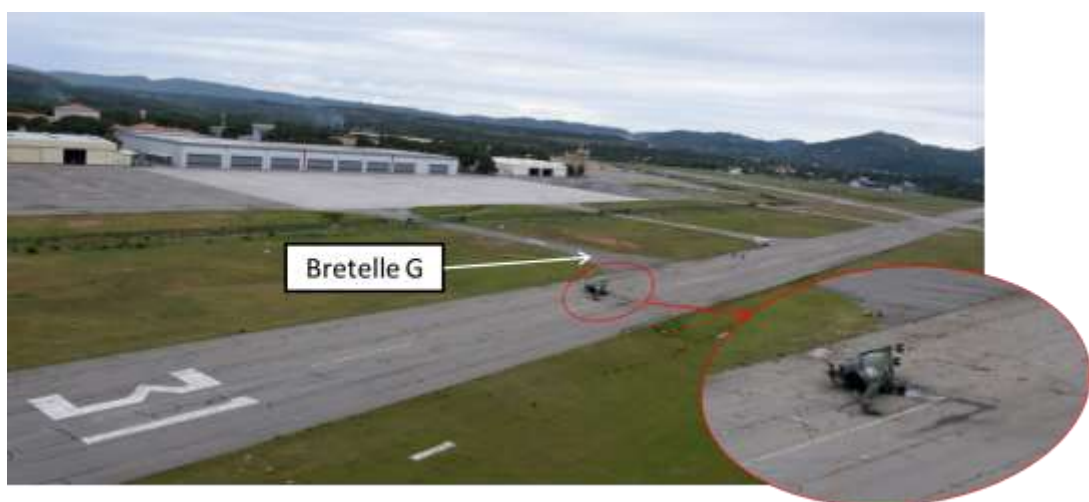


Figure 2 : vue aérienne de la zone

La majorité des débris est dispersée autour de l'aéronef dans un rayon de 60 mètres.

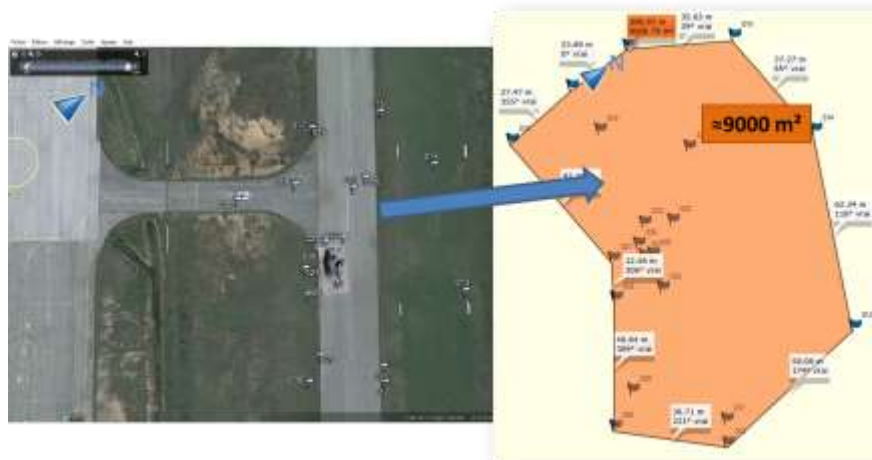


Figure 3 : dispersion des débris

Quelques débris de pales ont été projetés au-delà de ce périmètre, jusqu'à une distance d'environ 400 mètres.

#### 1.12.2. Examen de l'aéronef

Les dégâts suivants sont constatés sur l'épave.

- La cellule présente de nombreuses déformations sous la barque ainsi que sur les flancs de la poutre de queue.
- La poutre de queue est pliée au niveau de la boîte de transmission intermédiaire (BTI).
- L'arbre de transmission arrière est rompu en amont de la BTI. Les indices indiquent une rupture consécutive à l'impact des pales du rotor principal avec le sol.



Figure 4 : pliure de la poutre de queue

- Le plan fixe arrière est déformé, les pales du rotor anti-couple portent des traces de légère abrasion.



Figure 5 : dégâts du rotor anti-couple et du plan fixe horizontal

- Les pales du rotor principal sont détruites.
- Le mât rotor principal (MRP) est endommagé. Les amortisseurs de traînée sont absents, les butées basses et hautes sont endommagées ou absentes.
- Les arbres d'entrée gauche et droit de la BTP sont libres en rotation, l'arbre de sortie (vers le rotor) est entraîné par la rotation des arbres d'entrée.
- Le rotor anti-couple n'est pas bloqué en rotation.



Figure 6 : endommagements du MRP et des pales



- L'atterrisseur gauche est rompu.
- Les roues de l'atterrisseur droit sont libres en rotation.
- Les pneumatiques des atterrisseurs principaux portent des traces de ripage.



Figure 7 : dégâts des atterrisseurs principaux

- Les lests ont basculé, 3 fixations des lests sur 6 sont rompues.

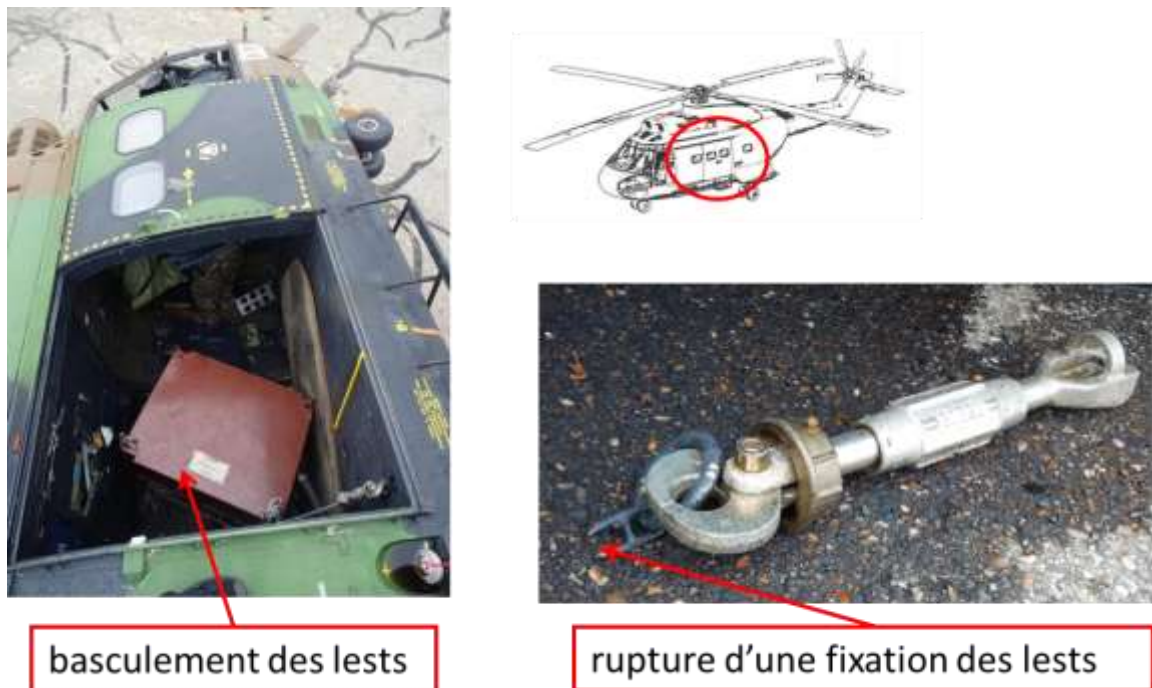


Figure 8 : basculement des lests

## 1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

### 1.13.1. Moniteur

- Dernier examen médical<sup>13</sup>:
  - type : visite semestrielle en unité (référence : CEMPN du 29 juin 2015, apte 24 mois)
  - date : 5 décembre 2016
  - résultat : apte
  - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : légères

### 1.13.2. Pilote stagiaire

- Dernier examen médical :
  - type : visite semestrielle en unité (référence : CEMPN du 6 mai 2015, apte 24 mois)
  - date : 8 novembre 2016
  - résultat : apte
  - validité : 6 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : légères

### 1.13.3. MVAVT

- Dernier examen médical :
  - type : expertise en CEMPN
  - date : 14 décembre 2016
  - résultat : apte
  - validité : 24 mois
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : légères

## 1.14. Incendie

Un léger dégagement de fumée au niveau de la boîte de transmission principale (BTP) a été rapidement maîtrisé par l'intervention du service sécurité incendie et sauvetage, en alerte pour la séance.

---

<sup>13</sup>Selon l'instruction n°3300/DEF/EMAT/OAT/BEMP du 8 octobre 2014 relative à l'aptitude médicale des spécialistes navigants et non navigants liés à la mise en œuvre des aéronefs habités et non habités de l'armée de terre.

## 1.15. Questions relatives à la survie des occupants

### 1.15.1. Abandon de bord

Dès l'immobilisation de l'appareil, le moniteur donne l'ordre d'évacuation. L'équipage évacue l'hélicoptère par ses propres moyens. Le pilote stagiaire sort le premier après avoir retiré la porte latérale droite. Le MVAVT sort par la porte cargo. Le moniteur retire son casque et évacue peu après par la porte latérale droite.

### 1.15.2. Organisation des secours

Les contrôleurs aériens préviennent immédiatement les pompiers en alerte, au moyen du klaxon d'accident et de la radio.

Simultanément, un technicien témoin de l'accident, se rend sur les lieux avec un extincteur pour porter assistance.

En arrivant sur le lieu de l'accident, les pompiers rejoignent l'équipage et le technicien en bord de piste. Ils retirent la batterie de l'appareil.

Un dégagement de fumée avec absence de flammes est observé à proximité de la BTP. Afin d'éviter un départ de feu, l'hélicoptère est arrosé par le véhicule d'intervention.

L'équipe médicale, prévenue au même moment que les pompiers, se rend sur place. A son arrivée, elle prend en charge les membres d'équipage et les transfère au service médical d'unité pour une prise en charge médico-psychologique.



Figure 9 : hélicoptère après l'intervention des secours

## 1.16. Essais et recherches

Le fonctionnement et les performances du groupe turbomoteur 1 (GTM 1) ont été vérifiés à l'aide du banc de test de la société Safran HE.

Le fonctionnement de la chaîne de lacet du pilote automatique, ainsi que la conformité du système d'arrimage des lests ont été examinés par le secteur investigation accident de DGA TA.

## 1.17. Renseignements sur les organismes

La base école général Lejay est l'une des deux bases de l'EALAT. Co-localisée avec deux centres de formation<sup>14</sup> et située sur l'emprise du Cagnet-des-Maures, sa mission est de parachever la formation initiale dispensée à Dax en enseignant les savoir-faire de l'aérocombat dans un cadre interarmes, interarmées, interalliés et international.

Au sein de la BEGL, la direction de la formation à l'aérocombat est constituée des divisions suivantes :

- la division de formation des officiers ;
- la division hélicoptères de reconnaissance et d'attaque ;
- la division hélicoptères de manœuvre et d'assaut (DHMA) ;
- la division simulation.

La DHMA comprend :

- la filière hélicoptères de manœuvre et d'assaut à trois brigades spécialisées ;
- la filière Fennec à trois brigades identiques chargées d'assurer la formation du vol aux instruments.

La DHMA délivre une formation interarmées (terre, air, marine). Elle inclut et forme du personnel des trois armées.

---

<sup>14</sup> École franco-allemande du TIGRE (EFA) et centre de formation interarmées NH 90 (CFIA).

## 2. ANALYSE

L'analyse qui suit se décompose en trois parties. La première traite des expertises techniques, la seconde recherche les causes relevant du domaine environnemental, la troisième celles relevant du domaine des facteurs organisationnels et humains.

### 2.1. Expertises techniques

#### 2.1.1. Expertise de la chaîne de commande de lacet

Les expertises menées sur la chaîne de commande de vol en lacet n'ont révélé aucune anomalie.

**Le fonctionnement de la chaîne de lacet est conforme à l'attendu. Le départ en cadence à droite n'est pas dû à un dysfonctionnement de la chaîne de lacet des commandes de vol.**

#### 2.1.2. Atterrisseur gauche

Le dispositif d'atterrissage est composé de deux trains principaux à l'arrière et d'un train auxiliaire à l'avant.

Au cours de l'accident, le train principal gauche est rompu.

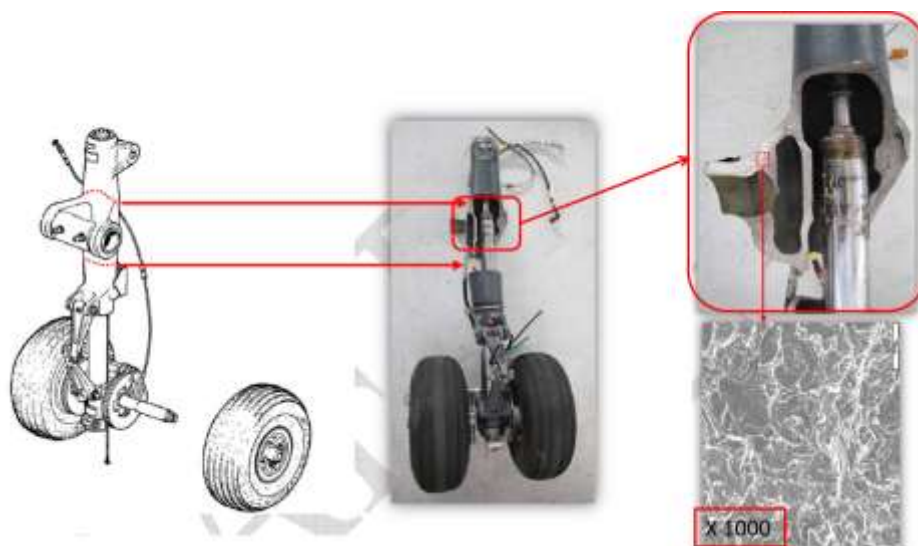


Figure 10 : rupture de l'atterrisseur gauche

L'expertise de l'atterrisseur gauche démontre une rupture statique sans indice d'endommagement antérieur à l'accident.

**La rupture de l'atterrisseur gauche est la conséquence de l'impact avec le sol.**

### 2.1.3. Les lests et leur arrimage

Pour ce vol, l'hélicoptère est équipé de lests réalisés conformément à la fiche de renseignements FR 2485 A - édition 10.1993 (cf. annexe 2).

Ces lests sont arrimés à l'aide de 6 saisines en chaîne attachées aux crochets de fixation conformément à la fiche.

#### 2.1.3.1. Rupture de l'arrimage des lests

L'examen des saisines et des crochets de fixation permet d'indiquer une rupture statique. La rupture du système d'arrimage et le déplacement des charges qui en résultent sont consécutifs à l'impact.

Les lests étaient en place au moment du déclenchement de l'exercice. Le basculement des lests est une conséquence de l'impact avec le sol et du basculement de l'hélicoptère ; il n'est pas à l'origine de l'évènement.

#### 2.1.3.2. Conformité du dispositif d'arrimage des lests

Les charges installées à bord sont conformes aux prescriptions de la FR 2485 A.

Elles sont arrimées à bord à l'aide de saisines. Le surplus de chaîne de l'une d'entre elles a été rangé sous le capitonnage, en passant autour de la tuyauterie d'alimentation du réservoir de carburant de convoyage, puis à travers un anneau de renvoi. Ce montage particulièrement inapproprié est la cause d'une déformation du tuyau de carburant lors de l'impact.



Figure 11 : disposition du surplus de chaîne de saisine

Cependant, les prescriptions de la FR 2485 A ne sont pas cohérentes avec les préconisations du manuel des techniques courantes (MTC) de la société Airbus Helicopters s'appliquant au Puma (cf. annexe 3).

En effet le MTC préconise l'emploi de charges amagnétiques, arrimées à l'aide de sangles et sécurisées par un filet. L'utilisation de chaînes est prohibée.

**Le montage des lests est conforme à la FR 2485A. Cependant cette fiche n'est plus conforme aux préconisations actuelles du constructeur (manuel des techniques courantes).**

#### 2.1.4. Groupes turbomoteurs

L'équipage rapporte que lors du déclenchement de l'exercice, l'hélicoptère part soudainement en rotation vers la droite. Or dans le cas d'une rupture du rotor anti-couple, l'hélicoptère serait parti à gauche. Dans le cas d'une perte de puissance simultanée des deux GTM, l'hélicoptère partirait à droite.

L'équipage ne rapporte pas avoir constaté de perte de puissance du GTM 1 lors de la réduction du GTM 2. Cependant en l'absence d'enregistreur de bord une expertise du GTM 1 a été réalisée afin de contrôler ses performances.

##### 2.1.4.1. GTM 1

L'état du GTM 1 après l'accident a permis de réaliser un contrôle de performances au moyen d'un banc d'essais de la société Safran HE. Ce contrôle consiste en 7 mesures en faisant varier la puissance demandée au moteur jusqu'à atteindre la première des trois limitations suivantes :

- régime Ng 33 800 tr/min ;
- $T41^{15} \leq 910$  °C ;
- $T45^{16} \leq 750$  °C.

Un de ces 7 points de mesure, à 32 800 tr/min, permet de valider la conformité des performances en mesurant la puissance fournie.

Lors du passage au banc, le régime maximal atteint par le GTM 1 est égal à 33 504 tr/min pour une valeur limite de T45 égale à 749,5 °C.

**La puissance mesurée du GTM1 à 32 800 tr/min est de 906 kW (pour un minimum de 897 kW). Cette mesure valide la conformité des performances du moteur aux spécifications de Safran HE.**

Un contrôle de fonctionnement en puissance maximale au décollage (PMD) et en puissance maximale d'urgence (PMU) a également été réalisé.

- **Contrôle de la PMD**

La mesure consiste à figurer un couple résistant du rotor principal jusqu'à une valeur de couple de  $90\% \pm 2\%$  ou jusqu'à la première des 2 limitations suivantes :

- un débit carburant de 535 l/h ;
- $T45 \leq 780$  °C.

---

<sup>15</sup> T41 : température d'entrée de turbine.

<sup>16</sup> T45 : température de sortie de turbine.

Le régime atteint lors de cette mesure est de 33 396 tr/min (légèrement inférieur à l'attendu de 33 430 tr/min).

Cette valeur est légèrement inférieure à la valeur de réglage en usine constatée lors du dernier essai au banc réalisé 157 heures de vol auparavant. Elle est également inférieure à la valeur de 33 505 tr/min atteinte lors du contrôle de performances.

Aucune des deux limitations (débit carburant et T45) n'ayant été atteintes, la valeur de la PMD a été limitée lors de l'essai par la valeur de couple de 90%.

**Le régime atteint en PMD est légèrement inférieur à l'attendu. Cependant, la puissance délivrée par le GTM 1 en PMD est conforme et suffisante.**

- **Contrôle de la PMU**

La mesure consiste à régler le régulateur carburant afin d'abaisser le régime PMD de 500 tr/mn puis à vérifier, à deux reprises, l'augmentation de régime obtenue en actionnant le poussoir PMU<sup>17</sup>. L'augmentation attendue est de 500 tr/min.

Lors du contrôle, une augmentation de 422 tr/min a initialement été observée suivie d'une augmentation de 403 tr/min.

Ce constat est cohérent avec celui fait par l'équipage lors de ses vérifications avant exercice (0,6% manquant rapporté par l'équipage en début d'exercice).

Le contrôle de la PMU confirme une valeur légèrement inférieure à la valeur des spécifications techniques de Safran HE.

L'essai des caractéristiques du régulateur démontre sa capacité à atteindre un régime au moins égal à 33 503 tr/min. Cette valeur de régime est supérieure aux valeurs de PMD et PMU escomptées lors de l'essai.

Les écarts constatés lors du passage au banc concernant les valeurs de PMD et PMU relevées peuvent avoir pour origine un réglage de la PMD réalisé lors du montage du moteur ou d'endommagements internes subis par le régulateur.

Il est à noter que la valeur de la PMD trouvée non conforme lors de l'essai n'a pas été rapportée comme telle par l'équipage en début de séance et que la différence sensible de gain entre les deux essais de la PMU (403 et 422 tr/mn) peut être due à des frictions internes de l'actionneur électrique d'armement de la PMU (solénoïde).

**Les mesures réalisées au banc confirment les constatations de l'équipage concernant la PMU. Toutefois l'écart de régime constaté n'est pas à l'origine de l'évènement.**

**Le GTM 1 délivre la puissance attendue lors de l'exercice. Il n'est pas à l'origine de la perte de contrôle.**

---

<sup>17</sup> PMU : puissance maximale d'urgence.



#### 2.1.4.2. GTM 2

Considérant que le GTM 2 était réduit au moment du déclenchement de l'exercice, l'hypothèse selon laquelle la perte de contrôle serait due à une perte de puissance du GTM 2 n'est pas retenue.

**Le GTM 2 était au ralenti au moment de l'accident. Il n'est pas à l'origine de la perte de contrôle.**

#### 2.1.4.3. Procédure de contrôle de performances des GTM en début de séance

Avant de débiter les exercices, l'équipage procède aux essais moteurs conformément à la fiche de séance QT4 (cf. annexe 1).

Lors des essais le moniteur constate un écart sur le GTM 1 : le régime atteint en PMU est inférieur de 0,6% à celui attendu. Le régime pour la PMD est conforme à l'attendu.

**Selon la procédure de vérification de réglage des butées PMD et PMU du manuel de vol (MAT 8580) la séance aurait dû être annulée pour reprendre le réglage des butées du GTM 1.**

Il décide de procéder aux essais sur le GTM 2 ; les valeurs de régime en PMD et PMU de ce moteur sont conformes à l'attendu.

Le moniteur décide de débiter la séance en réduisant initialement le GTM 1 lors des exercices de panne, le GTM 2 restant en fonction. Après environ vingt minutes de travail, il considère qu'il a suffisamment consommé de carburant pour réduire le GTM 2 et conserver le GTM 1 en fonction lors des exercices de panne.

Cette manière de procéder appelle les remarques suivantes.

Le manuel de vol, ainsi que la fiche de QT4 préconisent la réduction du GTM 2 lors des exercices de pannes. En effet, un phénomène d'usure des cannelures côté roue libre de l'arbre de liaison droit de la BTP a été constaté sur les flottes de Puma école.

Cette usure peut notamment avoir pour origine des déformations sous charge constatées sur le carter principal de la BTP.

Ainsi la consigne a été donnée, lors des exercices de pannes moteur, de réduire le moteur droit. La justification de cette procédure est mal connue des pilotes et n'est pas documentée. Il est probable que cette méconnaissance ait incité le moniteur à débiter sa séance en réduisant le GTM 1 à la place du GTM 2, considérant qu'il valait mieux travailler sur le moteur supposé le plus puissant.

**La réduction du GTM 1 en début de séance n'est pas conforme aux consignes données pour éviter une usure des BTP sur les flottes écoles.**

En outre, l'étude du MAT 8580 (manuel de vol) et du MAT 8582 (manuel de maintenance) révèle des différences dans la présentation de la méthode. La présentation du MAT 8582, remise à jour en 2011 lors de la diffusion de la révision normale N°11 émise par Safran HE est plus facilement compréhensible que la présentation précédente.

Le MAT 8580 n'a pas été modifié concomitamment au MAT 8582.

La présentation de la procédure de contrôle du MAT 8580, notamment des conditions dans lesquelles elle doit être réalisée (altitude, température) est source de confusion.

Il est à noter que la fiche de QT4 fait référence au MAT 8580.

**Le MAT 8580 et le MAT 8582 présentent la procédure de réglage et de contrôle des butées PMD et PMU de manières différentes. La présentation du MAT 8582 remise à jour en 2011 est plus explicite que celle en vigueur dans le MAT 8580.**

#### 2.1.4.4. Synthèse sur les GTM

Si le moniteur s'écarte de la procédure en réduisant le GTM 1 au lieu du GTM 2 en début de séance, c'est qu'il ne connaît pas la raison qui justifie cette consigne. L'enquête a montré que la raison à la base de cette procédure était inconnue de la plupart des personnes interrogées. En effet, si les instructions précisent clairement qu'il faut réduire le GTM 2 et non le GTM 1, elles n'en rappellent pas la raison (préservation de la BTP).

Cet écart n'est pas à l'origine de l'accident. En effet, aucune dégradation de la BTP n'a été constatée lors des expertises.

Il faut noter que la procédure de vérification des performances des GTM telle qu'elle est pratiquée au moment de l'évènement, conformément au manuel de vol en vigueur (MAT 8580), n'est pas pertinente.

Elle doit en effet être pratiquée dans un domaine de vol spécifique (voir annexe 4) ; en dehors de ce domaine, il est possible que la limite de débit soit atteinte en premier et vienne affecter la mesure.

Dans le cas présent les performances du GTM 1 relevées au banc sont conformes aux spécifications de Safran HE. Cependant, pour une même puissance délivrée, les régimes affichés en PMU et PMD sont très légèrement inférieurs aux valeurs de réglage en usine.

La puissance disponible sur le GTM 1 au moment du déclenchement de l'exercice était suffisante.

**Aucun dysfonctionnement des GTM n'est à l'origine de l'accident. Cependant une mise à jour documentaire est nécessaire.**

#### 2.1.5. Synthèse des expertises techniques

Les expertises ont permis de confirmer les observations de l'équipage lors des vérifications avant exercice de panne moteur.

Les autres expertises menées sur la structure et sur les commandes de vol n'ont révélé aucune anomalie susceptible d'être à l'origine de l'accident.

**Les expertises démontrent qu'aucune cause technique n'est à l'origine de l'accident.**

## 2.2. Recherche des causes relevant du domaine environnemental

### 2.2.1. Le vent

Lors de la séance d'instruction, l'équipage a accès aux informations de vent au moyen :

- des prévisions météo fournies lors du briefing et au cours de la préparation du vol : vents de secteur ouest, s'orientant au sud-ouest en cours de journée ;
- de l'observation des autres hélicoptères sur la plateforme lors de la visite avant vol : le moniteur fait remarquer à son stagiaire que les hélicoptères qui réalisent des exercices de panne moteur s'arrêtent sur des distances très faibles, ce qui est signe de conditions de vent favorables ;
- du message ATIS qui indique un vent du 140°, information que l'équipage conserve en mémoire pendant toute la séquence ;
- des informations fournies par le contrôle aérien : lors de la mise en route, le contrôle aérien indique à l'équipage un vent venant du 150° pour 13 kt (valeur confirmée à l'équipage par le contrôleur lorsqu'il s'aligne) ;
- de l'observation des manches à air implantées à proximité de la zone de travail de l'hélicoptère.

Deux manches à air sont visibles par l'équipage :

- la manche à air principale, bien dégagée mais en arrière de la zone de travail, l'hélicoptère étant principalement orienté en piste 13 lors des exercices de pannes ;
- une manche à air secondaire implantée en bout de piste 13, à proximité des arbres. Les indications de cette manche à air située à proximité des arbres sont perturbées lorsque le vent est du secteur sud-est. De surcroît, cette manche à air est de taille inférieure à celle située sur l'aire à signaux.

Quelques minutes avant l'accident, la tour de contrôle annonce un vent du 120° pour 12 kt à un autre hélicoptère en approche. Cependant, compte tenu de l'encombrement de la fréquence et de la charge cognitive de l'équipage, cette information n'a pas été perçue. Lors des séances de pannes, le pilote stagiaire baisse le niveau d'écoute de la radio, afin de ne pas être perturbé par les nombreux messages radio adressés aux autres aéronefs en travail sur la plateforme. Le moniteur se concentre naturellement sur les messages qui lui sont adressés.

**Compte tenu des informations à sa disposition, l'équipage considère que le vent est du 140° pour 12 kt.**

L'analyse des paramètres enregistrés par les instruments de mesure de la station météo de l'aérodrome du Luc permet de déterminer les valeurs de vent au moment de l'accident. On observe une légère rotation du vent vers la gauche, à partir de la deuxième partie du vol.

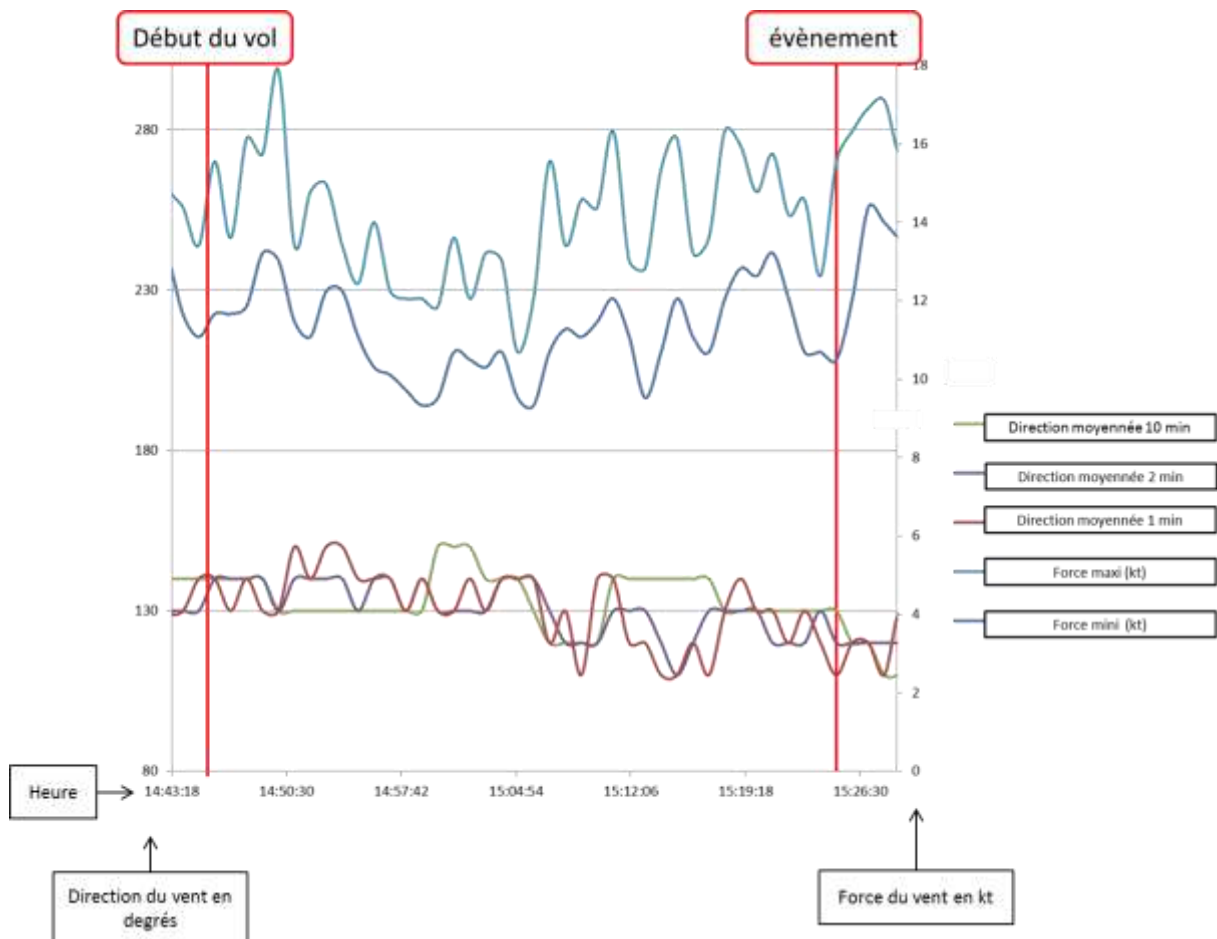


Figure 12 : valeurs de vent enregistrées par la station météo du Luc

Le vent s'oriente à gauche au cours de la séance, les valeurs instantanées au moment de l'accident sont comprises entre le 110° et le 120° pour environ 15 kt.

### 2.2.2. Les effets du vent en stationnaire

Lors du vol en stationnaire, la position des palonniers pour maintenir une cadence nulle dépend de la position et de la force du vent.

Le graphique ci-après indique la position des palonniers requise pour tenir le stationnaire avec une cadence nulle, pour différentes forces de vent.

On note que lorsque le vent vient du secteur gauche (gisement 270°) la position des palonniers à adopter est à droite du neutre.

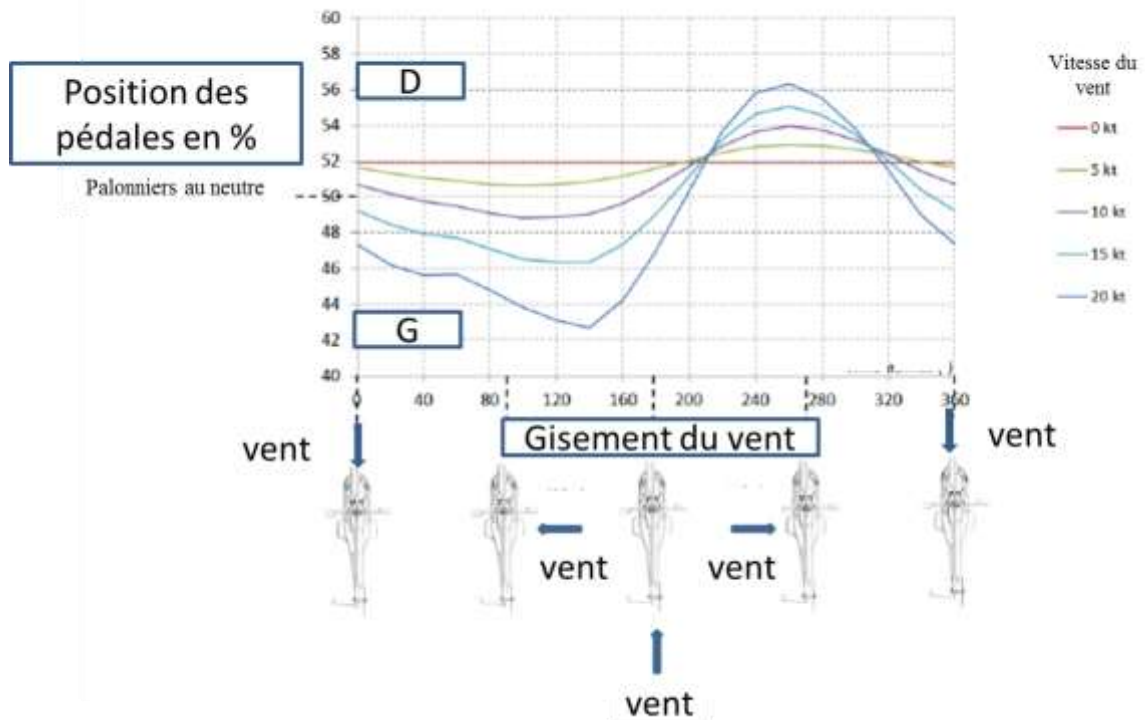


Figure 13 : positions du palonnier pour tenir le stationnaire sans cadence

Le graphique suivant illustre le caractère instable de la position d'équilibre lorsque le vent vient du secteur plein travers gauche, notamment lorsque le pilote applique une action à droite sur les palonniers.

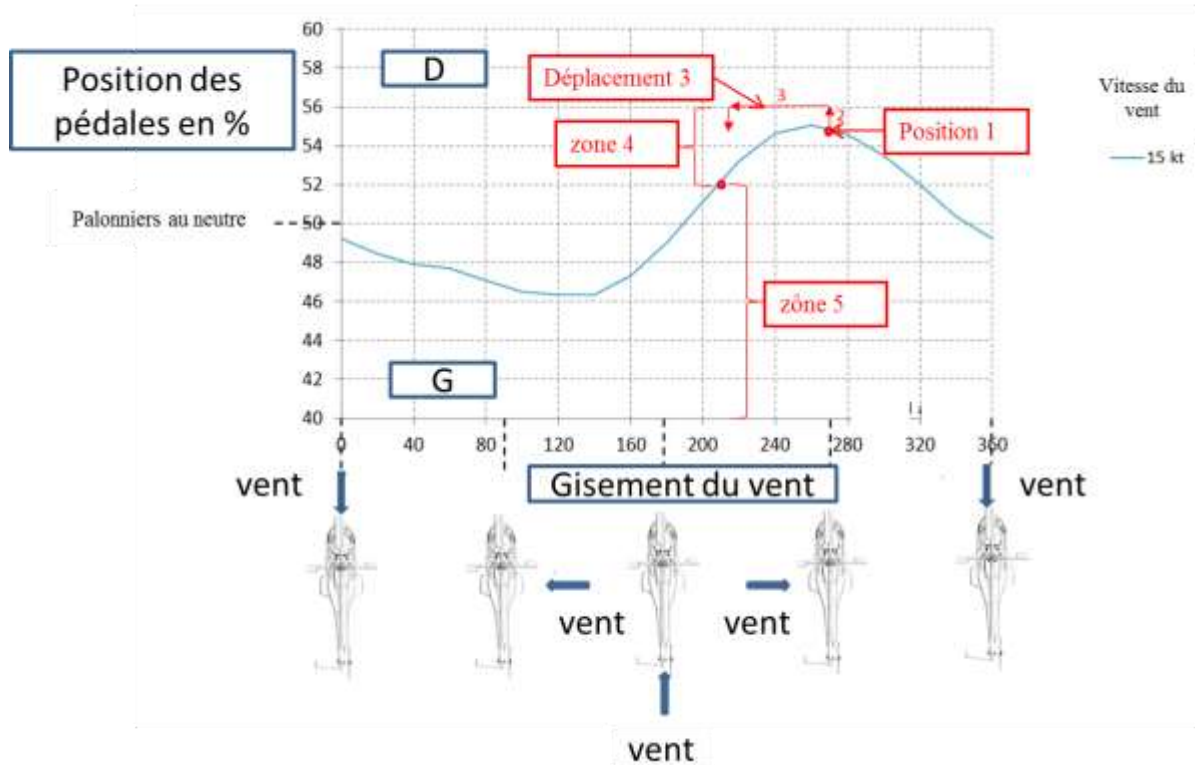


Figure 14 : effet d'une rotation à droite sur les palonniers par vent de travers gauche

Position 1 : les palonniers sont à droite, à environ 55% pour tenir le stationnaire.  
Si le pilote applique une action à droite aux palonniers, il se déplace vers la position 2 qui entraîne une rotation de l'hélicoptère vers la droite.  
Le vent passe alors en secteur arrière (déplacement 3).  
Si le pilote maintient une position des palonniers entre 52% et 56% (zone 4) la rotation à droite s'amplifie.  
Pour stopper la rotation vers la droite le pilote doit adopter une position des palonniers en zone 5.

Au départ d'une rotation à droite en stationnaire à partir d'un vent venant de la gauche (gisement à 270°), la zone 4 devient de plus en plus grande jusqu'à ce que le vent soit dans le secteur arrière droit (140°). Sans une correction appropriée du pilote dans cette zone, l'accélération en rotation à droite de l'appareil s'accroît.

**Avec une composante de vent arrière gauche le contrôle de la cadence en stationnaire est délicat. Une action légère aux palonniers vers la droite peut déclencher un mouvement rapide de rotation de l'hélicoptère à droite, tendant à s'amplifier.**

Dans la figure 15 suivante, l'arc rouge représente le secteur défavorable dans lequel le phénomène décrit ci-dessus est susceptible d'être rencontré pour un vent du 140°, et pour un vent du 110°.  
L'hélicoptère est orienté au secteur sud-sud-ouest, face aux hangars de maintenance.



Figure 15 : comparaison des secteurs défavorables de vent

**Pour un vent du 110°, au moment du déclenchement de l'exercice, l'hélicoptère est dans un secteur défavorable générant l'amplification de la cadence à droite. Le contrôle de la cadence nécessite alors une action importante à gauche sur le palonnier. Or l'équipage n'en a pas conscience.**

## 2.3. Domaine relevant des facteurs organisationnels et humains

### 2.3.1. Nature du vol

Le vol est une séance d’instruction au profit du pilote stagiaire pour l’obtention de la QT<sup>18</sup> Puma. L’objectif de cette séance est d’entraîner le pilote aux procédures monomoteur dans des situations diverses.

Au cours de cette séance, quatre types de pannes différentes sont prévus. Le moniteur a pour habitude de faire répéter chaque exercice trois fois avant de considérer que l’exercice est validé. Ainsi, au minimum 12 pannes vont être réalisées au cours de la séance.

Les vols d’instruction sont généralement des vols assez denses qui demandent aux stagiaires pilotes d’importantes ressources attentionnelles.

**Les séances d’entraînement aux procédures monomoteur sont particulièrement exigeantes pour les pilotes stagiaires sur le plan cognitif.**

### 2.3.2. Expérience de l’équipage

L’équipage est composé d’un moniteur commandant de bord, d’un pilote stagiaire aux commandes et d’un MVAVT.

Le moniteur est un pilote expérimenté. Il totalise 3 100 heures de vol dont 2 600 sur Puma. Il est affecté comme moniteur à l’EALAT depuis 2013.

Le MVAVT est sorti d’école en 2015 et totalise déjà 661 heures de vol dont 500 sur Puma.

Le pilote stagiaire est également sorti d’école en 2015. Déjà qualifié sur Fennec, il doit obtenir la qualification Puma avant de rejoindre son futur régiment. Ayant déjà réalisé des pannes moteur avec un Fennec, hélicoptère biturbine, il s’agit uniquement d’une adaptation à la machine. Il a 306 heures de vol mais seulement 6 heures de vol sur Puma. Il a débuté sa formation théorique sur cet appareil le 20 mars et sa formation pratique la semaine précédant l’évènement. Sa progression sur Puma est jugée bonne par ses moniteurs.

**Le pilote stagiaire est déjà qualifié sur un autre hélicoptère bimoteur. Sa progression sur Puma est jugée bonne, ce qui est susceptible d’entraîner une baisse de vigilance de la part du moniteur.**

---

<sup>18</sup> QT : qualification de type.

### 2.3.3. Programme de la séance

La séance programmée correspond au deuxième vol traitant des procédures monomoteur (QT4). Lors de cette séance d'entraînement quatre types de procédures monomoteur sont prévus :

- exercice panne en stationnaire < 5 mètres ;
- exercice panne en stationnaire entre 5 et 10 mètres ;
- exercice panne au décollage sur terrain dégagé avant point de décision ;
- exercice panne au décollage sur terrain dégagé après point de décision.

L'exercice déclenché par le moniteur aboutissant à l'accident correspond à un exercice de panne à 5 mètres en stationnaire en rotation. Cet exercice n'est pas prévu dans le programme de la séance et n'a donc pas été préparé par le stagiaire pilote lors de la planification du vol.

De surcroît, cet exercice ne fait pas partie du catalogue d'exercices pratiqués au sein de l'EALAT.

En rajoutant un exercice non prévu et donc non préparé par le stagiaire pilote, le moniteur a placé ce dernier dans une situation inconnue alors qu'il n'est encore que peu expérimenté.

**L'exercice de panne initié par le moniteur n'est pas prévu dans le programme de la séance ; il ne fait pas non plus partie des exercices prévus au catalogue de formation de l'EALAT.**

### 2.3.4. Sous-évaluation des exigences de l'exercice

L'intention du moniteur de réaliser un exercice de panne alors que le pilote stagiaire est en virage a pour objectif de renforcer la maîtrise du cadencement lors d'une panne moteur par le stagiaire.

Pour le moniteur, cet exercice correspond à une panne simple en stationnaire à 5 mètres. L'exécution de l'exercice au cours de la rotation ne lui semble pas complexifier outre mesure la manœuvre. De plus, il juge que le pilote stagiaire possède les capacités suffisantes pour gérer ce type de panne.

Cependant, le traitement d'une panne moteur en stationnaire, en rotation, est plus complexe que lorsqu'elle se produit en translation ou lors d'un stationnaire sans rotation. Il exige une très bonne maîtrise du dosage des actions aux commandes, une analyse très fine de l'influence du vent et une parfaite exécution de la procédure de panne. En effet, en plus de la déstabilisation de l'hélicoptère consécutive à la panne, le pilote doit être capable de maîtriser la rotation.

Le pilote stagiaire qui, au cours de la séance, a eu à plusieurs reprises des difficultés pour contrer le cadencement naturel de la machine lors des exercices de pannes moteur, s'est retrouvé confronté à une panne moteur dont le point de complexité est précisément la maîtrise du cadencement.



Le moniteur voit passer des stagiaires de différents niveaux :

- jeunes pilotes fraîchement brevetés ;
- pilotes anciens devant être transformés sur l'hélicoptère.

Le caractère répétitif des séances, associé à la disparité des profils de stagiaires a amené le moniteur à surévaluer les compétences du pilote stagiaire.

**Le moniteur a sous-évalué les exigences d'un tel exercice et a placé le pilote stagiaire dans une situation complexe et inconnue.**

### 2.3.5. Attention du pilote stagiaire lors du déclenchement de la panne

Suite aux exercices réalisés, l'hélicoptère est en bout de piste. Le moniteur demande alors au stagiaire pilote de se repositionner au milieu de la piste afin de poursuivre la séance. Cette phase de repositionnement est particulière : elle est perçue par les pilotes stagiaires comme une phase de récupération voire de détente relative entre deux exercices tout en leur permettant d'acquérir de l'aisance aux commandes. Ainsi le pilote stagiaire ne s'attend pas à un exercice de panne à ce moment et a donc été surpris lors du déclenchement de la panne par son moniteur.

Par ailleurs, dans le programme de la séance, il est clairement stipulé que le moniteur doit initialement demander au stagiaire : « prêt pour l'exercice ? ». Le pilote doit ensuite répondre « prêt » et le moniteur annonce alors « panne » en même temps qu'il la déclenche. Il est donc prévu, à ce stade de la formation, qu'il y ait une phase de préparation mentale pour les stagiaires. L'objectif est de leur permettre d'avoir leur attention pleinement dirigée vers la résolution de la panne au moment du déclenchement de cette dernière.

Cette procédure est respectée à chaque exercice précédant l'évènement, permettant ainsi au stagiaire d'anticiper sa réaction face à la panne. Lors de l'évènement, le moniteur n'a pas communiqué avec le stagiaire pour l'avertir d'un exercice de panne et de la nécessité qu'il s'y prépare. L'objectif visé ici est de montrer au stagiaire qu'il peut faire face à ce même type de panne sans être forcément prévenu. Le moniteur souhaite placer l'élève dans des conditions qui se rapprochent d'une situation réelle (en créant un effet de surprise, comme une sorte de préparation opérationnelle). Ainsi lorsque le moniteur annonce « panne », le pilote stagiaire, concentré sur son pilotage, n'a pas son attention pleinement dirigée vers l'exercice de panne.

Lors des exercices de pannes précédents, le stagiaire a été repris à plusieurs reprises pour un problème de réaction insuffisante au cadencement naturel à gauche de l'appareil lors d'une panne monomoteur. Le pilote stagiaire, surpris par le moment choisi et l'absence de préparation, a vraisemblablement eu une réaction trop forte sur le palonnier droit dans le but de contrer le cadencement à gauche inhérent à l'exercice. Cette réaction un peu excessive suffit à déclencher un cadencement important à droite non souhaité.

**Le déclenchement d'une panne à un moment inattendu et sans annonce du moniteur a entraîné une réponse inadaptée de la part du pilote stagiaire dont les compétences relatives aux pannes moteurs sur Puma ne sont pas encore automatisées.**

#### 2.3.6. Conscience de la situation : conditions météorologiques

A l'alignement, le vent donné à l'équipage est du 150° pour 13 kt. Le sens du vent est globalement confirmé par l'équipage lorsqu'il passe à côté de la manche à air principale de l'aérodrome. Pour le moniteur, la force du vent semble plus importante compte tenu de la position horizontale de cette dernière.

Le moniteur fait part au pilote stagiaire de sa confiance quant au bon déroulement des exercices avec un vent de face suffisamment important. D'autres aéronefs sont déjà en vol et réalisent la même séance de panne moteur. Le moniteur fait remarquer au pilote stagiaire que les hélicoptères s'arrêtent très facilement.

Une fois axé sur la piste 13, l'équipage bénéficie d'un vent quasiment de face. Il débute les différents exercices de panne moteur. Arrivé à l'extrémité de la piste, pour poursuivre les exercices, le moniteur demande au pilote stagiaire d'aller se repositionner plus en amont sur la piste (à proximité de la bretelle F).

Une petite manche à aire secondaire est présente en bout de piste 13 (cf. § 1.10). Elle est très difficilement visible de la piste (petite, éloignée et positionnée en bordure de forêt) sauf à y porter une forte attention pendant plusieurs secondes. Ainsi il est très difficile d'évaluer le sens et la force du vent à partir de cette manche à air. En outre, lorsque le vent est du secteur est-sud-est les arbres à proximité de celle-ci masquent le vent rendant les indications peu pertinentes. Ainsi même si l'attention de l'équipage s'était portée sur cette manche à air, ses caractéristiques ne lui auraient pas permis d'obtenir une information précise sur l'orientation du vent.

Alors que l'hélicoptère est en rotation pour se repositionner, le moniteur décide de déclencher une panne.

Selon le pilote stagiaire, la panne est déclenchée alors qu'il a déjà remonté la piste et qu'il débute une rotation sur la gauche afin d'aligner à nouveau l'hélicoptère en piste. Selon le moniteur la panne a été déclenchée alors que le pilote stagiaire effectuait son premier virage vers la droite pour débiter la remontée de la piste.

Dans les deux cas, le pilote se retrouve en travers de la piste et face aux hangars de maintenance (cf. figure 15). Si le vent était orienté au 140°, comme au début de la séance, celui-ci aurait été du travers gauche. Cependant, lors de l'évènement le vent était du 110°. Il était donc orienté de secteur arrière.

Un vent de secteur arrière rend plus délicate la gestion d'une panne moteur.

**La conscience erronée des conditions météorologiques a conduit le moniteur à déclencher une panne dans des conditions non optimales pour la réussite d'un tel exercice.**

### 2.3.7. Supervision

Les témoignages recueillis au cours de l'enquête ont permis d'établir que l'exercice de panne moteur en rotation était pratiqué uniquement par un nombre réduit de moniteurs. Cet exercice leur a été démontré au cours de leur carrière par des moniteurs plus anciens.

Cet exercice ne fait pas partie du référentiel de formation de l'EALAT. Pour l'ajout au référentiel, il est prévu que l'exercice soit présenté à une commission de standardisation qui en évalue la pertinence, au regard des objectifs de formation et des risques associés. Le cas échéant, l'exercice est ajouté au référentiel avec les consignes de sécurité associées. L'absence de fiche pédagogique formalisée pour cet exercice pose la question de sa pertinence et prive les moniteurs d'un cadre adapté à sa réalisation (notamment concernant les consignes relatives au vent de travers et à la masse).

Jusqu'à l'évènement la pratique relativement confidentielle de cet exercice, révélée par l'accident, n'avait pas fait l'objet de l'attention de l'encadrement. Ainsi celui-ci n'a pas pu évaluer la pertinence de l'exercice ni les risques associés. De ce fait il n'a pas pu mettre en place les mesures adaptées d'atténuation du risque.

**La pratique d'un exercice de panne moteur en rotation, par un groupe restreint de moniteurs, en l'absence de cadre défini et sans en informer la direction de l'école, a empêché la mise en place de mesures de protection et d'atténuation du risque.**

PAS DE TEXTE

### 3. CONCLUSION

L'évènement est une perte de contrôle lors d'un exercice de panne moteur déclenché par surprise lors d'un demi-tour en stationnaire.

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

Au Luc, le 25 avril 2017 à 14h45 un équipage composé d'un moniteur, d'un mécanicien navigant et d'un pilote stagiaire décolle à bord d'un Puma pour une mission d'instruction consacrée aux procédures monomoteur.

Après environ trente minutes de travail sur la piste 13, le moniteur initie un exercice de panne sans pré-alerter le stagiaire au cours d'un demi-tour en stationnaire à 5 mètres du sol. L'équipage ressent alors un fort cadencement à droite associé à un enfoncement. Le moniteur reprend les commandes mais ne parvient pas à stabiliser l'aéronef avant l'impact avec le sol.

L'hélicoptère bascule sur son flanc gauche et s'immobilise sur la piste.

L'équipage évacue par ses propres moyens puis se regroupe au bord de la piste.

#### 3.2. Causes de l'évènement

L'accident est dû à la combinaison des facteurs suivants :

- l'équipage pense subir un vent de la gauche avec une légère composante avant, alors qu'en réalité le vent vient de la gauche avec une légère composante arrière ;
- la maîtrise de l'hélicoptère en stationnaire est très délicate avec un vent arrière gauche, notamment en panne moteur.
- l'exercice est déclenché de manière impromptue, ce qui surprend le stagiaire pilote encore en phase d'acquisition des automatismes ;
- l'exercice pratiqué n'est pas prévu au catalogue des exercices de panne de l'EALAT et il n'a pas fait l'objet d'une étude des risques appropriée.

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

Le manuel de vol n'est pas cohérent avec le manuel de maintenance pour la procédure de contrôle des performances des GTM en PMD et PMU.

Les lests utilisés pour pratiquer les exercices de pannes moteur ne sont pas conformes au manuel des techniques courantes de la société Airbus Helicopters.

PAS DE TEXTE

## 4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

#### 4.1.1. Exercice de panne moteur en stationnaire en rotation

L'exercice de panne moteur aboutissant à l'accident a été réalisé en stationnaire et en rotation. Cette configuration induit des risques spécifiques notamment lorsque l'hélicoptère subit un vent du secteur arrière gauche. La pratique d'un tel exercice nécessite une analyse des risques afin d'en évaluer la pertinence, et le cas échéant de déterminer les limitations appropriées.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de terre de mener une réflexion sur l'intérêt de pratiquer un exercice de panne moteur en stationnaire en rotation, et le cas échéant d'en préciser les conditions de réalisation.**

**R1 – [T-2017-07-A]**

#### 4.1.2. Exercice de panne non prévu au catalogue

L'exercice réalisé ne fait pas partie du catalogue d'exercices de l'EALAT. Il est néanmoins pratiqué au moment de l'évènement par un petit groupe de moniteurs. Ces moniteurs ont eux-mêmes été instruits par leurs anciens de cette façon. La pratique de cet exercice aurait dû être soumise à l'approbation de l'encadrement de l'EALAT.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de terre de mettre en place un mécanisme de consultation des moniteurs et de supervision permettant l'évolution du catalogue d'exercices et le contrôle de son respect.**

**R2 – [T-2017-07-A]**

#### 4.1.3. Réalisation d'un exercice de panne sans prévenir le stagiaire

L'exercice est réalisé sans prévenir le stagiaire alors en cours d'acquisition des mécanismes. La surprise générée pour un stagiaire en début de progression sur Puma a contribué à la survenue de l'évènement.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre d'évaluer la pertinence du déclenchement par surprise d'un exercice de panne et le cas échéant d'en préciser les modalités (niveau dans la progression, phase de vol...).

R3 – [T-2017-07-A]

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

### 4.2.1. Conformité entre le manuel de maintenance et le manuel de vol

L'enquête a montré que le manuel de maintenance (MAT 8582) a été mis à jour suite à la révision normale n°11 émise par la société Safran HE (réglage et contrôle des PMD et PMU). Le manuel de vol n'ayant pas été mis à jour à cette occasion, il existe une inadéquation entre ces deux documents.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à la DGA de demander à la société Airbus Helicopters de mettre en conformité le manuel de vol (MAT 8580) avec le manuel de maintenance (MAT 8582) pour le réglage et le contrôle des butées PMD et PMU, en s'appuyant sur la révision n° 11 de la société Safran HE.

R4 – [T-2017-07-A]

### 4.2.2. Réduction du GTM 2 en exercice de panne moteur

L'enquête a démontré que la raison justifiant la réduction du GTM 2 en exercice de panne était inconnue de la plupart des moniteurs. Les textes relatifs à la réalisation de tels exercices stipulent simplement la procédure sans l'expliquer. Cette consigne a été mise en place en 2000 suite à la constatation de dégradations sur les BTP des hélicoptères utilisés pour l'entraînement aux pannes moteurs.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de terre de documenter l'explication de la réduction du GTM 2 en exercice de panne et de faire un rappel à ses moniteurs sur cette procédure visant à la préservation de l'équipement.

R5 – [T-2017-07-A]



#### 4.2.3. Lests

Les lests utilisés lors de la séance sont réalisés et installés à bord conformément à la fiche de renseignements FR 2485 A. Les prescriptions de cette fiche ne sont plus conformes aux pratiques recommandées par le constructeur.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de terre de prendre en compte les préconisations du manuel des techniques courantes d'Airbus Helicopters (composition et arrimage des lests) pour l'exécution de séances de panne moteur.**

**R6 – [T-2017-07-A]**

#### 4.2.4. Lot de bord

Lors de l'évènement il a été constaté que des objets appartenant au lot de bord (cales, échelle, piquets de bâchage en campagne) se sont retrouvés libres dans la soute. Ceux-ci auraient pu représenter un danger pour l'équipage.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'armée de terre de mettre en place un système de rangement du lot de bord évitant sa libération dans la cabine lors d'un impact.**

**R7 – [T-2017-07-A]**

#### 4.2.5. Enregistreur de données de vol

Les hélicoptères Puma de l'armée de terre ne sont pas équipés de moyens d'enregistrement. La compréhension du mécanisme de cet évènement repose d'une part sur les témoignages recueillis auprès de l'équipage et d'autre part sur des expertises techniques poussées qui auraient pu être évitées en présence d'un enregistreur de données.

En conséquence, le BEA-É recommande :

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

**R8 – [T-2017-07-A]**

## ANNEXES

ANNEXE 1	Fiche de la séance QT 4 .....	43
ANNEXE 2	Fiche de renseignements FR 2485 A.....	45
ANNEXE 3	Extrait du manuel des techniques courantes.....	52
ANNEXE 4	Extrait du MAT 8580 manuel de vol .....	53
ANNEXE 5	Extrait du MAT 8582 manuel de maintenance .....	55

## ANNEXE 1

### Fiche de la séance QT 4

EALAT / DIVISION JAR

# QT 4

**SEANCE : PROCEDURES MONOMOTEUR TYPE CP2 (durée 1.2)**

**(MASSE MAX SECU ENVIRON 6T700)**

- Stationnaire <5m et <10m
- Terrain dégagé au décollage
- Terrain dégagé à l'atterrissage
- Démonstration opérations terrain ponctuel CP2

#### **BRIEFING:**

- Rappel sur les trajectoires
- Rappel sur les procédures normales et anormales
- Exploitation des courbes
- Le pas refuge et son calcul
- Les puissances d'urgence

**PMU école =PMD (99,8 %)**

**PIU école = PMC (98 %)**

Documentation de référence :

- MAT 8580
- Cours PREP HM
- Guide moniteur

#### **DEROULEMENT DE LA SEANCE :**

- Calcul du pas refuge exercice (+ 0,5 °) au 1er stationnaire
- Vérifications moteurs.

##### **1. Exercice panne stationnaire < à 5 m.**

Démonstration par le moniteur.  
Insister sur : Assiette 3 points, non dérapage sol.  
Restitution par le stagiaire.

##### **2. Exercice panne stationnaire entre 5 et 10 m.**

Démonstration par le moniteur.  
Insister sur: Diminution mesurée du PG (0.5° Max vers Pas refuge si nécessaire).

**3. Exercice panne au décollage sur terrain dégagé avant PDAD.**

Démonstration par le moniteur.

Insister sur: Dosage des actions aux commandes en fonction de la distance d'arrêt disponible.

Cabré de l'ordre de 10° pour terrain carrossable pouvant évoluer jusqu'à 12 et éventuellement 15° si non carrossable ou distance restante courte.

Restitution par le stagiaire.

**4. Exercice panne au décollage sur terrain dégagé après PDAD.**

Démonstration par le moniteur.

Insister sur : affichage de l'assiette 80 et pilotage au PG des 250 tours/min.

**5. Exercice panne à l'atterrissage sur terrain dégagé avant ou après PDAD.**

Insister sur la prise de décision en fonction de la situation.

Le première poursuite à l'atterrissage donnera lieu à un poser roulé.

En fin de séance finir par au moins un exercice sur terrain non carrossable.

**6. Démonstration du décollage et de l'atterrissage sur aire de poser ponctuelle type CP2.**

Décollage :

Insister sur l'affichage de l'assiette à piquer puis du pas refuge.

Atterrissage :

Insister sur le pilotage de la trajectoire jusqu'à la fenêtre.

Bien dissocier point de décision et début de l'action de pilotage.

Enchaîner les exercices 4 et 5 en fonction des délais et des contraintes de contrôle.

Suivant les délais, restitution 2 fois ou plus par le stagiaire des exercices.

**CONSEILS AUX MONITEURS :**

- Bien insister sur le fait qu'en CP2, il n'y a plus de TCD. On parle bien de vitesse de sécurité. Et que c'est la masse qui fait passer de l'une à l'autre.
- Les surpuissances sont éteintes pendant les exercices mais seront armées lors de toutes les mises en place. Appliquer les limitations suivantes :
  - PMU école = PMD (99,8 %)**
  - PIU école = PMC (98 %)**
- Attention à la routine, rester vigilant. Avant chaque mise en stationnaire, vérifier : manettes vers l'avant, PA sur marche, surpuissances enclenchées
- Les exercices vent arrière sont interdits.
- Eviter d'effectuer cette séance sous la pluie ou sur piste détremée.
- Piste 09/27 : pas plus de 2 appareils
- Piste 13/31 : pas plus de 3 appareils dont deux du même type
- Régulation entre appareils sur UHF interne

## VERIFICATIONS AVANT EXERCICES PROCEDURES D'URGENCE SUR SA330

### AVANT LE VOL :

Masse  $\leq$  67000 kg.  
 RADAR démontés, inscription sur les formes 11.  
 (Attention, évolutions probables selon directives de la chaîne de commandement du Matériel !).  
 Charges arrimées, tension des chaînes vérifiée.  
 Cache BTP enlevé, ainsi que tout objet pouvant s'envoler à l'intérieur de la soute.  
 Portes de soute ouvertes, verrouillées à l'avant.  
 Système capote VSV entièrement démonté.  
 Calculs des NG max et mini des moteurs avec la courbe.

### AVANT LE DEBUT DE LA SEANCE :

SSIS alertée, VIP positionné conformément au CPUT local.  
 Harnais bloqués  
 Radios pilote et MVAVT limitées au strict minimum.  
 EAP fermées, chauffage et ventilation sur arrêt  
 Nadir sur veille  
 Essais moteurs :  
 - Réduire la T2  
 - Surpuissances éteintes, amener Nr à 250 tr/min, vérifier Ng dans les courbes et lire le pas refuge exercice, baisser le pas.  
 - Surpuissances allumées, amener Nr à 250 tr/min, vérifier Ng dans les courbes et lire le pas refuge réel, baisser le pas puis remonter la turbine.  
 - Si Ng hors courbe, annuler la séance.  
**Roulette bloquée dans l'axe, freins libres pour l'ensemble de la séance.**

### BRIEFING EQUIPAGE :

Rappel des exercices à effectuer.  
 Répartition des tâches, phraséologie :

- Le moniteur demande :	<b>Prêt pour l'exercice ?</b>
- Le pilote répond :	<b>Prêt !</b>

- Le moniteur coupe ou fait couper les surpuissances, remet les mains à proximité des commandes et au moment choisi annonce : **Panne !**  
 - Le MVAVT réduit la turbine  
 - Le MVAVT annonce les NR. Il doit porter une attention particulière à la surveillance des paramètres moteurs (T4, NG, NR, T° GTM et BTP). Il garde la main sur la manette de débit et doit être prêt à la remonter si :

- VI < 50km/h et Nr < 245 tr/min
- Annonce « MOTEUR » par le moniteur
- Problème sur moteur gauche
- Doute du MVAVT.

## ANNEXE 2

Fiche de renseignements FR 2485 A



DIRECTION CENTRALE  
DU MATERIEL

BUREAU  
AEROMOBILITE

# FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° 2485 A

**TYPE DE MATERIEL:** HELICOPTERES PUMA SA 330 BA - COUGAR AS 532 UL.

**OBJET:** STRUCTURE.  
LEST POUR VOLS DE CONTROLE EXECUTES PAR LE NTI2.  
ARRIMAGE DES CHARGES SUR LE PLANCHER DE SOUTE.

**REFERENCE(S):** RTS N° 44/1°GS.ALAT DU 17.11.77.  
RTS N° 9/ESAM DU 21.06.93.  
RTS N° 85/9°RSAM/1°CSR/93.

La présente FR annule et remplace la FR 2485 et son modificatif.

édition: 10.1993

## FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° 2485 A

**TYPE DE MATERIEL** : HELICOPTERES PUMA SA 330 BA ET COUGAR.

**OBJET** : STRUCTURE,  
LEST POUR VOLS DE CONTROLE EXECUTES PAR LE NTI2.  
ARRIMAGE DES CHARGES SUR LE PLANCHER DE SOUTE.

**REFERENCES** : RTS N° 44/1°GS.ALAT DU 17.11.77.  
RTS N° 9/ESAM DU 21.06.78.  
RTS N° 85/9°RSAM/1°CSR/93.

### 1. GENERALITES

Pour effectuer le contrôle et le réglage des régimes de rotation maximale et de surpuissance du générateur de gaz :

- lors de la pose sur un appareil d'un GTM neuf ou révisé et après échange du régulateur ou du dispositif de correction barostatique du NG maximal.
- au cours des vols techniques après visite périodique.

il est nécessaire de lester les hélicoptères PUMA SA 330 et COUGAR.

### 2. MODE OPERATOIRE

Réalisation du lest et arrimage sur le plancher de soute.

#### **A. REALISATION DES CHARGES**

##### 1. Description (voir annexe 1)

Le lest est constitué de deux charges de 600 Kg chacune que l'on peut verrouiller ensemble pour éviter le déplacement de l'une par rapport à l'autre.

Chaque charge est constituée d'un caisson en tôle soudée fixé à demeure sur une palette métallique permettant la manutention par chariot élévateur.

Quatre anneaux soudés sur la partie supérieure permettent la manutention par moyen de levage et servent à l'arrimage dans l'appareil.

**2. Matériel nécessaire**

- Tôle de 10 mm : 011 345 100 100
- Fer rond Ø 16 : 011 330 025 100
- Fer rond Ø 10 : 011 330 010 100
- Tube rectangulaire 100 x 50 x 2 : S. N.
- Tube carré de 30 x 30 x 2 : S. N.
- Epingle L 53 202 2040 BCL : (F3000 9191 3467)
- Béton, bloc de pierre :

**3. Réalisation d'une charge** (voir annexe 1)

- Réaliser le caisson en tôle soudée.
- Poser le caisson sur une bascule ou le suspendre à un peson à l'aide des anneaux (dynamomètre force 2000 kg pour pesée des aéronefs 3475 01).
- Charger le caisson avec des blocs de pierre ou de la ferraille noyée dans du béton.
- Tenir compte de la réduction de poids pour obtenir 600 kg quand le béton est sec. Utiliser le minimum de béton pour réduire les erreurs (environ 150 kg).

**4. Système de verrouillage des caissons** (voir annexe 1)

Les deux charges sont verrouillées par 2 étriers.

**B. ARRIMAGE DES CHARGES SUR LE PLANCHER DE SOUTE** (voir annexes 2 et 3)

Les charges sont arrimées sur le plancher de la soute par 6 crochets tendeurs d'arrimage AA11 nomenclaturés 1670 14 233 5058 (1).

**MODE OPERATOIRE**

- Mettre les charges sur le plancher de la soute.
- Verrouiller les 2 charges avec les étriers.
- Mettre les épingles.
- Arrimer les charges avec les crochets tendeurs d'arrimage en utilisant les anneaux de plancher.

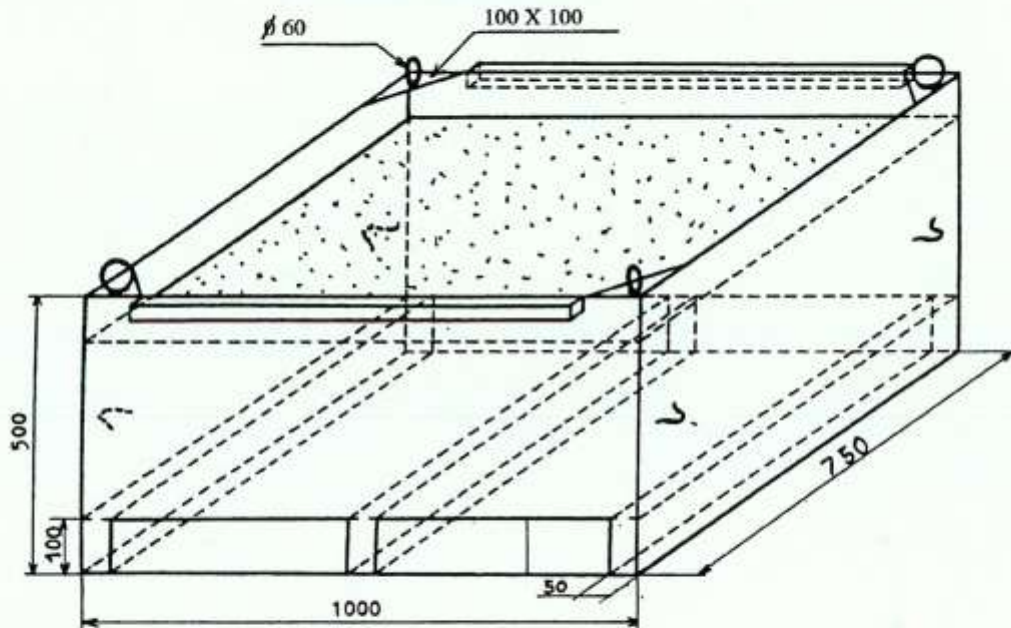
**(1) A commander par les organismes concernés au SCA.**



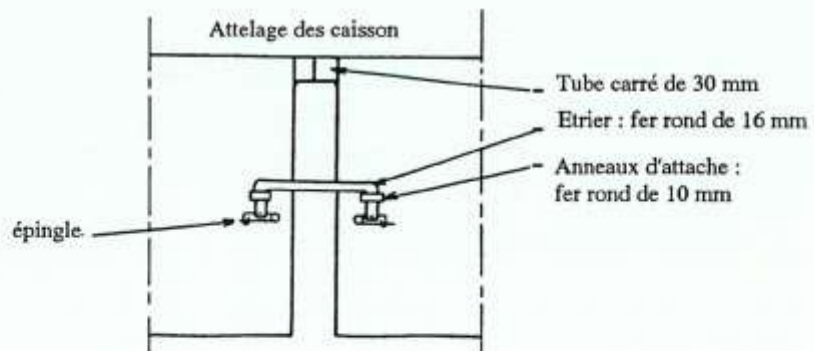
## FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° 2485 A

### Annexe I : CHARGE DE 600 Kg

1) - Porter la largeur du caisson de 700 mm à 750 mm (pour obtenir une pression maximale de 800 Kg/m<sup>2</sup>)



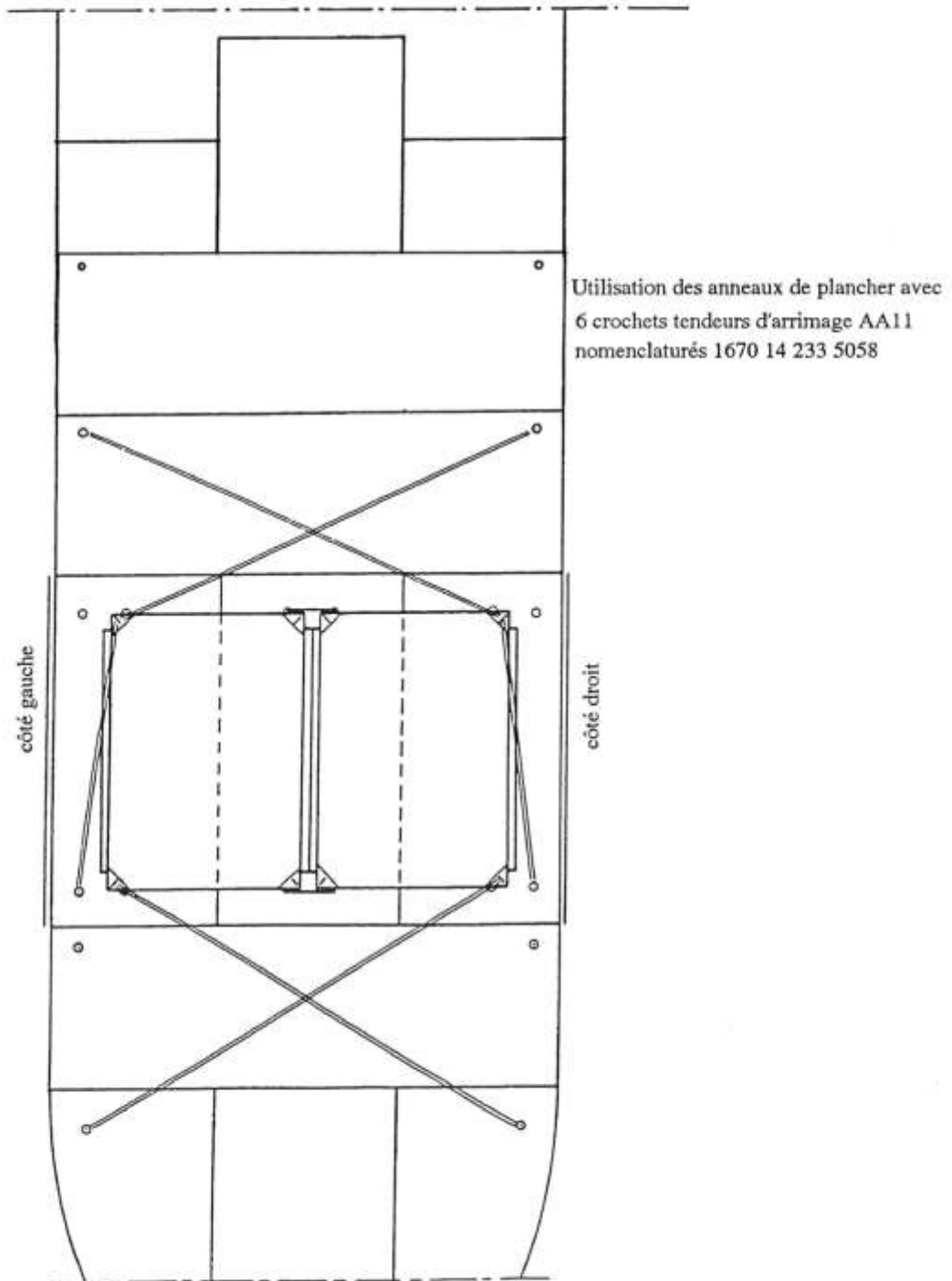
- Caisson en tôle Adx de 10 mm
- Longérons inférieurs : tube rectangulaire 100X50 mm.
- Goussets porte-anneaux : tôle Adx de 10 mm.
- Anneaux : fer rond de 16 mm.



"Pour éviter les détériorations du planche lors de la manutention, une plaque d'aggloméré (épaisseur 20mm) peut-être fixée sous le caisson".

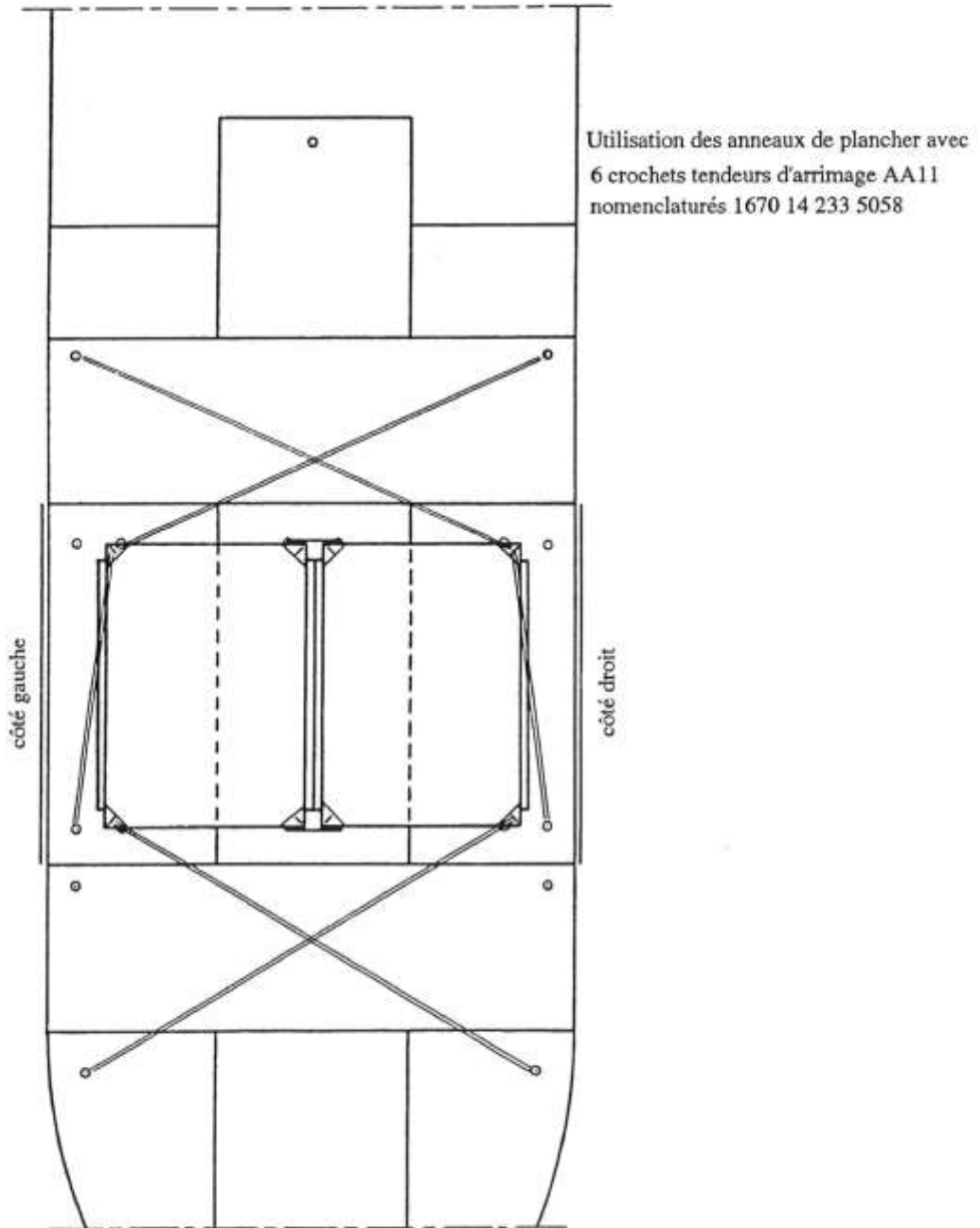
FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° 2485 A

Annexe 2: SCHEMA D'ARRIMAGE DES CHARGES SUR COUGAR



FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° 2485 A

Annexe 3 : SCHEMA D'ARRIMAGE DES CHARGES SUR SA 330



## ANNEXE 3

### Extrait du manuel des techniques courantes



MANUEL DES TECHNIQUES COURANTES ALL

### Chargement

#### 201. Disposition pour chargement de lest lors d'essais en vol

##### A. INSTALLATION DE LEST

Pour certains vols de contrôle, il est nécessaire de mettre du lest dans les appareils pour en modifier la charge et le centrage.

##### (1) Nature du lest

1. Les lingots ou gueuses en métal amagnétique fixés au plancher de l'appareil par l'intermédiaire de bacs spéciaux.
2. Réservoirs remplis d'eau.
3. Sacs remplis de grenaille de plomb ou de matériaux amagnétique.
4. Le lest devra être contenu à l'intérieur des sacs sans mouvement.

##### (2) Fixation du lest

- Les sacs de lest sont uniformément répartis sur le plancher et amarrés par l'intermédiaire de filets aux anneaux des planchers, tenir compte de la charge maxi au m2 autorisé.
- L'amarrage du lest doit être suffisant pour éviter tout déplacement en vol ou à l'atterrissage. Sécuriser celui-ci avec filets et cordage nylon Ø 12.

##### **NOTA**

*Ne pas employer de chaînes.*

- Certains cas de centrage demandent l'utilisation d'outillages spéciaux ou masses spéciales.

##### B. INSTALLATION DE MESURE

De même que pour le lest, toute installation de mesure doit être amarrée (valise de test, ampli strobo ou de mesures de vibrations).

**20-07-05-201**

**FIN DE MODULE**

Page 1  
2010.07.30

ANNEXE 4

Extrait du MAT 8580 manuel de vol

M A T / 8580

FICHE	HELICOPTERE : PUMA					ESSAIS	
3 1/2	TYPES		330 Ba				AU SOL
VERIFICATION DES REGIMES MAXI. DES G.T.M.							
- Appareil au sol, lesté à la masse maxi autorisée - Vent calme ou léger vent de face - Circuits antigivrage et rech. cabine sur arrêt					TEMP.EXT.	PRESS.ATM. OU ALT.PRESS.	
ESSAIS OU PARAMETRES A RELEVER		RESULTATS A OBTENIR			RESULTATS OBTENUS		
- Butée de décollage non éclipsées  - Manette de débit du GTM à vérifier en butée avant l'autre en butée arrière. - Augmenter progressivement le pas général jusqu'à diminution du NR à 250 tr/mn.  - Stabiliser le régime pendant 20 s. et noter le régime obtenu (décollage).  - Eclipser la butée  - Augmenter progressivement le pas général jusqu'à diminution du NR à 250 tr/mn.  - Stabiliser le régime pendant 20 s. et noter le régime obtenu (régime maxi d'urgence).		En fonction des conditions ambiantes déterminer les valeurs "Butée décollage" et "maxi d'urgence" sur la planche jointe.				GTM 1	GTM 2
					Ng Décol.		
						GTM 1	GTM 2
					Ng MAXI URG.		
<p><b>NOTA 1 :</b> En cas de réglage défectueux, se reporter aux cartes de travail 735 M et 735 W du MAT 8582.</p> <p><b>NOTA 2 :</b> Pour certaines conditions ambiantes, la limite de débit peut-être obtenue avant que ne soit atteinte la vitesse générateur recherchée. Les valeurs correspondantes approximatives sont données par la planche jointe pour différentes pressions atmosphériques.</p> <p><b>OBSERVATIONS :</b> Au cours d'un vol, contrôler le Ng décollage à 4000 m. La dérive maxi autorisée est de +150 tr/mn et -0 tr/mn par rapport aux valeurs sol. Un contrôle du régime maxi d'urgence peut être également effectué en altitude sans toutefois rechercher la valeur de la butée, les seules limites étant celles définies par la planche 1 de la SECTION 3.2</p>							

330 Ba

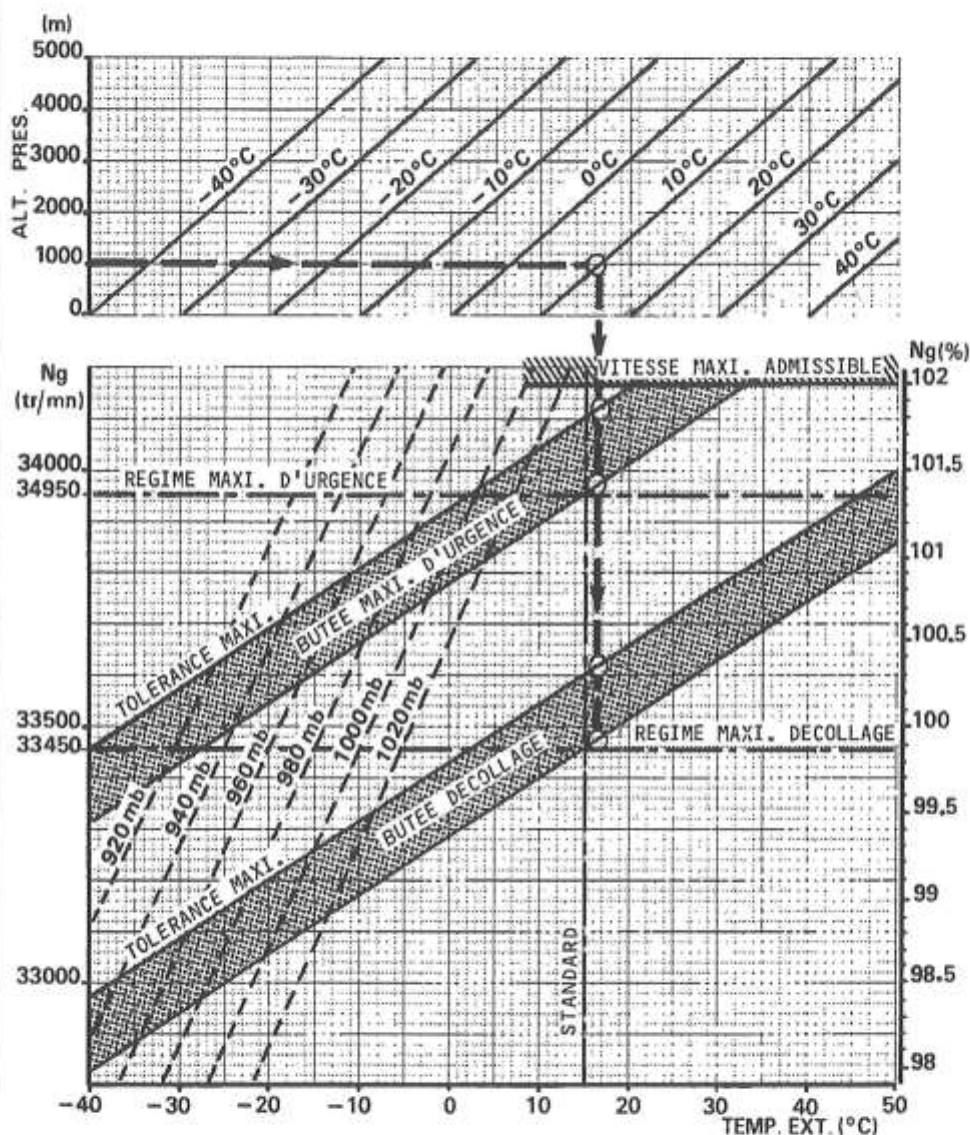
9.2

94-08

Page 5

FICHE	HELICOPTERE : PUMA				ESSAIS
3 2/2	TYPES		330 Ba		AU SOL

REGLAGE DES BUTEES DECOLLAGE ET MAXI D'URGENCE



- EXEMPLE 1 :** Altitude pression 1000 m - Temp. ext. : +10°C
- La butée décollage devra être comprise entre 33465 tr/mn ou 99,9 % et 33615 tr/mn ou 100,3 %.
  - La butée maxi d'urgence devra être comprise entre 33965 tr/mn ou 101,3 % et 34115 tr/mn ou 101,8 %.

- EXEMPLE 2 :** Pour une pression de 1000 mb, la limite de débit sera atteinte à environ :
- moins 2°C pour le maxi d'urgence,
  - moins 21°C pour le maxi décollage.

ANNEXE 5

Extrait du MAT 8582 manuel de maintenance

CARTES RAPPELEES	Contrôle	<p>CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"</p> <p>....., Voir consignes générales</p> <p><b>A. CONSIGNES AVANT REGLAGES</b></p> <p>Le contrôle de la valeur de réglage de la "butée décollage" doit impérativement être effectué à l'aide d'un fréquencesmètre.</p> <p><b>B. NOTAS IMPORTANTS</b></p> <p>1. Limite débit carburant</p> <p>La limite de débit carburant du régulateur pourra être atteinte pour certaines conditions ambiantes, avant que les vitesses du générateur recherchées ne soient atteintes et ceci bien que les puissances garanties soient obtenues.</p> <p>La Figure 3 permet de déterminer l'altitude minimum à respecter pour ne pas atteindre cette limite de débit carburant.</p> <p>2. Stabilisation du régime</p> <p>Lors du contrôle, stabiliser le régime sur la butée pendant 20 secondes avant de noter la valeur obtenue. Durant la stabilisation pour une puissance fournie constante, une légère augmentation du NG peut être constatée.</p> <p>3. Limitation vitesse de rotation du générateur de gaz</p> <p>Au cours des contrôles, les consignes concernant les survitesses tolérées en fonction du temps de maintien en survitesse devront être respectées (se reporter à la Figure 4).</p>	Exécutants	Temps	TURMO III C4	
			Mécanicien : 1		735-M	1/12
			Moyens nécessaires			
			<p><u>Outillages commun</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trousse MECANICIEN MOTEUR</li> </ul> <p><u>Outillages spéciaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquencesmètre Réf. 8814141000</li> <li>- Faisceau Réf. 8814086000</li> <li>- Outillage de réglage à distance de la butée Réf. 8814411000</li> </ul> <p><u>Ingrédients :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fil à freiner inoxydable de 6/10</li> </ul>			
		Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.	MAT 8582	AOUT 2011		

CARTES RAPPELEES	Contrôle	<p>CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"</p> <p><b>C. METHODE DE CONTROLE</b></p> <p>1. Procédure de contrôle</p>	TURMO III C4		
			735-M	2/12	
		Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.	MAT 8582	AOUT 2011	

CARTES RAPPELEES	Contrôle	CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"	TURMO III C4	
			735-M	3/12
		<p>2. Fréquencemètre</p> <p>Ce fréquencemètre est destiné à effectuer des mesures de vitesse de rotation et des mesures de débit carburant sur moteur avionné.</p> <p>Une notice détaillée jointe à l'appareil donne toutes les informations nécessaires à son utilisation.</p> <p>La valeur à afficher est :</p> <p>. générateur : 3,973</p> <p>3. Faisceau</p> <p>Ce faisceau permet le raccordement du fréquencemètre aux indicateurs NG1 et NG2 du tableau de bord.</p> <p>Chaque brin secondaire du faisceau comporte une prise mâle et une prise femelle, permettant la lecture simultanée sur le fréquencemètre et sur l'indicateur de bord.</p> <p>4. Outillage de réglage à distance</p> <p>Un mécanisme de transmission composé de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un moto-réducteur alimenté en 28 V,</li> <li>- un flexible de transmission,</li> <li>- un renvoi d'angle se fixant sur le point de réglage du régulateur.</li> </ul> <p>Un boîtier de commande comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un faisceau d'alimentation en 28 V connectable sur une prise hélicoptère.</li> <li>- un boîtier équipé de deux faisceaux permettant le réglage des deux moteurs au cours d'un même vol : <ul style="list-style-type: none"> <li>- un fusible de 5 A,</li> <li>- un voyant indiquant la mise sous tension,</li> <li>- quatre boutons poussoir permettant de modifier les valeurs de vitesse en plus ou en moins sur les deux moteurs.</li> </ul> </li> </ul>		
Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.			MAT 8582	AOUT 2011

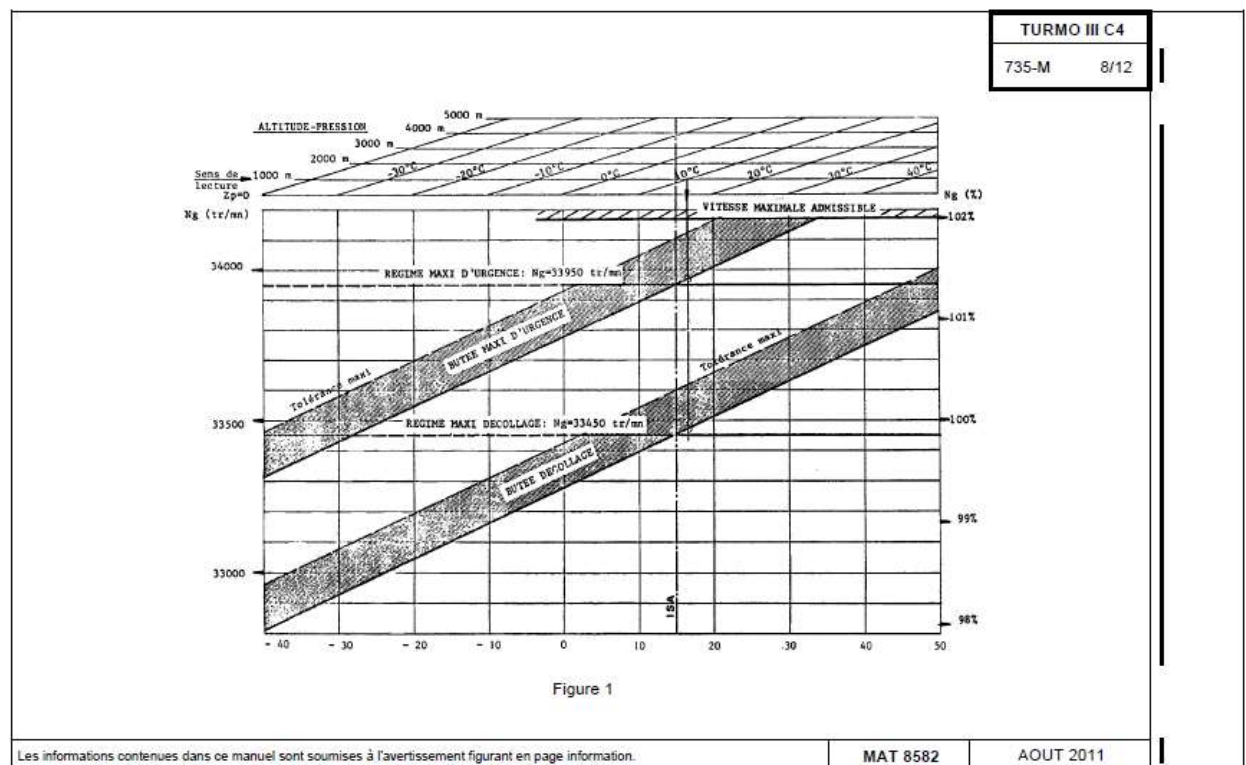
CARTES RAPPELEES	Contrôle	CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"	TURMO III C4	
			735-M	4/12
		<p>5. Mise en place du boîtier de commande</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Placer celui-ci au niveau du siège co-pilote ou mécanicien.</li> <li>b) Faire cheminer le ou les faisceaux de raccordement par les vitres coulissantes des portes, puis par les ouvertures dans les capots au niveau des voyants d'huile réservoir.</li> <li>c) Fixer ces faisceaux afin d'éviter tout battement au niveau des commandes de vol.</li> <li>d) Connecter le faisceau du boîtier à la prise 28 V de l'hélicoptère.</li> <li>e) Mettre le réseau de bord sous tension, le voyant "vert" doit s'allumer.</li> </ol> <p>6. Mise en place du mécanisme de transmission (Figure 5)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Fixer le moto-réducteur (6) sur les tuyauteries de drainage/mise à l'air libre du réservoir d'huile, accessoires carburant.</li> <li>b) Mettre en contact la partie supérieure du support avec la tuyauterie de drainage porte-injecteur (8) et verrouiller à l'aide de la grenouillère (7).</li> <li>c) Connecter la prise du faisceau de raccordement (5) sur le moto-réducteur (6).</li> </ol> <p>7. Mise en place du flexible de transmission (Figure 5)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Sur le régulateur au niveau du point de réglage, défreiner les vis (1) et (3) ; déposer la vis (3).</li> <li>b) Orienter la fente de la vis de réglage (1) en fonction de l'entraîneur du renvoi d'angle (4).</li> <li>c) Positionner le renvoi d'angle (4) sur le couvercle (2) et le fixer à l'aide de la vis ; le corps du renvoi d'angle (4) doit venir en contact sur le couvercle (2).</li> </ol>		
Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.			MAT 8582	AOUT 2011

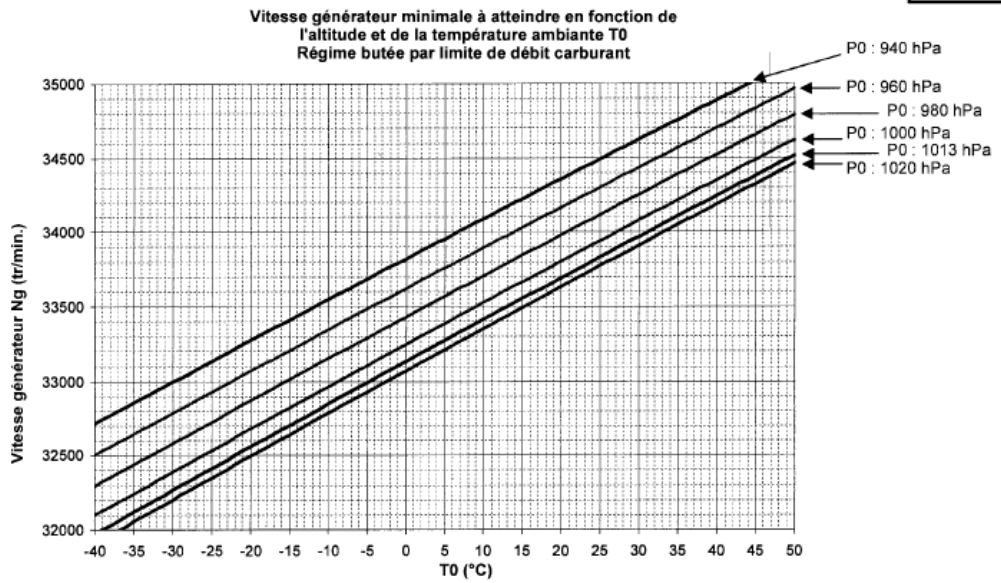


CARTES RAPPELEES	Contrôle	CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"	TURMO III C4	
			735-M	5/12
		<p><b>D. RÉGLAGES</b></p> <p>1. Moteurs en fonctionnement</p> <p>a) Etape 1</p> <p><b>ATTENTION</b> : RESPECTER LES LIMITATIONS DONNEES PAR LA FIGURE 4.</p> <p>Le contrôle s'effectuera au sol dans les conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hélicoptère lesté à la masse maximale autorisée,</li> <li>- un pilote habilité aux commandes,</li> <li>- vent calme ou léger vent de face,</li> <li>- circuits antigivrage et réchauffage cabine sur "ARRET",</li> <li>- butée décollage non éclipsée.</li> </ul> <p><b>NOTA</b> : Lors du réglage de la "butée décollage", afin de ne pas maintenir des régimes élevés pendant une durée importante, il est conseillé d'effectuer une lecture puis de diminuer le NG pendant la phase de réglage.</p> <p>1) Réglage avec l'outillage de réglage à distance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S'assurer que le GTM à contrôler est au ralenti vol et que l'autre GTM est au ralenti sol. Augmenter progressivement le pas collectif jusqu'à une diminution du NR à 250 tr/min.</li> <li>- Stabiliser 20 secondes, noter le régime obtenu. La valeur à obtenir est celle définie par la Figure 1. Exemple : A l'altitude pression de 1000 m et pour une T° de + 10°C :</li> <li>- La butée décollage devra être comprise entre 33465 tr/min. et 33615 tr/min.</li> <li>- Si les valeurs lues sont trop faibles, appuyer sur le bouton poussoir "+" du boîtier de commande pour le moteur correspondant.</li> <li>- Si les valeurs lues sont trop élevées, appuyer sur le bouton poussoir "-" du boîtier de commande pour le moteur correspondant.</li> <li>- Si le régime NG n'est pas obtenu, se reporter à l'étape 2.</li> </ul>		
Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.			MAT 8582	AOUT 2011

CARTES RAPPELEES	Contrôle	CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"	TURMO III C4	
			735-M	6/12
		<p>2) Réglage sans outillage de réglage à distance (Figure 5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Défreiner la vis de réglage (1)</li> <li>- Agir sur la vis de réglage (1) en vissant pour augmenter la vitesse. Positionner la vis de réglage (1) de manière à ce que la fente se trouve en face d'un des trous de freinage du couvercle (2).</li> <li>- Si le régime NG n'est pas obtenu, se reporter à l'étape 2.</li> </ul> <p><b>NOTA</b> : Afin de permettre un calcul précis de la valeur de réglage à effectuer sans risquer que celui-ci ne soit faussé par le jeu du système de réglage, l'INTERVENTION SERA TOUJOURS FAITE DANS LE SENS AUGMENTATION DES TOURS EN VISSANT. Si la vitesse doit être diminuée, dévisser de la valeur désirée plus 4 tours afin d'assurer le contact de la vis de réglage dans le sens augmentation. Quatre tours de vis font varier les NG de 1 % environ.</p> <p>b) Etape 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si le régime NG relevé à l'étape 1 est supérieur ou égal à la vitesse minimale définie par le Figure 2, se reporter à l'étape 3.</li> <li>- Si le régime NG relevé à l'étape 1 est inférieur à la vitesse minimale définie par le Figure 2, faire le réglage de la butée décollage (se reporter à l'étape 1) ou faire une recherche de panne.</li> </ul> <p>c) Etape 3</p> <p><b>ATTENTION</b> : RESPECTER LES LIMITATIONS DONNEES PAR LA FIGURE 4.</p> <p>1) Faire le contrôle à une altitude minimale définie par la Figure 3.</p> <p>2) S'assurer que le GTM à contrôler est au ralenti vol et que l'autre GTM est au ralenti sol. Augmenter progressivement le pas collectif jusqu'à une diminution du NR à 250 tr/min.</p> <p>3) Stabiliser 20 secondes puis noter le régime NG obtenu. La valeur à obtenir est celle donnée en Figure 1. Si nécessaire, régler la butée décollage pour obtenir la valeur demandée (se reporter à l'étape 1).</p>		
Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.			MAT 8582	AOUT 2011

CARTES RAPPELEES	Contrôle	CIRCUIT DE DEMARRAGE ET DE CARBURANT Réglage de la "butée décollage"	TURMO III C4	
			735-M	7/12
735-MA		2. Au cours d'un vol, contrôler la dérive en altitude du contrôleur barostatique. 3. Remise en condition a) Déposer les équipements de réglage. <b>NOTA</b> : Lors de la dépose du renvoi d'angle (4), maintenir l'embase en contact sur le corps du régulateur afin d'éviter de modifier de façon importante la position de la vis de réglage (1). b) Visser et serrer la vis (3). c) Freiner en passant le fil à freiner dans la fente de la vis de réglage (1).		
Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.			MAT 8582	AOUT 2011



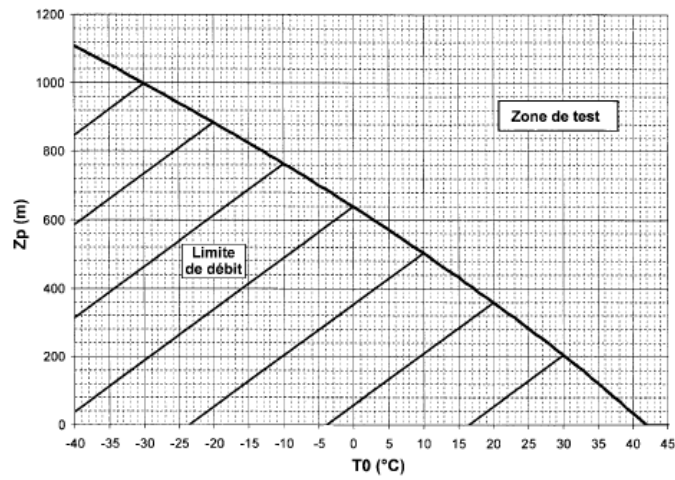


Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.

MAT 8582

AOUT 2011

**Lecture de l'altitude minimale requise pour effectuer le contrôle de la butée PMD ou PMU**



Les informations contenues dans ce manuel sont soumises à l'avertissement figurant en page information.

MAT 8582

AOUT 2011