

# BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

## RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE



### BEAD-air-T-2009-012-I

<b>Date de l'événement</b>	<b>14 novembre 2009</b>
<b>Lieu</b>	<b>Hélistation ministérielle de Came, terrain satellite de la base école de DAX</b>
<b>Type d'appareil</b>	<b>Gazelle SA 342 M</b>
<b>Immatriculation</b>	<b>F-MGMI – n°4171</b>
<b>Organisme</b>	<b>Aviation légère de l'armée de terre</b>
<b>Unité</b>	<b>EALAT - Base école Général Navelet</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 : COMALAT.

Pages : 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 : BEAD-air.

**TABLE DES MATIERES**

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>2</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b>	<b>5</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>6</b>
<b>SYNOPSIS</b>	<b>8</b>
<b>1. Renseignements de base</b>	<b>9</b>
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Contexte du vol	9
1.1.2. Déroulement du vol	9
1.1.3. Localisation de l'accident	12
1.2. Tués et blessés	12
1.3. Dommages à l'aéronef	12
1.4. Autres dommages	12
1.5. Renseignements sur le personnel	12
1.5.1. Pilote commandant de bord (PCB)	12
1.5.2. Stagiaire pilote	13
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.6.1. Maintenance	14
1.6.2. Carburant	14
1.7. Conditions météorologiques	14
1.7.1. Observations	15
1.8. Aides à la navigation	15
1.9. Télécommunications	15
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	15
1.11. Enregistreurs de bord	15
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	15
1.12.1. Examen de la zone d'impact	15
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	22
1.13.1. Membres d'équipage de conduite	22
1.14. Incendie	22
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	22
1.15.1. Déclenchement des secours	22
1.16. Essais et recherches	22
1.17. Renseignements sur les organismes	23
1.17.1. Contexte d'emploi de l'équipage	23
1.18. Renseignements supplémentaires	23
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	23
<b>2. Analyse</b>	<b>24</b>
2.1. Témoignages	24
2.1.1. Pilote commandant de bord	24
2.1.2. Le stagiaire pilote	24
2.1.3. Témoin oculaire	25
2.2. Scénario de l'événement	25
2.3. Analyse des causes et des facteurs contributifs au défaut de contrôle.	26
2.3.1. Domaine aérodynamique	26
2.3.2. Gestion des tours rotor	27
2.3.3. Domaine environnemental	27
2.3.4. Domaine facteur humain	27
<b>3. Conclusion</b>	<b>30</b>
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	30
3.2. Causes de l'événement	30
<b>4. Recommandations de sécurité</b>	<b>32</b>
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	32
4.1.1. Formation des moniteurs	32
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	32
4.2.1. Prise en charge de l'équipage	32

<b>ANNEXES</b>	<b>34</b>
<b>Annexe 1 Tail-shake</b>	<b>35</b>
<b>Annexe 2 Main courante du directeur des vols</b>	<b>36</b>
<b>Annexe 3 Extrait du manuel de formation</b>	<b>37</b>
<b>Annexe 4 Tableau de composition mécanique</b>	<b>39</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Photos :

Photo n° 1 : Terrain de Came QFU 09 avec bandes numérotées .....	page 11
Photo n° 2 : Positionnement final de l'appareil et traces laissées par les patins .....	page 16
Photo n° 3 : Débris capotages .....	page 17
Photo n° 4 : Poulie de câble de commande RAC .....	page 17
Photo n° 5 : Plan fixe endommagé .....	page 18
Photo n° 6 : Base de la dérive .....	page 18
Photo n° 7 : Poutre de queue côté gauche .....	page 19
Photo n° 8 : Arbre de liaison .....	page 20
Photo n° 9 : Déformation levier de pas pale bleue .....	page 21

### Schéma :

Plan du terrain de Came et positionnement de l'appareil sur la bande utilisée.....	page 11
--	---------

### Croquis :

Croquis de dispersion des débris.....	page 16
---------------------------------------	---------

**GLOSSAIRE**

AATCP	air air très courte portée
ALAT	aviation légère de l'armée de terre
BEAD-air	bureau enquêtes accidents défense air
BEGN	base école général Navelet
BTI	boîte de transmission intermédiaire
CAM	circulation aérienne militaire
COMALAT	commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
EALAT	école de l'aviation légère de l'armée de terre
EHLE	escadrille d'hélicoptère léger école
EPI	enquêteur de première information
ESALAT	école de spécialisation de l'aviation légère de l'armée de terre
GTM	groupe turbo moteur
JVN	jumelles de vision nocturne
Kt	<i>Knots</i> - Nœuds (1 kt $\approx$ 1,852 km/h)
PCB	pilote commandant de bord
PG	pas général
PN	personnel navigant
QFU	orientation magnétique de la piste en dizaines de degrés
RAC	rotor anti-couple

RG	révision générale
VFR	visual flight rules : règles de vol à vue
VOI	vol opérationnel aux instruments
VP	visite périodique

## SYNOPSIS

Date de l'événement : samedi 14 novembre 2009 à 10 h 20 locales.

Lieu de l'événement : héliport ministérielle de Came - terrain satellite de la base école de DAX (Landes).

Organisme : aviation légère de l'armée de terre (ALAT).

Commandement : école de l'aviation légère de l'armée de terre (EALAT).

Unité : base école Général Navelet (BEGN).

Aéronef : SA 342 M Gazelle – F-MGMI n°4171.

Nature du vol : mission d'instruction d'autorotations.

Nombre de personnes à bord : 1 pilote moniteur, 1 stagiaire pilote.

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

En fin de glissade, lors d'un poser en autorotation effectuée turbine réduite, les pales principales de la Gazelle impactent la poutre de queue. L'équipage est indemne. L'aéronef est endommagé.

### Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur adjoint du BEAD-air.
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un médecin du personnel navigant.
- Un officier pilote breveté moniteur.
- Un officier mécanicien.

### Autres experts consultés

Néant.

### Déclenchement de l'enquête technique

Le jour de l'événement :

- le BEAD-air est prévenu par téléphone à 11 h 30 par le bureau de sécurité des vols du commandement de l'ALAT (COMALAT/BSV) ;
- l'EPI est désigné par le BEAD-air à 13 h 00. Les noms des experts techniques sont fournis par l'ALAT à 14 h 00. L'EPI, en poste à Dax, se rend sur le site et effectue les premières constatations ;
- les enquêteurs du BEAD-air rejoignent Dax par le train dans la soirée du samedi 14 novembre; l'ensemble du groupe d'enquête technique est réuni sur la base de Dax le dimanche matin à 08 h 00.

L'appareil a été maintenu sur le lieu de l'incident jusqu'au dimanche 15 novembre en fin d'après-midi.

Un message de premières informations a été émis par le BEAD-air le 16 novembre à 16 h 50.

### Enquête judiciaire

Le parquet de Pau est saisi. Un officier de police judiciaire de la brigade de gendarmerie de l'air de la base aérienne 118 de Mont-de-Marsan a été commis.

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

Indicatif mission : F-MGMI.

Type de mission : mission d'instruction « autorotations » au profit d'un stagiaire pilote.

Type de vol : vol d'instruction en COM<sup>1</sup> VFR<sup>2</sup>.

Dernier point de départ : base école de DAX- LFBY.

Heure de départ : 09 h 50.

Zone d'instruction : Came (terrain satellite à 20 kilomètres dans le sud de Dax).

Point d'atterrissage prévu: base de Dax 11 h 00.

#### 1.1.1. Contexte du vol

La mission A11 est la deuxième mission de la phase autorotation 2 (voir programme en annexe 3). Lors de la première mission de cette phase, réalisée la veille, l'élève n'a pas réussi à retrouver des automatismes répétés il y a plus de quatre mois en la phase autorotation 1.

L'élève pilote est en fin de progression et la remise des brevets pour l'ensemble de sa promotion est prévue, de longue date, une semaine plus tard. Ceci explique la nécessité d'une activité aéronautique le week-end pour clore un programme de formation assez dense.

La mission est programmée sur le terrain satellite de Came. Elle prévoit un retour sur le terrain de Dax pour changer de stagiaire à 11 h 00.

Le briefing complet pour cette séance d'instruction a lieu à 08 h 30 pour un décollage à 09 h 50 après que le moniteur a regardé le classeur de progression des deux stagiaires. Ces derniers ont assisté ensemble au même briefing qui s'est conclu par un rappel de sécurité sur le rôle de chacun dans la machine et sur la procédure de transmission des commandes.

Aucune précipitation ni tension particulière n'ont été remarquées.

Le moniteur, commandant de bord, se trouve en place gauche.

#### 1.1.2. Déroulement du vol

Le déroulement du vol décrit ci-dessous est basé sur les témoignages de l'équipage et d'un témoin oculaire.

Après le décollage de Dax, le transit vers l'hélistation de Came se déroule normalement. La reconnaissance des bandes d'autorotation avait été menée, sans constatation particulière, quelques minutes auparavant par un équipage parvenu sur le terrain et devant effectuer des autorotations sur une autre bande. Cette information a été transmise sur la fréquence de travail.

---

<sup>1</sup> COM : circulation opérationnelle militaire.

<sup>2</sup> VRF : *visual flight rules* - règle de vol à vue.

Après intégration pour le QFU<sup>3</sup> 09 dans le circuit de piste (voir plan du terrain page suivante), la séance débute par une présentation en autorotation, sans réduction turbine, avec remise de gaz. Cette présentation systématique en début de séance permet :

- d'analyser l'effet du vent sur la trajectoire d'autorotation ;
- d'estimer l'angle d'autorotation de l'appareil pour la précision de poser ;
- d'évaluer l'efficacité du *flare* (en particulier en contrôlant le régime rotor).

Effectuée par le stagiaire aux commandes, elle se déroule correctement. L'autorotation suivante est initiée par l'élève. Ce dernier qui réalise que, malgré les corrections appliquées, la trajectoire ne lui permettra pas d'effectuer son *flare* dans de bonnes conditions. Il effectue une remise de gaz.

Lors de la troisième présentation, l'élève annonce qu'il est trop court mais le moniteur lui demande de continuer et réduit la turbine. Le stagiaire débute son *flare* trop haut. Le moniteur reprend les commandes et termine l'exercice dans de bonnes conditions.

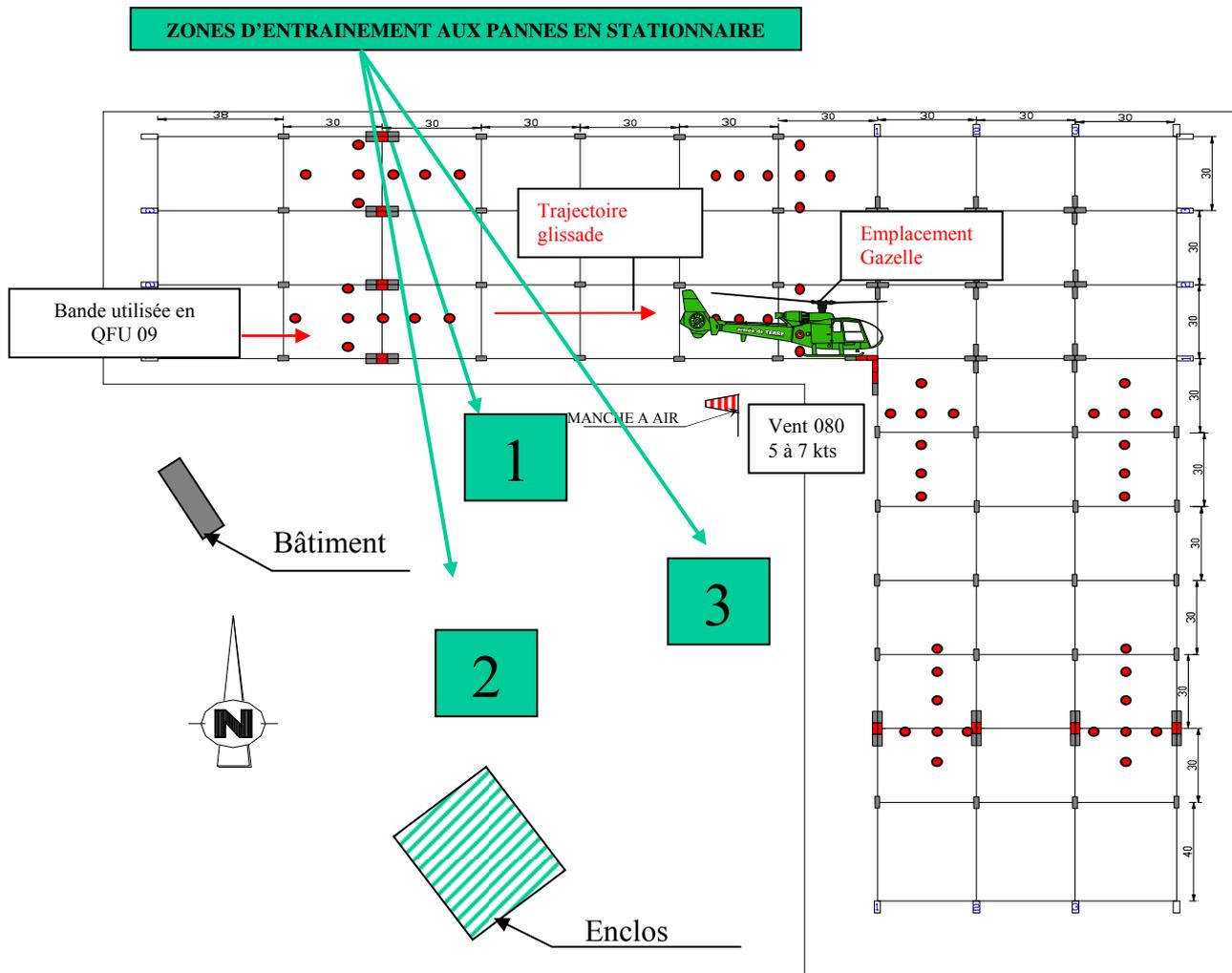
Pour la quatrième présentation, le point de mise en descente et le plan sont corrects. Le moniteur réduit la turbine à 60 mètres sol et le stagiaire initie le *flare* à une bonne hauteur. Il poursuit et pose l'appareil.

Pour le moniteur, le *flare* est un peu timide puis l'application de pas trop mécanisée. Toutes les actions aux commandes sont cependant acceptables. La remise à plat et le dosage de la fin d'application du pas permettent de poser en douceur. La glissade d'une cinquantaine de mètres est rectiligne car bien contrôlée au palonnier. En fin de glissade, l'équipage ressent le passage de la machine dans une cuvette qui entraîne des oscillations en tangage. Au moment précis de l'arrêt, le moniteur ressent un mouvement de bascule vers l'avant puis l'équipage perçoit une série de chocs avec des vibrations importantes dans le manche cyclique. Le moniteur, qui a pendant tout l'exercice conservé les mains à proximité immédiate des commandes, procède à l'arrêt immédiat de la turbine avec l'inverseur puis freine le rotor. L'équipage indemne, évacue l'appareil.

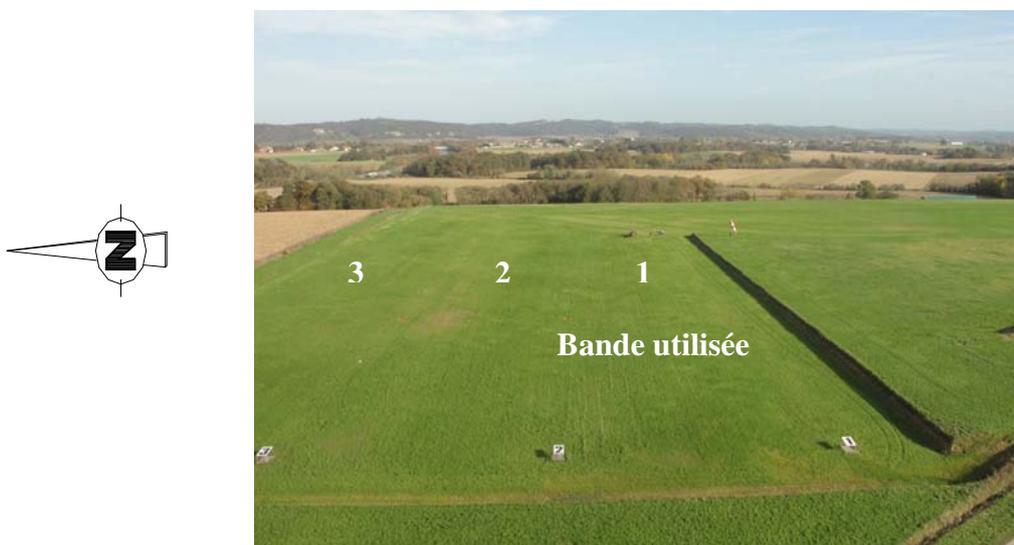
La poutre de queue et le fenestron sont endommagés par le heurt des pales principales.

---

<sup>3</sup> QFU : direction magnétique de la piste.



Plan du terrain de Came et positionnement de l'appareil sur la bande utilisée



Terrain de Came QFU 09 avec bandes numérotées

### 1.1.3. Localisation de l'accident

- Lieu :
  - pays : France ;
  - département : Pyrénées Atlantique ;
  - commune : Came ;
  - coordonnées géographiques :
    - 43° 30'30'' de latitude nord
    - 001° 04'50'' de longitude ouest.
  - altitude : environ 45m.
- Moment : jour.

### 1.2. Tués et blessés

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

### 1.3. Dommages à l'aéronef

	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Aéronef	/	/	X	/

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

#### 1.5.1. Pilote commandant de bord (PCB)

- Age : 41.
- Sexe : M.
- Unité d'affectation : EALAT.
- Fonction dans l'unité : chef de la division étude contrôle standardisation.
- Formation : Officier instructeur.
- Qualifications : pilote hélicoptère léger, vol à vue, vol opérationnel aux instruments (VOI), jumelle de vision nocturne (JVN), Système AATCP (air air très courte portée), appontage jour, moniteur hélicoptère.

- École de spécialisation : ESALAT – DAX.
- année de sortie d'école : 1995.
- Heures de vol :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tous types	dont sur Gazelle	Sur tous types	dont sur Gazelle)	Sur tous types	dont sur Gazelle
Total	2520	2234	112.7	112.7	20.2	20.2

- Date du dernier vol comme moniteur : 13 novembre 2009.
- sur l'aéronef : 13 novembre 2009.
- Nombre d'autorotation depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2009 : 356

### 1.5.2. Stagiaire pilote

- Âge : 29 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : BEGN DAX
  - fonction dans l'unité : stagiaire pilote ;
  - en poste depuis septembre 2008.
- Heures de vol comme pilote :

	total		dans le semestre écoulé		dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur Gazelle	sur tous types	dont sur Gazelle	sur tous types	dont sur Gazelle
total	135	135	113	113	14.7	14.7

- Date du dernier vol comme pilote aux commandes :
  - 13 novembre 2009.
  - Première phase autorotations effectuée 4 mois auparavant.

### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : EALAT.
- Commandement organique d'appartenance : EALAT.
- Base aérienne de stationnement : BEGN DAX.
- Unité d'affectation : escadrille hélicoptères légers école (EHLE).
- Type d'aéronef : Gazelle SA 342 M.
- configuration : lisse.
- armement : sans.

	Type	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	SA 342 M	4171	5082,2	GV3 <sup>4</sup> :1587,4	VP <sup>5</sup> : 69
Moteur	Astazou XIV	7195/8236	2630	RG <sup>6</sup> : 296	69

### 1.6.1. Maintenance

L'aéronef est sorti de visite périodique (VP) le 1<sup>er</sup> septembre 2009 et n'a pas connu de dysfonctionnement depuis.

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur au sein de l'ALAT. Les visites programmées ont été respectées et réalisées dans les échéances fixées.

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

### 1.6.2 Performances

Il n'y a pas d'avertisseur de régime minimum sur Gazelle.

L'avertisseur de survitesse est calibré pour sonner entre 415 et 420 tr/min permettant à un pilote d'effectuer une légère application de PG pour éviter une survitesse.

### 1.6.3 Masses et centrage

- Masse maximale au décollage : 2100 kg.
- Masse à vide équipée, en ordre de vol : 1260 kg.
- Masse estimée au départ de Dax : 1700 kg.
- Masse estimée au moment de l'événement : 1620 kg.
- Centrage longitudinal estimé au moment de l'événement : environ 2,92 mètres, ce qui correspond à un centrage légèrement avant.

La masse et le centrage étaient dans les normes durant l'ensemble de la mission.

### 1.6.2. Carburant

Type de carburant utilisé : F34.

Quantité de carburant au décollage : 350 l.

Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 270 l.

## 1.7. Conditions météorologiques

Il a beaucoup plu sur la région depuis le début de l'automne et plus particulièrement dans la semaine précédant l'incident.

<sup>4</sup> GV3 = troisième grande visite.

<sup>5</sup> VP = visite périodique.

<sup>6</sup> RG = révision générale.

### 1.7.1. Observations

A Came au moment de l'événement :

- ciel clair ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- température : +12° C.

### 1.7.2 Observation du vent sur le lieu de l'évènement

Au moment de l'événement, le vent relevé par l'équipage par analyse de la position de la manche à air et confirmé par les autres membres d'un équipage en travail sur l'hélistation de Came, est estimé du : 080° / 5 à 7 kts.

## 1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

Les équipements de télécommunications à bord de l'appareil fonctionnaient correctement. L'équipage était en contact avec les autres aéronefs, la tour de Dax et le directeur des vols sur trois fréquences distinctes. Les communications s'effectuent en français.

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Le terrain de Came est un terrain « satellite » situé à 20 km dans le sud du terrain de Dax. Possédant un statut d'hélistation ministérielle, il est réservé exclusivement aux séances d'instruction. Il n'est pas contrôlé et dispose d'une manche à air.

Ouvert le 1<sup>er</sup> septembre 2009 après des travaux de terrassement effectués par la commune, il possède 3 bandes orientées nord / sud, trois bandes orientées est / ouest ainsi que des zones d'entraînement aux pannes en stationnaire. L'herbe est haute d'environ 20 cm. Aucune irrégularité de surface n'est perceptible.

La piste 09 main gauche est en service au moment de l'événement (tour de piste au Nord). Quatre axes matérialisés par des balises délimitent trois bandes en herbe numérotées du sud au nord de 1 à 3. La bande 1 était utilisée par la Gazelle au moment de l'événement.

## 1.11. Enregistreurs de bord

Les hélicoptères de type Gazelle en service dans l'ALAT ne sont équipés d'aucun enregistreur.

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

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

#### 1.12.1.1. Positionnement de l'appareil

L'appareil s'est immobilisé au deux tiers de la bande 1, après 53 mètres de glissade.

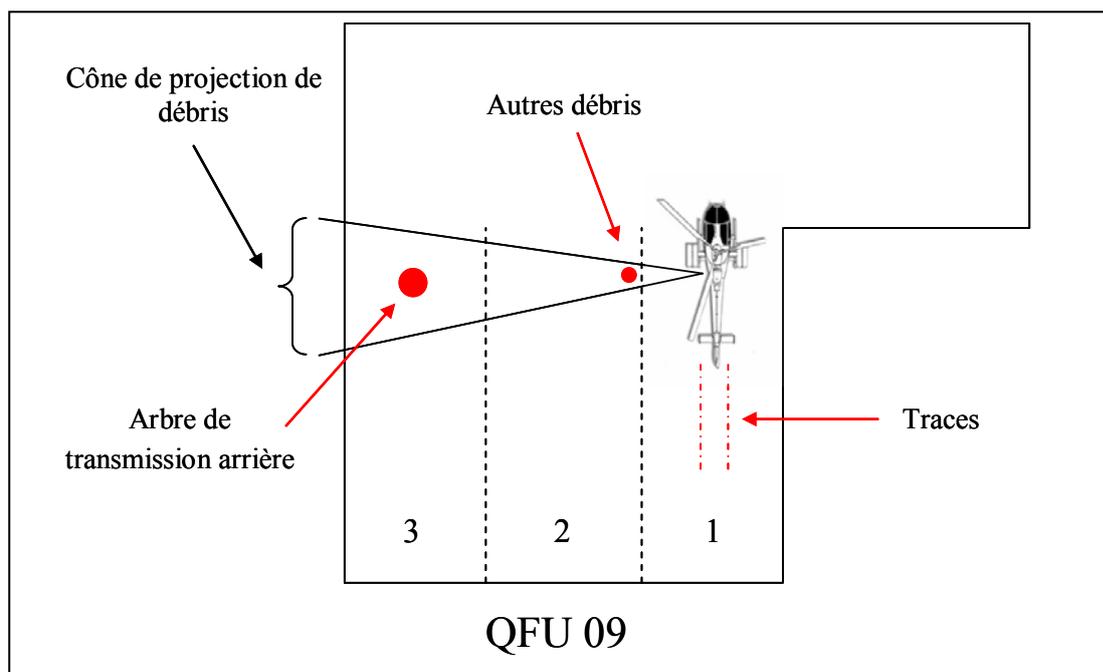


Positionnement final de l'appareil et traces laissées par les patins

La cellule est dans l'axe de la piste.

#### 1.12.1.2. Dispersion des débris

Les pales du rotor principal ont impacté la structure arrière, en projetant des débris en composite et métalliques dans un rayon d'une quinzaine de mètres autour de l'appareil. Seul l'arbre de liaison de la transmission arrière a été retrouvé à soixante mètres par le travers gauche de la machine sur la bande 3.



Croquis de dispersion des débris



Débris capotages



Poulie de câble de commande RAC

### 1.12.1.3. Traces au sol

Seules les traces rectilignes des deux patins sont visibles sur l'herbe sur une longueur de trente mètres. Aucune trace de frottement du coupe-câble inférieur n'est perceptible.

### 1.12.2 Examen de l'épave



Plan fixe endommagé



Base de la dérive

Les trois pales du rotor principal ont impacté la queue de l'appareil, entraînant les dommages suivants :

- arrachement du 3<sup>ème</sup> palier (annexe 4-fig. 01) de l'arbre de transmission arrière et de son support ;
- importante déformation angulaire provoquant le contact de l'arbre de transmission contre le haut de la poutre de queue lors de la rotation de celui-ci ;
- après le 2<sup>ème</sup> support palier :
  - les 2 tuyauteries hydrauliques (annexe 4-fig. 02) sont sectionnées et rabattues côté gauche, les colliers de fixation sont arrachés de leur fixation, les fixations encore présentes en amont sont déformées ;
  - les câbles de commande arrière sont sectionnés et l'ensemble support poulie (annexe 4-fig. 3 rep D) est présent mais présente d'importantes déformations (figure 3) ;
  - l'ensemble secteur arrière (annexe 4-fig. 4 rep E) est arraché avec son support (vis présentes sur le support) : il a été retrouvé éloigné de l'aéronef ;
  - l'ensemble cône poutre de queue présente des déformations et un arrachement important de matière sur le haut de sa partie arrière ;
  - l'ensemble carène (annexe 4-fig. 5) présente des déformations et un arrachement de matière important sur le bas de sa partie avant au niveau du cintre supérieure : les déformations s'orientent vers la gauche de l'aéronef ;
  - le côté gauche, devant le ½ plan fixe sur la partie arrière de l'ensemble cône poutre de queue présente une déchirure ;



Poutre de queue côté gauche

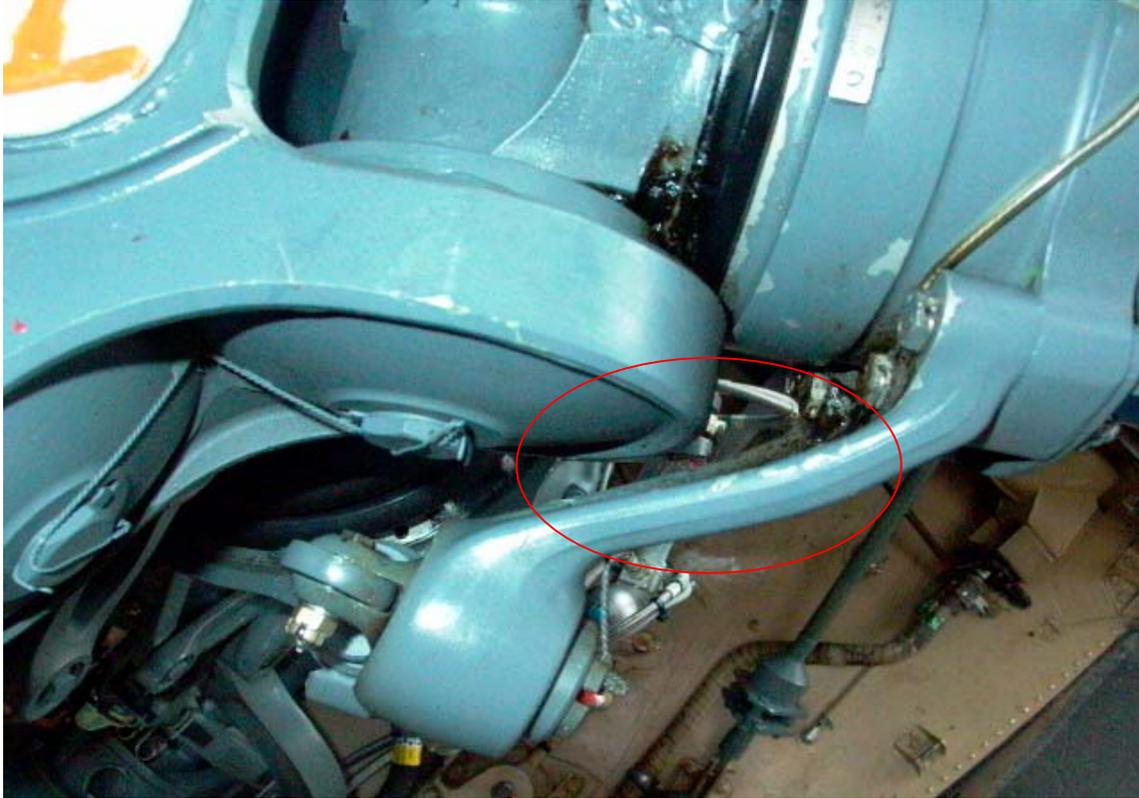
- des traces d'écaillage de peinture au niveau de la jonction «ensemble cône poutre de queue – ensemble empennage» partie basse ;
- l'ensemble carénage avec trappe (annexe 4-fig 6) est arraché de ses vis de fixation qui sont présentes dans leur insert mais leur logement est détruit. L'ensemble carénage avec trappe présente des traces de chocs ainsi qu'une trace marquant l'impact d'une pale sur le côté droit. L'ensemble se situe à 13 mètres à gauche de l'aéronef ;
- les dérives droite et gauche (annexe 4-fig.7) sont arrachées sur leur partie supérieure : l'arrachement côté droit se situe plus haut que celui du côté gauche ;
- le demi plan fixe gauche présente sur la partie supérieure des traces d'arrachement vers l'extérieur ;
- l'arbre de liaison (annexe 4-fig. 8) est arraché : il est retrouvé éloigné de l'aéronef (60 mètres). Le 3<sup>ème</sup> palier de transmission arrière est toujours solidaire de l'arbre de liaison (figure 8) ;
- l'arbre de liaison présente une pliure importante ainsi qu'un impact à 40 cm du 3ème palier ;



Arbre de liaison

- l'ensemble bielle commande (annexe 4-fig.9 rep 310) est rompu sur sa partie avant, au niveau du bord avant de la dérive ;

- on remarque deux traces de frottement de pales du RAC<sup>7</sup> sur l'ensemble veine rotor arrière (annexe 4-fig.5) ;
- l'ensemble bielle commande de pas (annexe 4-fig.10 rep 340) ainsi que le levier de pas (annexe 4-fig.11 rep 560) sont déformés.



Déformation levier de pas pale bleue

#### Au niveau du rotor principal

Les pales principales sont détériorées à différents endroits. Elles présentent toutes, en bout de pales, des déformations importantes, des traces d'impact, des déchirures et des arrachements de scotch de protection.

La poutre de queue ne présente pas de déformation visible à sa base. Il n'y a pas de traces de contact entre la traverse arrière et les flancs de la cabine.

L'examen des bouchons magnétiques ne révèle aucun dépôt. Il n'y a pas d'endommagement visible des ferrures support du GTM.

#### Au niveau du poste de pilotage

Les constats notables sont :

- l'altimètre est calé à 1008 hPa<sup>8</sup> ;

---

<sup>7</sup> RAC : rotor anti-couple.

<sup>8</sup> hPa : hectopascal.

- l'interrupteur de mise en marche de la radiobalise de détresse n'a pas été déclenché ;
- la radiosonde affiche 58 mètres.

### **1.13. Renseignements médicaux et pathologiques**

#### 1.13.1. Membres d'équipage de conduite

##### 1.13.1.1. PCB

- Dernier examen médical :
  - type : CEMPN<sup>9</sup> Classe 1 ;
  - date : 25 juin 2009 ;
  - résultat : apte moniteur hélicoptère ;
  - validité : 31 décembre 2009.
- Examens biologiques : non réalisés.
- Blessures : absence de blessure physique.

##### 1.13.1.2. Pilote

- Dernier examen médical :
  - type : CEMPN ;
  - date : 16 juillet 2009 ;
  - résultat : apte élève pilote hélicoptère ;
  - validité : 16 juillet 2010.
- Examens biologiques : non réalisés.
- Blessures : absence de blessure physique.

### **1.14. Incendie**

Sans objet.

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

#### 1.15.1. Déclenchement des secours

Immédiatement après l'incident, le commandant de bord de la Gazelle qui travaillait sur le même terrain, rend compte des faits par radio au directeur des vols. L'ensemble de la chaîne hiérarchique est prévenu dans la demi-heure suivant l'événement. Le pilote, renvoyé à Dax en Gazelle, a été vu par le service médical 90 minutes après l'incident. Malgré le déplacement du médecin sur le terrain de Came par la suite, et son arrivée sur zone à 15 h 00, il n'a pas été possible d'extraire le pilote commandant de bord du lieu de l'incident pour debriefer cet événement à chaud dans un cadre adapté.

### **1.16. Essais et recherches**

Néant.

---

<sup>9</sup> CEMPN : centre d'expertise médicale du personnel navigant.

**1.17. Renseignements sur les organismes**

1.17.1. Contexte d'emploi de l'équipage

L'incident intervient au cours d'une séance standardisée d'entraînement aux autorotations.

**1.18. Renseignements supplémentaires**

Néant.

**1.19. Techniques spécifiques d'enquête**

Néant.

## 2. ANALYSE

Au cours d'une mission d'instruction se déroulant dans le cadre de la formation d'un stagiaire pilote sur un terrain reconnu et répertorié, les trois pales du rotor principal de la Gazelle viennent heurter la queue de l'appareil en fin de glissade au sol d'une autorotation turbine réduite.

Elles endommagent les capotages et les dérives et sectionnent l'arbre de transmission.

L'analyse qui va suivre détaillera la phase finale de l'autorotation, déterminera les actions aux commandes et les causes probables de l'impact du rotor principal avec la queue de l'appareil. En l'absence d'enregistreur de vol, cette analyse reposera sur les témoignages de l'équipage et d'un témoin ainsi que sur l'exploitation des investigations menées sur la machine accidentée.

### 2.1. Témoignages

#### 2.1.1. Pilote commandant de bord

Au cours de la quatrième présentation, le moniteur constate que la mise en descente est correctement initiée par le stagiaire aux commandes et que l'assiette 120 km/h affichée donne une trajectoire correcte. Le point d'aboutissement lui semblant certain dans le premier tiers de la bande, le moniteur réduit la turbine à 60 mètres de hauteur. La hauteur du début de *flare* est également dans les normes. Le *flare* ainsi que la première application de pas sont ressentis comme un peu timides. Au moment de la remise à plat, le pilote amortit le contact avec le sol par une application ample et progressive de pas. Au moment du toucher de la machine avec le sol, il estime la vitesse dans la norme haute. La glissade débute correctement et la trajectoire reste contrôlée et rectiligne. Pendant toutes ces phases, le moniteur suit en transparence les actions du stagiaire aux commandes sans ressentir d'à-coups. Le manche cyclique est maintenu au neutre et le pas général ramené progressivement vers le plein petit pas. En fin de glissade, il ressent le passage de la machine dans une dépression d'une longueur estimée à une dizaine de mètres. Simultanément, il constate des oscillations en tangage de l'appareil et ressent une compression sur son siège suivie, au moment de l'arrêt final de l'appareil, d'un mouvement léger de bascule vers l'avant. A cet instant, il ressent l'impact des pales avec l'arrière de l'appareil et des à-coups en lacet et dans le cyclique. Il décide de couper le GTM, à l'aide de l'inverseur double, freine le rotor et ordonne l'évacuation de l'appareil.

#### 2.1.2. Le stagiaire pilote

Le pilote, après avoir demandé la réduction de la turbine au moniteur, effectue l'autorotation comme elle lui a été enseignée et touche le sol en douceur, après une deuxième application progressive de pas, à une vitesse qui lui paraît correcte. Après 50 mètres de glissade, il perçoit également le passage dans une cuvette entraînant des mouvements en tangage de l'appareil pendant les 10 derniers mètres de glissade. Il s'efforce de bloquer le cyclique pendant les cahots. Il ramène peu à peu le collectif vers la position plein petit pas. Immédiatement après l'arrêt, il ressent les à-coups en lacet et comprend que le rotor a touché la queue.

Aucun des deux pilotes ne rapporte un quelconque dysfonctionnement de l'appareil.

### 2.1.3. Témoin oculaire

Un stagiaire pilote se trouvait sur le côté du terrain à une cinquantaine de mètres sur l'arrière droit du point d'immobilisation de la machine. Après un *flare* qu'il a estimé moins marqué qu'à l'habitude, il a vu la Gazelle toucher le sol en douceur et entamer une glissade. Sur les quinze derniers mètres de cette dernière, il a vu la queue de la machine osciller franchement à plusieurs reprises. A l'arrêt de l'appareil, la queue oscillait encore. Il a également perçu la faible vitesse de rotation du disque rotor. A ce moment, il voit le disque rotor basculer lentement vers l'arrière et venir heurter la dérive gauche puis les capotages de la poutre de queue.

#### **Conclusion du chapitre 2.1.**

**Les témoignages concordent pour souligner que l'exercice se déroulait normalement et que le passage dans une dépression en fin de glissade a entraîné d'importantes oscillations verticales de la poutre de queue.**

## 2.2. Scénario de l'événement

Les témoignages de l'équipage et du témoin ainsi que les diverses analyses pratiquées sur les fluides et la chaîne de commandes de vol n'ont mis en évidence aucun dysfonctionnement technique antérieur à l'événement.

L'étude des endommagements de l'appareil, des traces au sol et des témoignages de l'équipage et du témoin permet d'établir le scénario suivant :

- la présentation pour l'autorotation est conduite avec les paramètres prévus. La précision étant bonne, le moniteur décide de réduire la turbine à une hauteur de 60 mètres après demande de l'élève. Le *flare* est débuté à une bonne hauteur. Il est peu soutenu et le début d'application de pas un peu mécanisé. La remise à plat et le dosage de la fin d'application de pas permettent de poser en douceur avec une vitesse dans la norme haute. La glissade d'une soixantaine de mètres est rectiligne ;
- en fin de glissade, la machine passe dans une dépression. La Gazelle, montée sur un amortisseur pendulaire, est sensible aux aspérités, même faibles, du terrain qui engendrent des oscillations faibles de la cellule pendant les glissades. Le passage dans la cuvette à basse vitesse a amplifié ce phénomène d'oscillations en tangage ressenti par l'équipage ;
- le stagiaire aux commandes, confronté à ces mouvements inhabituels de sa machine, bloque fermement le manche cyclique au neutre en ramenant peu à peu le pas général vers le plein petit pas. Le moniteur suit les commandes en transparence ;
- en sortant de ce petit mouvement de terrain, la machine s'immobilise en fin de course, ce qui entraîne un report de la charge et se traduit à l'instant de l'arrêt, par un basculement vers l'avant dans un mouvement de salut ;
- à ce moment, le pilote aux commandes sentant la machine basculer vers l'avant et souhaitant maintenir son manche vertical par rapport au sol, position qu'il avait précédemment verrouillée pendant les cahots, l'amène instinctivement et insensiblement vers l'arrière et légèrement à gauche. Le disque rotor bascule donc de la même manière ;
- la turbine ayant été réduite et l'application de pas ayant consommé un grand nombre de tours rotor, la perte de force centrifuge entraîne une plus grande amplitude de battement des pales principales.

La combinaison de cette action au cyclique avec les battements importants des pales tournant à faible vitesse, les oscillations de la poutre de queue et sa remontée pendant le transfert de charge vers l'avant, a provoqué le heurt des pales avec la poutre de queue.

Les pales principales ont d'abord touché le haut de la dérive arrière gauche puis la poutre de queue, entraînant alors la rupture de l'axe de transmission de RAC.

Aucune puissance n'étant alors appliquée, ces chocs n'ont eu d'autres conséquences que des vibrations ressenties par l'équipage.

D'après leurs témoignages, les deux membres d'équipage sont surpris par les impacts des pales.

À aucun moment, pendant tout l'exercice, ils n'ont eu l'impression de sortir du domaine habituel d'utilisation de leur aéronef. L'action sur le cyclique, à cabrer en légère inclinaison gauche, a été lente et progressive et de ce fait n'a pas été détectée par le moniteur. Il est probable que, pendant les mouvements provoqués par le passage dans la cuvette et à l'instant du basculement de l'arrêt final, le stagiaire aux commandes ait perdu la notion de la position neutre du cyclique et ait agi en situation inconnue par action réflexe à cabrer.

### **Conclusion du chapitre 2.2.**

**L'interférence des pales principales avec la poutre de queue résulte :**

- **d'un mouvement en tangage de la cellule provoqué par le passage dans une irrégularité du terrain ;**
- **d'un défaut de positionnement du manche cyclique par action réflexe vers l'arrière et inadaptée du pilote ;**
- **de la non détection par le moniteur de ce défaut de positionnement, au cours d'une fin de glissade d'autorotation rendue cahoteuse par l'irrégularité du terrain.**

## **2.3. Analyse des causes et des facteurs contributifs au défaut de contrôle.**

### 2.3.1. Domaine aérodynamique

Comme cela a été noté le régime rotor est faible et les pales battent verticalement avec plus d'amplitude. Un phénomène aérodynamique appelé *tail-shake*<sup>10</sup> à dominante verticale du au rapprochement du disque rotor vers les plans fixes de la Gazelle, a pu alors se produire. En effet, les turbulences de sillage du rotor peuvent agir sur les empennages et provoquer des vibrations et flexions verticales de la poutre de queue. Le phénomène dont l'influence, dans le cadre de l'événement traité, reste néanmoins mineure, est détaillé dans l'annexe 1.

**L'hypothèse d'une faible accentuation des vibrations de la poutre de queue due à ce phénomène aérodynamique appelé tail-shake est possible.**

<sup>10</sup> *Tail-shake* : phénomène vibratoire induit par l'effet sur l'empennage ou sur la dérive de perturbations de l'écoulement aérodynamique ou du sillage en provenance du rotor principal ou du fuselage.

### 2.3.2. Gestion des tours rotor.

Pendant cette autorotation :

- le *flare* est peu marqué et ne permet donc pas de récupérer beaucoup de tours rotors ;
- l'arrivée au sol est très bien amortie par une bonne application de pas général qui consomme donc beaucoup de tours ;
- la glissade est longue.

Ces trois facteurs contribuent tous au fait que le régime rotor au moment de l'arrêt de la Gazelle est inférieur à sa valeur moyenne dans ce type d'exercice. Cette faible vitesse de rotation diminue la force centrifuge des pales et augmente l'amplitude des battements quand la machine subit les cahots de la glissade.

**Il est donc probable que le fait d'avoir laissé évoluer le stagiaire aux marges de l'exercice dans sa partie finale ait, en fin de glissade, augmenté la perte habituelle de tours rotors et l'amplitude des battements de pales principales.**

### 2.3.3. Domaine environnemental.

Le terrain satellite de Came est un terrain nouveau qui a été déclaré ouvert par l'officier sécurité des vols de la base de DAX le 14 septembre 2009 après d'importants travaux de terrassement. L'automne a été pluvieux, en particulier la semaine précédant l'événement. On peut constater sur ce terrain très humide, que le drainage ne permet pas l'évacuation de toute l'eau. De plus, l'herbe haute d'une vingtaine de centimètres masque les aspérités du terrain à une simple reconnaissance aérienne.

Il est donc probable que la cuvette dont la présence a été confirmée par la glissade d'un autre appareil, soit apparue au cours de l'automne.

**L'hypothèse selon laquelle l'absence de repérage d'une cuvette et le passage dedans à faible vitesse de la Gazelle aient contribué à provoquer des oscillations importantes de la cellule est certaine.**

### 2.3.4. Domaine facteur humain.

#### 2.3.4.1. Facteurs liés au contexte du vol.

Les entretiens avec les deux membres d'équipage ne font pas ressortir de problèmes particuliers. La communication est présente dans le cadre normal d'une séance d'instruction et il n'y a pas de tension dans le cockpit.

Le pilote et le chef de bord n'avaient jamais effectué de vols ensemble auparavant.

Ils n'avaient pas eu non plus l'occasion de travailler ensemble au sol en dehors du cadre de cette mission. Il n'y avait donc pas de passif particulier.

L'équipage paraissait suffisamment reposé, les deux membres ayant passé une nuit réparatrice normale selon leurs habitudes respectives et avaient déjeuné le matin. La charge de vol sur la semaine écoulée était faible compte tenu d'une météo défavorable sur les trois premiers jours.

L'incident intervient dans le cadre de contrainte calendaire. Les stagiaires, en retard dans leur programme, doivent terminer à la date annoncée car ils sont attendus au Luc pour la poursuite de leur cursus tendu. La direction de la formation initiale a donc décidé de programmer des vols ce samedi.

Il existe un léger déficit en moniteurs au sein des brigades. De ce fait, les moniteurs affectés dans différents services de l'école viennent fréquemment prêter main forte pour des missions d'instruction.

Le PCB, responsable de la division contrôle et standardisation, a une activité aérienne normale. L'élève, en apparence décontracté, ne ressent pas de tension particulière malgré sa séance moyenne de la veille.

**Malgré les contraintes pesant sur la formation au sein de l'école, le vol se déroule sans tension et l'hypothèse d'un manque de vigilance pour cause de suractivité est rejetée.**

#### 2.3.4.2. Facteurs liés à l'équipage.

L'enquête a cependant permis d'identifier certains facteurs de contexte particulier qui ont contribué à diminuer la vigilance du moniteur en toute fin d'autorotation.

L'entraînement aux autorotations turbine réduite est un exercice particulier demandant une grande technicité de pilotage et un sens de l'air aiguisé. Le but de son apprentissage en école est de faire acquérir au stagiaire pilote un certain nombre d'automatismes qui lui permettront, en cas de panne de turbine sur monomoteur, de rejoindre le sol dans des conditions qui préserveront l'équipage. La mission du moniteur est donc particulièrement délicate car il doit laisser piloter l'élève pour une meilleure compréhension de ses erreurs sans pour autant le laisser prendre trop de risques. Dans le cadre de l'incident traité, le stagiaire pilote est en fin de progression et doit maintenant maîtriser une partie des automatismes.

La première présentation de la séance se termine comme prévu au briefing, par une remise de gaz. La seconde a été interrompue par le stagiaire qui réalise que, même en corrigeant sa trajectoire, il ne rentrerait pas dans l'épure de l'exercice. Il débute trop tôt la troisième présentation, corrige son plan et *flare* trop tôt et donc trop haut. Le moniteur, qui avait néanmoins réduit la turbine, reprend les commandes et termine l'exercice. Il commente les erreurs au stagiaire qui redécalle pour une quatrième présentation.

Les points de mise en autorotation et de début de *flare* sont corrects. Satisfait par la progression sensible et par le fait que les points essentiels semblent acquis, le moniteur laisse le stagiaire continuer un *flare* peu soutenu, mais dans les normes, qui les fait arriver avec une vitesse un peu forte en début de glissade.

Le fait que le stagiaire ait enfin réussi seul une autorotation, certes perfectible, peut expliquer la baisse de vigilance du moniteur dans le contrôle du manche cyclique en toute fin de glissade.

**Il est possible que le moniteur, satisfait par les relatifs progrès du stagiaire sur des points essentiels de sécurité, ait relâché sa vigilance dans une phase qui ne présentait a priori plus de danger.**

**Conclusion du chapitre 2.3. : analyse des facteurs contributifs au défaut de contrôle de la position du manche cyclique en toute fin d'exercice :**

- il est possible que l'exécution de l'autorotation à la marge de l'épure, entraînant un plus faible nombre de tours rotor, ait contribué, par une perte importante de force centrifuge, à augmenter l'amplitude des battements verticaux des pales en fin d'exercice. Un phénomène de *tail-shake* a peut-être légèrement amplifié ce battement ;
- depuis sa récente homologation, la surface herbeuse de ce terrain présentant des défauts de drainage a probablement changé au cours d'un automne très humide. La reconnaissance du terrain n'a pas permis de déceler ce défaut de planéité ;
- la concentration du moniteur sur les points primordiaux de l'exercice que l'élève en fin de progression devait avoir acquis, a pu contribuer à diminuer sa vigilance dans une phase habituellement simple.

### 3. CONCLUSION

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

##### 3.1.1 Contexte de la mission

- la mission est programmée dans le cadre de la formation aux autorotations d'un stagiaire pilote et conformément à un programme défini et respecté ;
- le programme de la fin de formation du cours pilote auquel le stagiaire appartient est dense mais la mission a fait l'objet d'un briefing détaillé ;
- l'équipage est composé d'un stagiaire pilote, dont la précédente séance d'autorotation de la veille a révélé quelques lacunes, et d'un moniteur expérimenté.

##### 3.1.2 Environnement

- la séance a lieu sur une bande en herbe du terrain satellite de Came homologué depuis moins de trois mois après d'importants travaux de terrassement. Le sol est humide et l'herbe haute ;
- les conditions météorologiques sont favorables. Le vent est faible de secteur avant.

##### 3.1.3 Exécution de l'autorotation

- le cadre de l'exercice a été respecté. L'équipage se présente pour une autorotation avec la vitesse préconisée sur une pente permettant d'assurer un poser turbine réduite ;
- après un *flare* peu prononcé et un toucher bien amorti, une glissade, un peu rapide mais bien contrôlée, débute ;
- à la fin de la glissade, la machine passe dans une cuvette ce qui déclenche des oscillations de la poutre de queue. Immédiatement après, la machine s'arrête en basculant légèrement sur l'avant. Simultanément, le disque rotor part vers l'arrière et les pales principales viennent heurter le haut des plans fixes des dérives, la poutre de queue et la base du fenestron, en arrachant l'arbre de liaison de la transmission et le sélecteur arrières. Elles sectionnent également l'arbre de commande de pas du RAC.

#### 3.2. Causes de l'événement

L'incident a pour origine un mauvais positionnement du manche cyclique par une action réflexe inadaptée du pilote et sa non correction par le moniteur, au cours d'une fin de glissade d'autorotation rendue cahoteuse par l'irrégularité du terrain.

De plus, la combinaison de facteurs aérodynamiques, environnementaux et humains a pu contribuer à cet événement :

- Facteur aérodynamique :  
le rotor ayant perdu beaucoup de tours pendant toute la phase d'application de pas et de longue glissade, le battement des pales est plus important pendant les cahots. Les pales se rapprochent donc dangereusement de la poutre de queue. Par ailleurs, il est possible que le rapprochement du disque rotor et des plans fixes des dérives, ait pu modifier les turbulences de sillage du rotor initiant un léger phénomène oscillatoire de *tail-shake*.

- Facteur environnemental :  
malgré une reconnaissance préalable, une déclivité nouvelle du terrain n'a pas été repérée. Le passage de la Gazelle dans cette cuvette en fin de glissade entraîne des cahots plus importants et de sensibles oscillations de la cellule et de la poutre de queue. La poutre de queue remonte.
- Facteur humain :
  - par défaut de technicité de pilotage, le stagiaire perd, au moment du transfert de charge et donc du basculement de l'arrêt, la position neutre qu'il avait maintenue jusqu'alors au cyclique. Dans une action réflexe, il contre aux commandes le basculement de la machine vers l'avant, basculant de ce fait le disque rotor vers l'arrière ;
  - par manque de vigilance dans la phase finale d'une glissade apparemment maîtrisée, le moniteur ne détecte pas et ne corrige donc pas l'action inappropriée aux commandes de son élève.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

#### 4.1.1 Homologation des surfaces

La surface du terrain pourtant plane après les travaux de terrassement a évolué à la suite des précipitations d'automne. Le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**à l'ALAT, de prendre des dispositions complémentaires pour s'assurer de la stabilisation dans le temps de l'état de surface de ses terrains d'entraînement notamment après d'importants travaux ou de fortes précipitations.**

#### 4.1.1.1. Formation des moniteurs

Dans le cas de cet événement, l'excès de confiance du moniteur envers son élève a pu conduire à un manque de vigilance en fin d'exercice. L'autorotation est un exercice difficile qui sollicite aussi le sens de l'air.

L'exercice se pratique actuellement sur Gazelle. L'exploitation en école du nouvel hélicoptère de type EC120 sur lequel les moniteurs sont progressivement qualifiés fait évoluer les procédures d'autorotations.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

#### **à l'ALAT :**

- **de souligner pendant la formation des moniteurs que beaucoup d'incidents surviennent dans des phases de vol pouvant être perçues comme simples et qu'il faut en permanence être en mesure de récupérer des actions réflexes inadaptées de stagiaires ;**
- **d'insister sur la particulière vigilance nécessaire pendant toute la période de transfert de l'activité école de la Gazelle à l'EC 120. Durant cette phase, les moniteurs déjà très sollicités devront en effet passer d'une machine à l'autre et adapter leurs automatismes, en particulier pour les autorotations. Pour ce type d'exercice, la spécialisation des moniteurs sur un type de machine serait de nature à réduire le risque transitoire.**

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

#### 4.2.1. Prise en charge de l'équipage

Dans le cadre de la sécurité de l'équipage, il apparaît nécessaire de pouvoir procéder à un examen médico-psychologique de l'équipage dans des délais adaptés au niveau des blessures. Dans le cas présent, l'absence de posé dur et de décélération exclut de prime abord toute lésion physique sur l'équipage. Néanmoins, il reste évident que le fait de scinder l'équipage en deux ne permet pas une prise en charge précoce adaptée pour les deux personnels.

Plus généralement, il faut garder à l'esprit que le fait d'accepter de laisser seule une victime ayant vécu un événement aérien, quand bien même si celle-ci ne se plaint pas de douleur dans son compte-rendu initial (le stress peut occulter des douleurs) peut être, au-delà des problèmes d'ordre psychologique, à l'origine de situations dramatiques notamment par hémorragies internes. Par ailleurs, l'équipage peut-être tenté, dans un souci de se rattraper d'une éventuelle

situation dont il se sentirait à tort ou à raison responsable, de minimiser un état pathologique et de ne pas en rendre compte pour ne pas créer de problème supplémentaire.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**à l'ALAT, de formaliser la prise en charge médicale et psychologique des équipages victimes d'événement aérien.**

Dans le cadre de cet événement, aucun prélèvement biologique n'a été effectué. Le bureau enquêtes accidents défense air recommande

**au service de santé des armées, d'officialiser et de diffuser auprès des médecins militaires des directives générales sur les prélèvements à effectuer après un accident ou un incident aérien, en particulier en l'absence de procédure judiciaire.**

## ANNEXES

Annexe 1 : <i>Tail-shake</i> .....	35
Annexe 2 : Main courante du directeur des vols .....	36
Annexe 3 : Extrait du manuel de formation .....	37
Annexe 4 : Tableau de composition mécanique.....	39

## Annexe 1

### Tail-shake

Process and device for reducing vibrations generated on a helicopter fuselage by mean... Page 1 of 1

Outre le fuselage et les rotors, chacun sait qu'un hélicoptère comprend également un ou des empennages sensiblement horizontaux et un ou des empennages sensiblement verticaux, ces derniers étant souvent dénommés par le vocable «dérive». Par raison de simplification, on retiendra, dans la description qui suit, le terme dérive pour désigner le ou les empennages verticaux ou analogues. Ces éléments, très généralement placés à l'arrière du fuselage, sont chargés d'assurer le contrôle, la stabilité et la possibilité de manoeuvre de l'hélicoptère autour de deux axes perpendiculaires. On notera que les empennages horizontaux et la dérive peuvent parfois constituer un seul ensemble en forme de T ou de croix +. De même, la dérive verticale peut être formée par une seule surface aérodynamique ou encore se présenter par exemple sous la forme de deux surfaces aérodynamiques formant un V, par exemple. Une autre solution consiste à disposer une dérive sensiblement verticale à l'extrémité extérieure d'un empennage à peu près horizontal. Toutefois, ces exemples ne sont pas limitatifs.

Généralement fixes et par conséquent disposés en arrière du fuselage (zone désignée par poutre de queue par l'homme du métier), la dérive et l'empennage d'un hélicoptère se trouvent dans une zone soumise au moins partiellement à l'écoulement aérodynamique ou sillage en provenance du rotor principal et du fuselage.

En pratique, le rotor principal se comporte comme un excitateur aérodynamique. Ainsi, le sillage est de nature turbulente. On rappelle que la turbulence correspond à des variations de pression, de vitesse et d'incidence du flux aérodynamique réparties sur une gamme assez large de fréquences relativement élevées.

Le sillage en arrière du rotor principal d'un hélicoptère est pulsé à la fréquence fondamentale égale au produit  $b \times \Omega$  où  $b$  est le nombre de pales du rotor principal et  $\Omega$  la vitesse de rotation de ce rotor.

Cependant, des fréquences qui sont des harmoniques de  $b \times \Omega$  peuvent éventuellement apparaître.

Dans ces conditions, la dérive et l'empennage sont soumis simultanément à cette excitation aérodynamique ce qui conduit directement à l'excitation des modes propres de la structure de l'hélicoptère. Ce phénomène est connu généralement sous la dénomination anglaise «tail shake».

Par ailleurs, dans certaines phases de vol (exemple du vol dérapé), il est possible que le phénomène de «tail shake» soit provoqué non pas par le sillage du rotor principal mais par le sillage du fuselage. En effet, un fuselage d'hélicoptère est souvent équipé d'emports externes (treuils, missiles, torpilles, réservoirs auxiliaires, ...) qui ont pour effet de dégrader (augmentation de la traînée et de la turbulence) le sillage du fuselage lui-même. La turbulence (principale cause du «tail shake») peut être limitée voire négligeable en phase de vol nominale (vol de croisière en atmosphère calme) mais peut par contre s'accroître dans certaines phases de vol (vol dérapé, vol en atmosphère turbulente, ...).

Même si cette excitation aérodynamique est relativement faible, elle peut conduire à un niveau vibratoire désagréable au niveau du poste de pilotage et de la cabine des passagers et dommageable pour l'ensemble de la structure et des éléments mécaniques de l'hélicoptère.

Les vibrations ainsi engendrées peuvent être réparties sur les différents axes géométriques de la structure en fonction de la zone atteinte par le sillage. Si celui-ci affecte par exemple la dérive verticale, cela génère un effet à dominante latérale et notamment une excitation du premier mode propre de flexion latérale de la poutre de queue. Inversement, si le sillage atteint l'empennage horizontal, les vibrations seront à dominante verticale entraînant de ce fait une excitation du premier mode propre de flexion verticale de la poutre de queue.

Les différentes vibrations dues à ce premier mode de flexion latérale et/ou verticale de la structure ou encore un éventuel mode propre de torsion de l'hélicoptère présentent de nombreux inconvénients parmi lesquels :

- une réduction du confort de l'équipage et des passagers,
- une fatigue des matériaux et des équipements,
- des problèmes de fonctionnement des équipements embarqués tels que des systèmes d'armes lorsque l'hélicoptère en est muni.

## Annexe 2

## Main courante du directeur des vols

**Main courante du DDV**  
**Incident Aérien Grave (IAG) de la gazelle SA 342 FM GMI**

Horaires	Faits	Actions effectuées	Obs
10.22	Incident aérien grave (IAG) sur le TS de CAME SA 342 FMGMI	CR du PCB de la gazelle JO afin de signaler l'IAG à la vigie.	Equipage GMI: MO/FIH EP Vol 213- Séance A11 - 1.3
10.25	CR de la vigie (ESA) de l'IAG au DDV.		Pas de blessés. En parallèle la vigie a prévenu l'OSV qui était en vol.
10.28	Le (BGH/conduite) appelle le CDU EHLE pour activer l'ELI de l'EMH		Participation active et spontanée du non prévu de travailler ce jour.
10.28	Tel du PCB de la gazelle accidentée pour CR au DDV.		Pas de blessé confirmé.
10.34	Tel du DDV à l'OP pour CR de l'IAG à l'OSI		
10.36	-ELI EMH activée afin d'être en mesure de récupérer l'appareil accidenté par TEKOMA - mise à dispo d'1 HL/ OSV- off méca et MCVAVT à destination de CAME.		
10.40	CR du DDV au CDC		
11.00	Tel du DDV au médecin chef de la BED puis au médecin de permanence de la BED.	Le se déplacera pour voir l'équipage.	Le a été ramené en vol à la BED.
11.10	Tel du DDV à l'OP pour CR de l'IAG à l'OP du COMALAT		L'OSV avait rendu compte au préalable au chef BSV / répondeur portable.
11.15	Tel du DDV au DFI pour CR	MSG / tel portable	
11.23	Décollage du HL OSV – Equipe de dépannage pour CAME.		
11.25	CR du CB 2°BG d'arrêter les vols à l'issue de la 2° rotation afin de temporiser, réarticuler les vols en supprimant une rotation.	De nouveaux ODV ont été élaborés.	Point de situ au CDC lors de la signature des nouveaux ODV.
11.30	Activation du SEA pour reprise TRO sur CAME	Chef de BML (OSI) prévenu avant par l'OP sur besoin éventuel du SEA	La procédure de mise sur TEKEMA d'1 HL préconise de vidanger le réservoir.
12.15	L'OSV appelle le DDV pour signifier que l'arbre de liaison de la GMI a été retrouvé sur une autre bande où évoluaient d'autres appareils. Il demande qu'une vérification mécanique soit faite sur ces HL.	Vérification des appareils par les mécaniciens de piste : RAS.	
12.30	Appel de l'OSV afin de signifier que l'IAG fera l'objet d'une enquête BEAD.	Tel par DDV à la gendarmerie de DAX	
13.16	Tel de de la BGA de Mont de Marsan pour connaître les premières constatations.	Réponse par le MJR BOSC (BGH/conduite).	
AM	Préparation de l'arrivée de l'équipe BEAD.	Tel à l'OP pour : ➤récupération en gare, ➤hébergement ➤mise à dispo d'1 VL.	
AM	Préparation du gardiennage de l'hélico.	Définition de la mission par le DDV : ➤Lieu de la mission ➤ Mise en place du périmètre de sécurité, ➤Liste des personnes habilitées à rentrer dans le périmètre.	Consignes écrites au maître de chien.

CDT GRIMAUD - P DDV

PS01 – MC IA du 14.11.2009

## Annexe 3

## Extrait du manuel de formation

<b>EAALAT</b>	<b>MANUEL FORMATION</b>	<b>DAX</b>	<i>Page</i> 26C
	<b>Livret 1 – Partie C</b>		Nov. 2008

<b>PHASE AUTOROTATION 1</b>					
<b>Semaine 12</b>					
	<b>COMPOSITION DES SEANCES</b>	<b>DC</b>	<b>ECDB</b>	<b>Solo</b>	<b>FNPT</b>
<b>SA 2</b>	la visualisation de l'angle ; la mise en autorotation en ligne droite ; l'analyse de trajectoire.				<b>0.8</b>
A 3	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Etude</i> : l'autorotation en ligne droite ; démonstration de la procédure panne moteur en stationnaire standard.	1.0			
A 4	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite. <i>Etude</i> : le travail de la précision par variation de vitesse ; la procédure panne moteur en stationnaire standard.	1.0			
A 5	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite ; la procédure panne moteur en stationnaire standard.	1.0			

<b>PHASE AUTOROTATION 1</b>					
<b>Semaine 13</b>					
	<b>COMPOSITION DES SEANCES</b>	<b>DC</b>	<b>ECDB</b>	<b>Solo</b>	<b>FNPT</b>
A 6	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite ; la procédure panne moteur en stationnaire standard.	1.0			
A 7	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite désigné ; révision de tous les exercices d'autorotation de la phase.	1.0			
A 8	<b>CONTROLE DE PROGRESSION</b> <i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite ; quatre autorotations en ligne droite ; deux procédures panne moteur en stationnaire standard ; le tour de piste lié à l'exécution des autorotations.		1.0		
<i>Totaux de la phase autorotation 1</i>		5.0	1.0		<b>0.8</b>
<b>TOTAL DE LA PHASE AUTOROTATION 1</b>		<b>6.8</b>			

<b>EAALAT</b>	<b>MANUEL FORMATION</b>	<b>DAX</b>	<i>Page</i> 27C
	<b>Livret 1 – Partie C</b>		Nov. 2008

<b>PHASE AUTOROTATION 2</b>					
<b>Semaine 29</b>					
	<b>COMPOSITION DES SEANCES</b>	<b>DC</b>	<b>ECDB</b>	<b>Solo</b>	<b>FNPT</b>
SA 9	la procédure vortex ; la panne de commande de RAC ; la panne moteur en vol de nuit.				0.8
A 10	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite ; la procédure panne moteur en stationnaire standard. <i>Etude</i> : l'autorotation en PTL ; l'autorotation en PTU.	1.0			
A 11	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite ; la procédure panne moteur en stationnaire standard ; l'autorotation en PTL ; l'autorotation en PTU.	1.0			

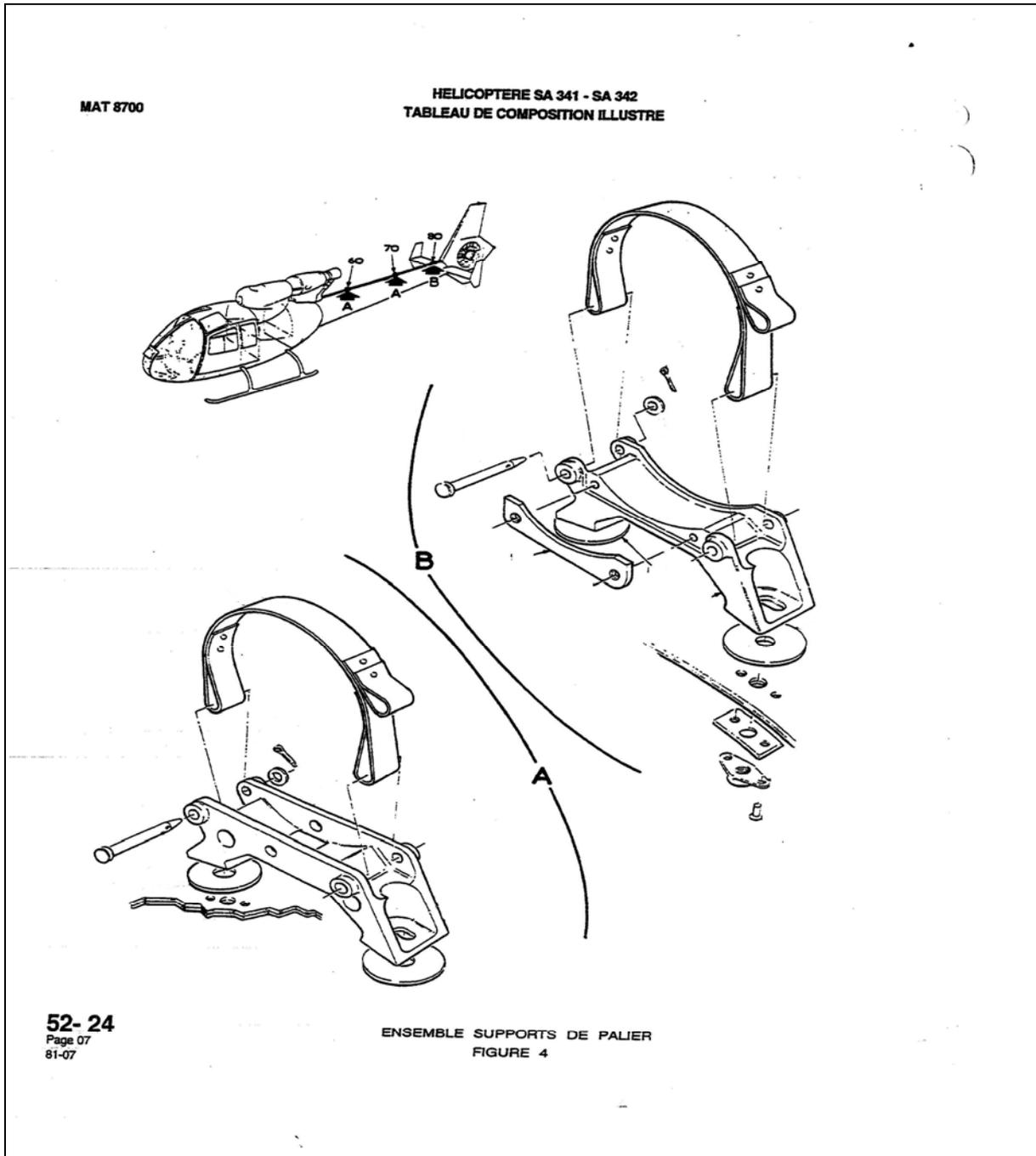
<b>PHASE AUTOROTATION 2</b>					
<b>Semaine 30</b>					
	<b>COMPOSITION DES SEANCES</b>	<b>DC</b>	<b>ECDB</b>	<b>Solo</b>	<b>FNPT</b>
A 12	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite et retour. <i>Restitution</i> : l'autorotation en ligne droite ; la procédure panne moteur en stationnaire standard ; l'autorotation en PTL ; l'autorotation en PTU.	1.0			
A 13	<i>C.Mission</i> : mise en place sur terrain satellite désigné ; révision de l'ensemble des exercices d'autorotation.	1.0			
<i>Totaux de la phase autorotation 2</i>		4.0	0	0	0.8
<b>TOTAL DE LA PHASE AUTOROTATION 2</b>		<b>4.8</b>			

	<b>DC</b>	<b>ECDB</b>	<b>Solo</b>	<b>FNPT</b>
<i>Totaux des phases autorotation 1 &amp; 2</i>	9.0	1.0	0	1.6
<b>TOTAL GENERAL DES PHASES AUTOROTATION 1 &amp; 2</b>	<b>11.6</b>			

Annexe 4

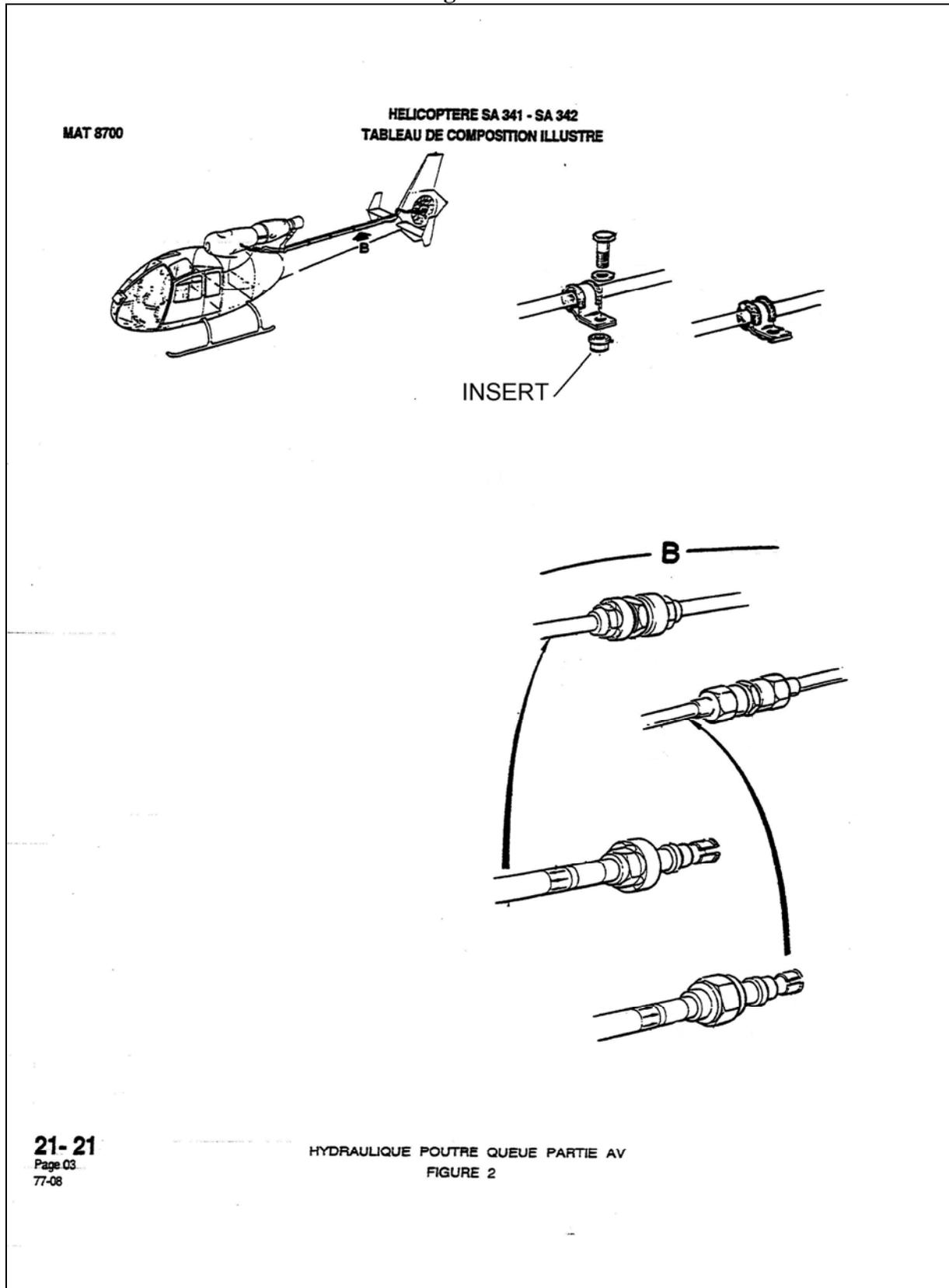
Tableau de composition mécanique

Figure n°1



Support palier

Figure n°2

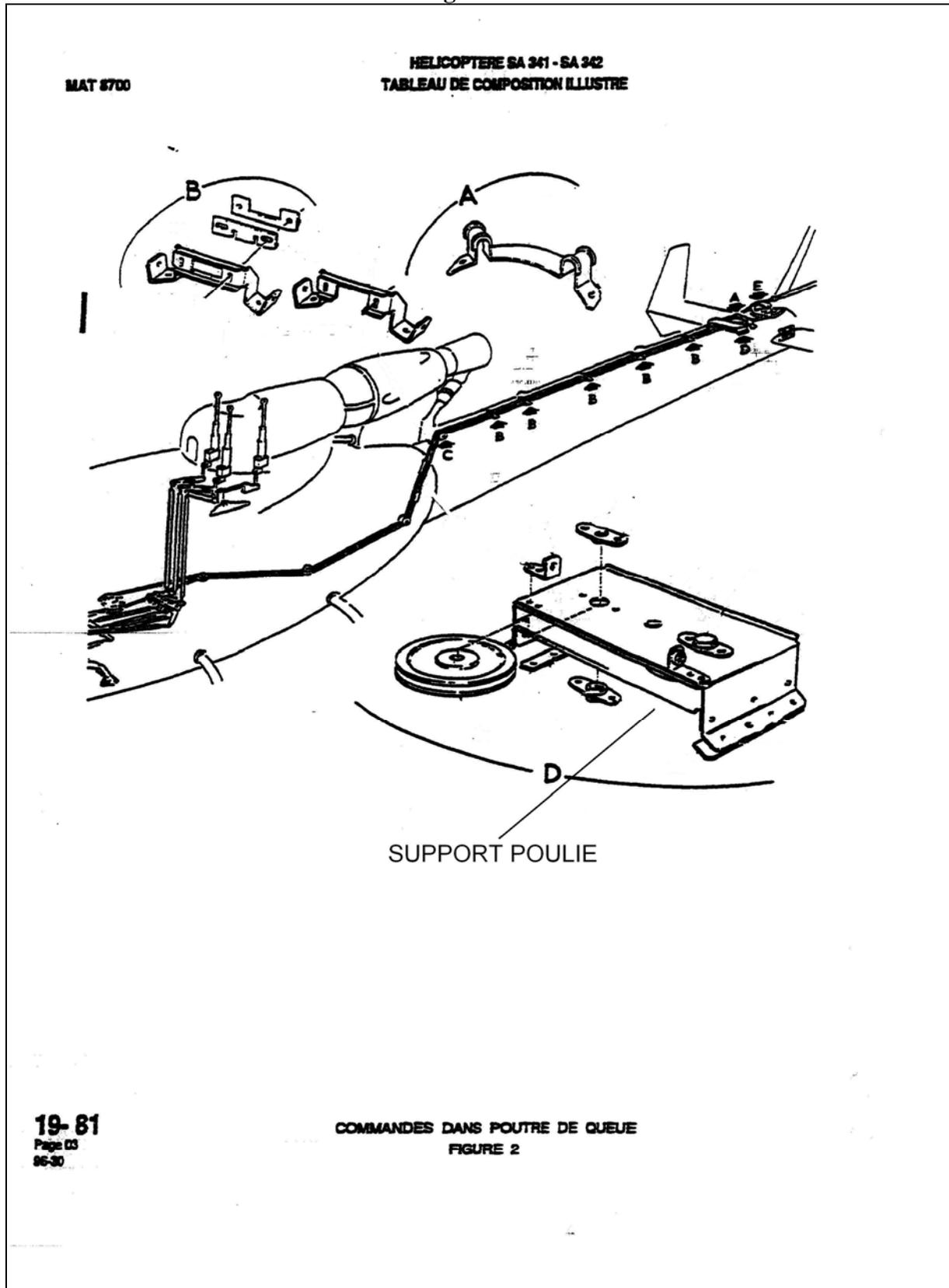


21-21  
Page 03  
77-08

HYDRAULIQUE POUTRE QUEUE PARTIE AV  
FIGURE 2

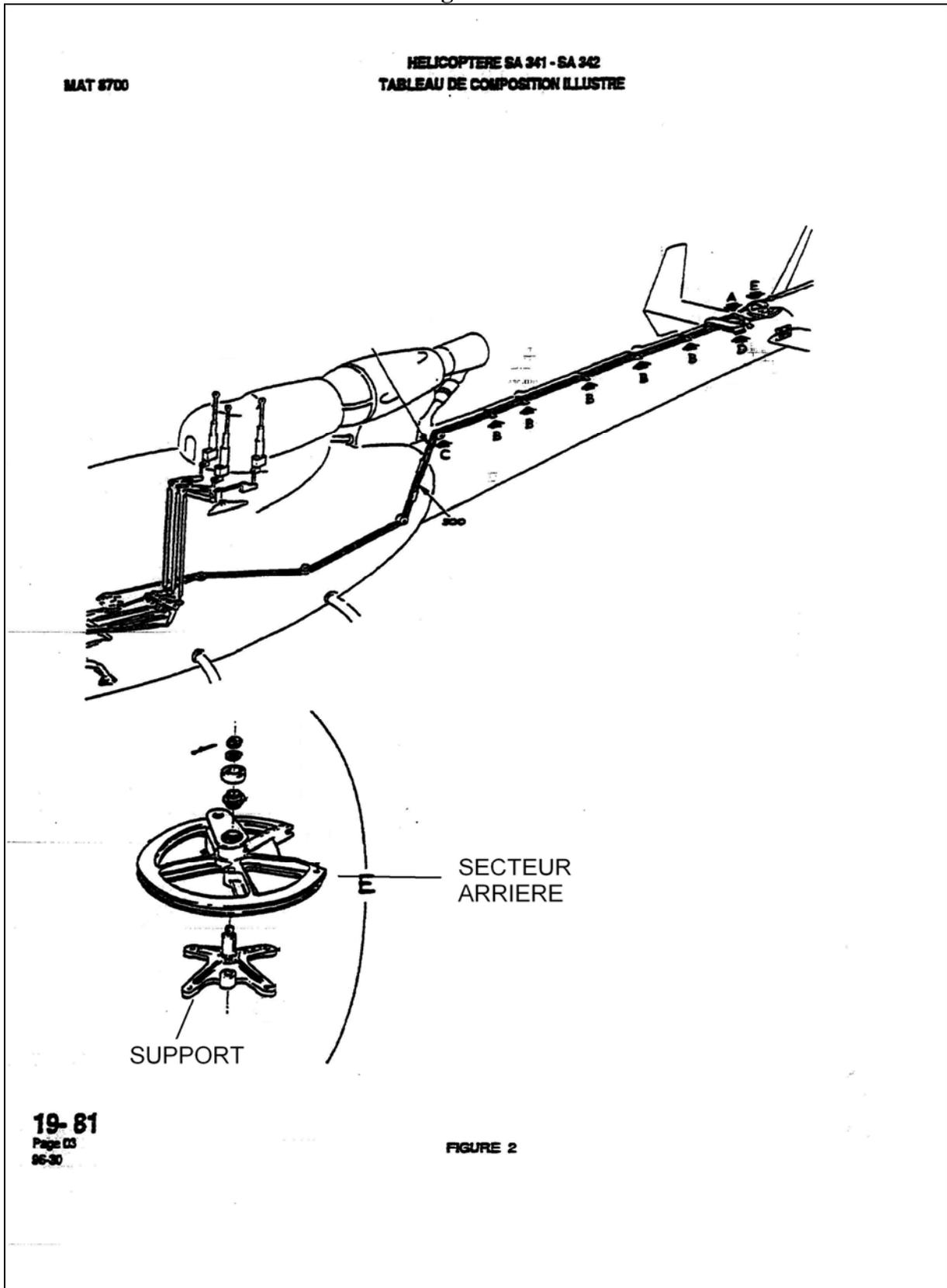
Tuyauteries hydrauliques

Figure n°3



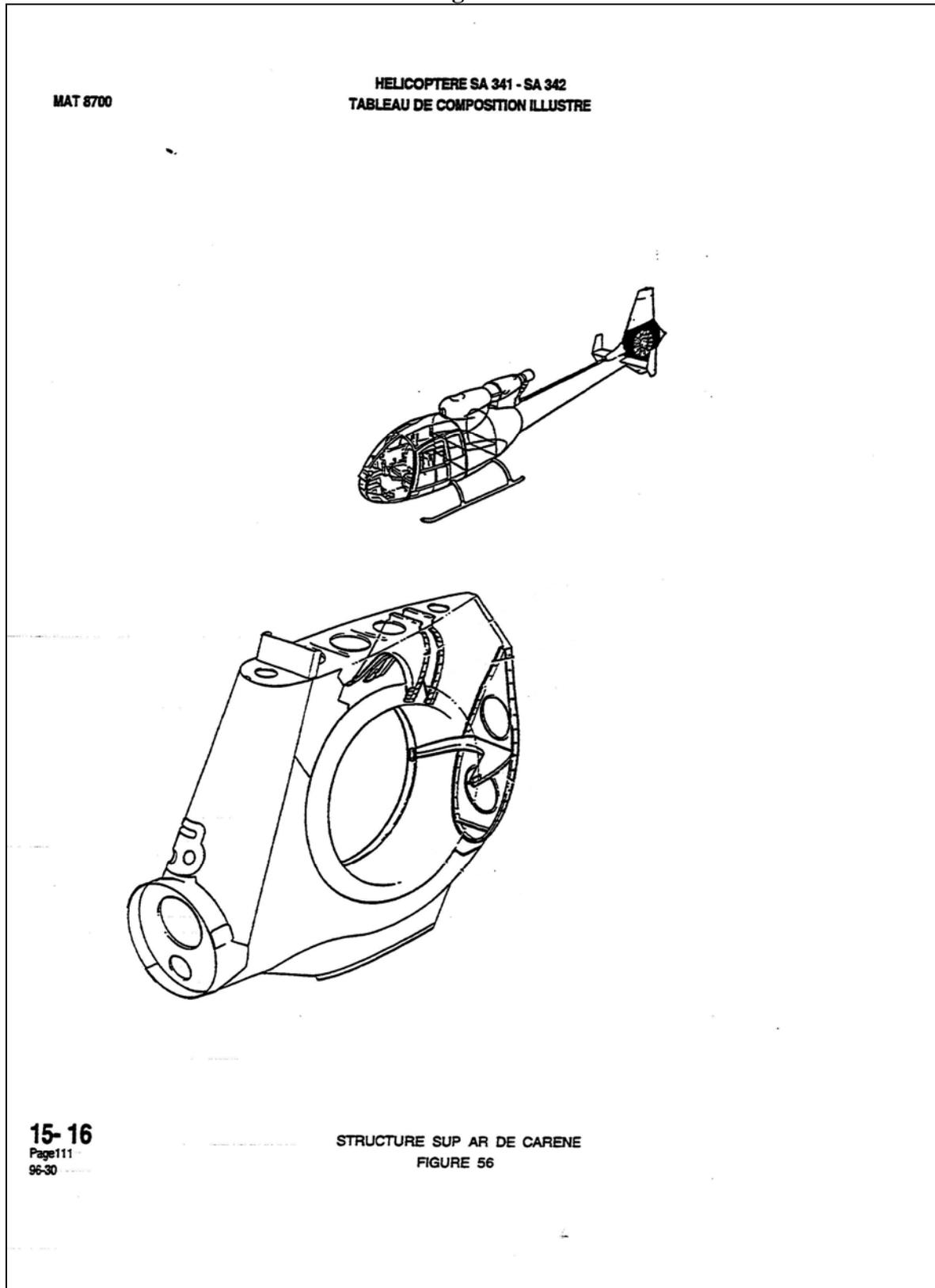
Câbles de commande

Figure n°4



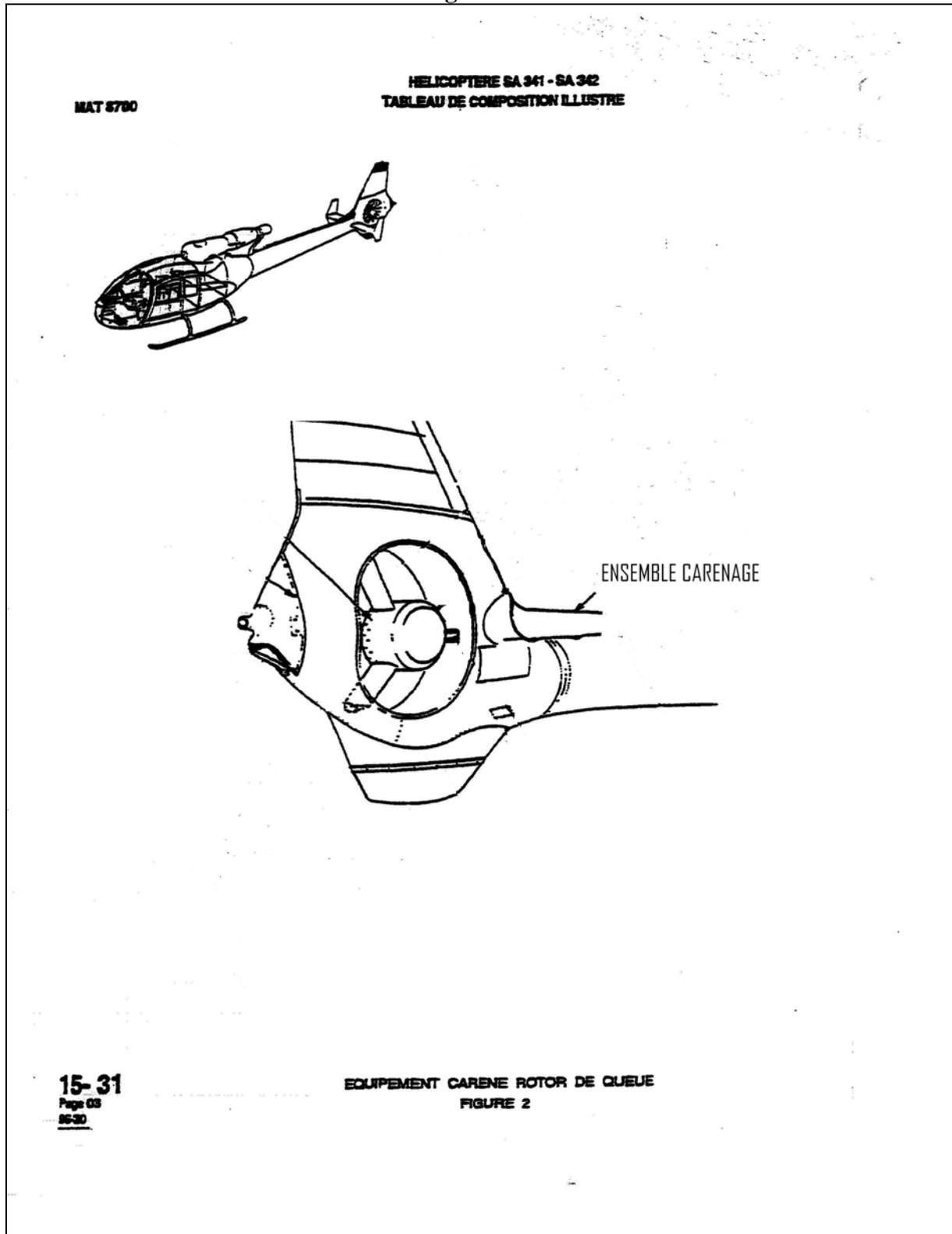
Secteur arrière

Figure n°5



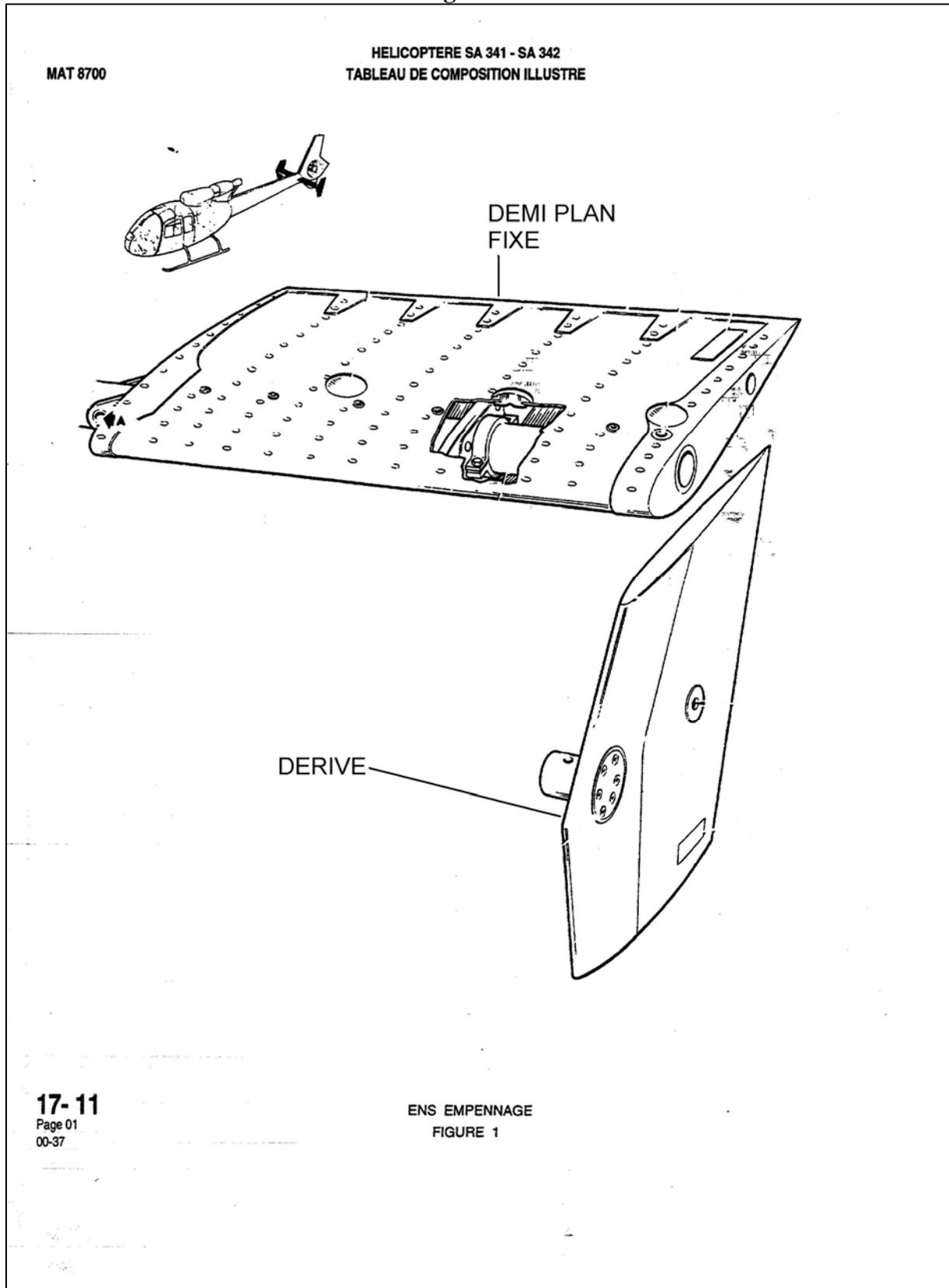
Ensemble carène

Figure n°6



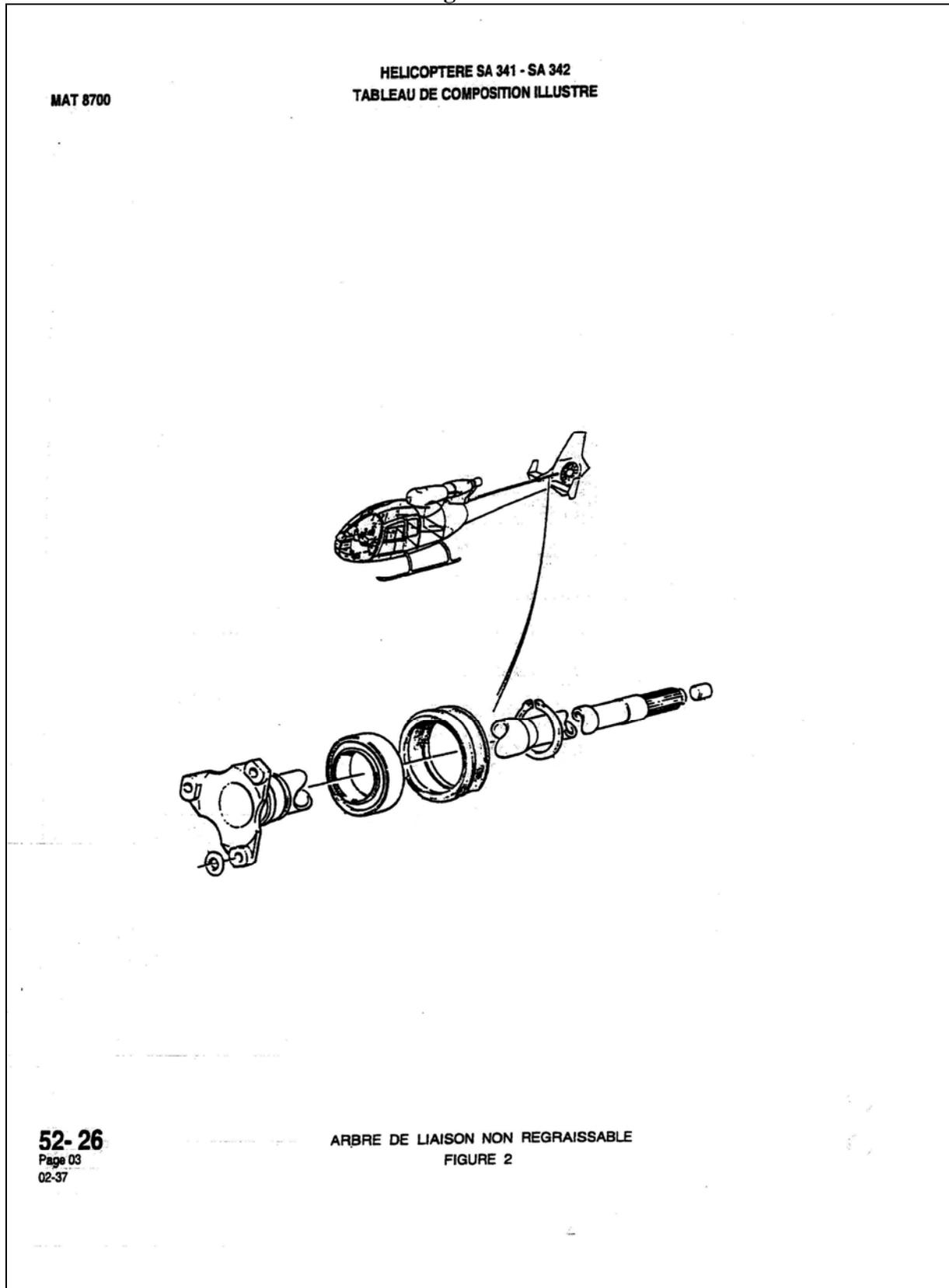
Ensemble carénage avec trappe

Figure n°7



Ensemble empennage

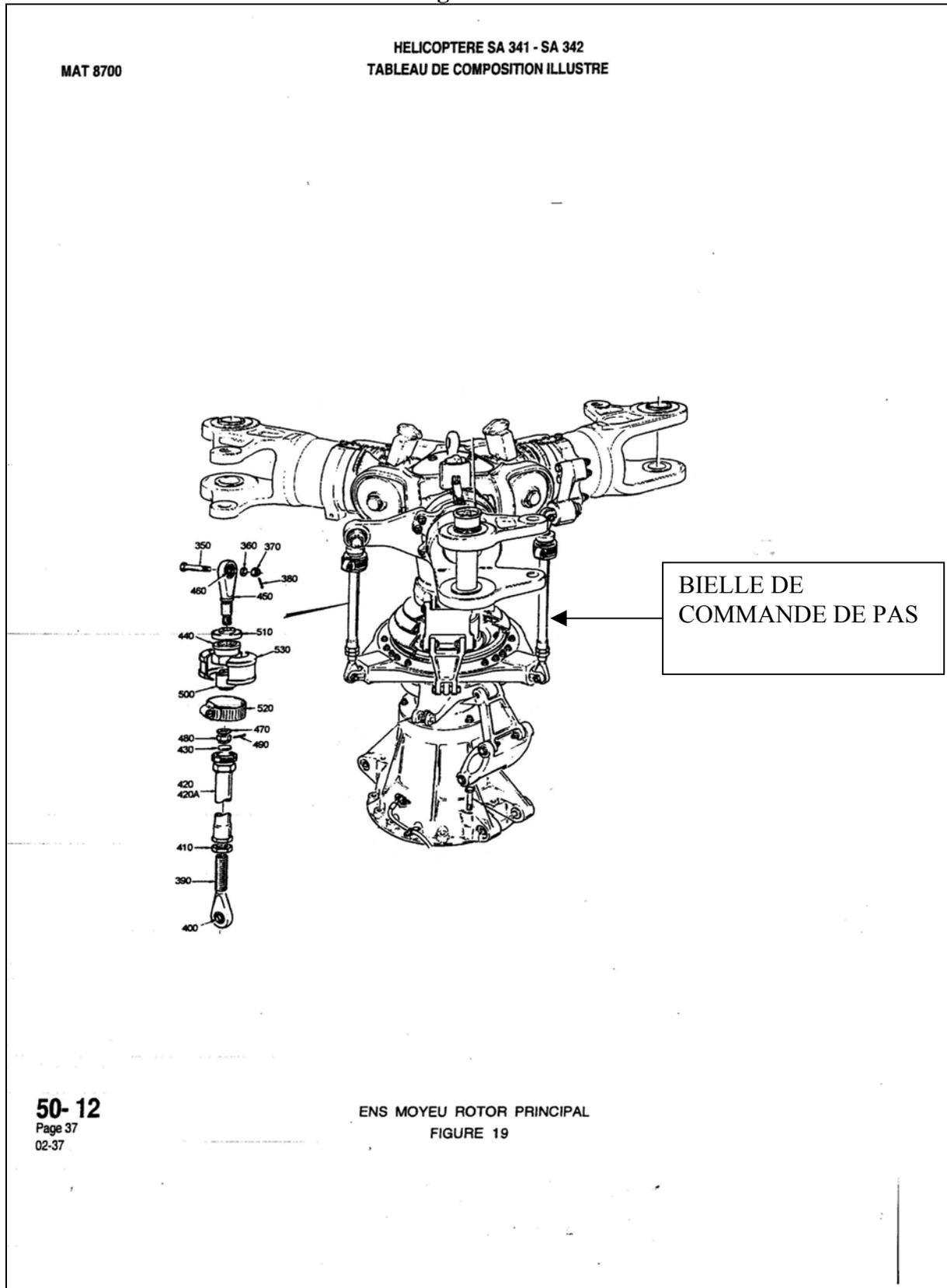
Figure n°8



Ensemble arbre arrière

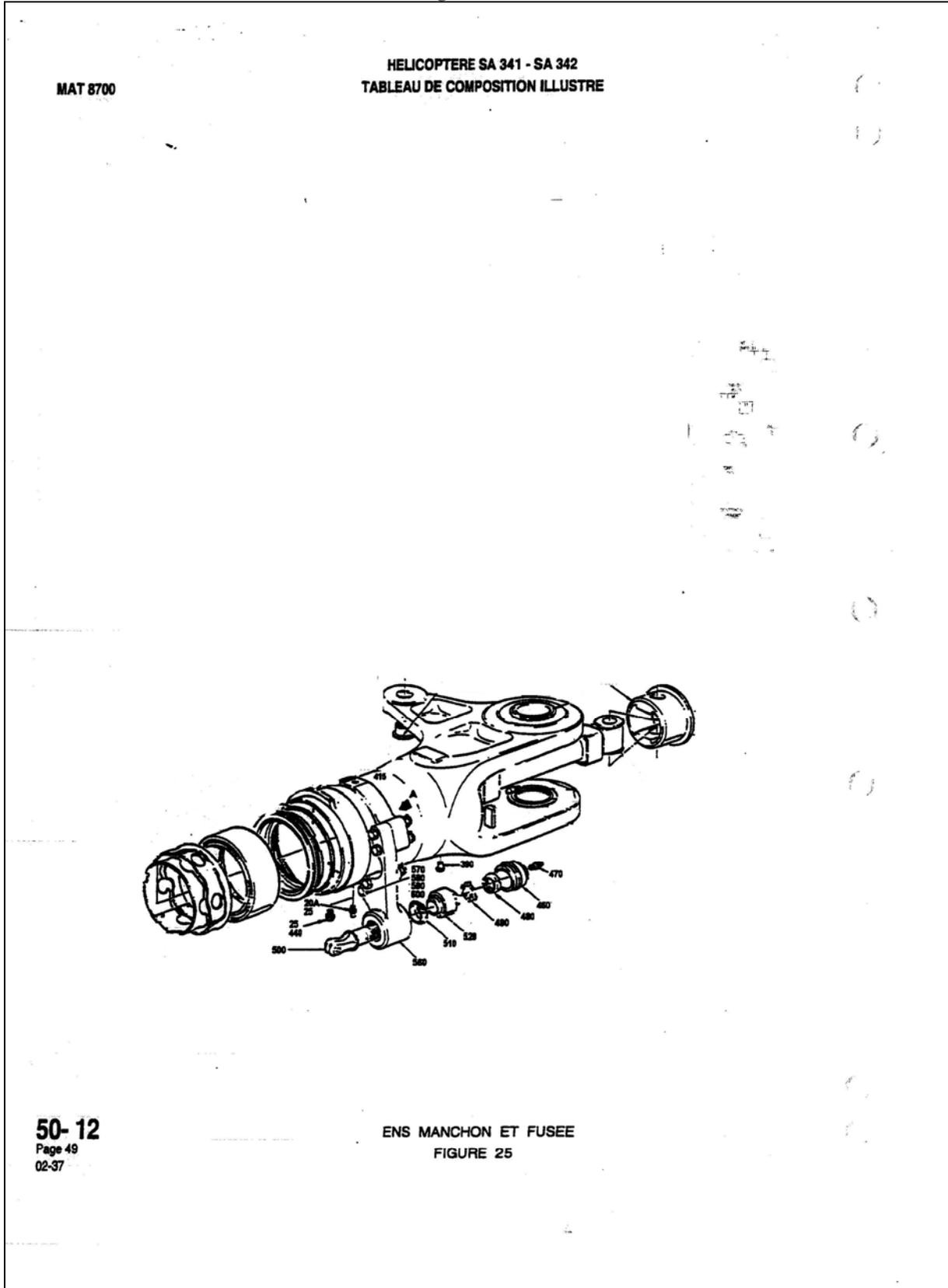


Figure n°10



Moyeu rotor principal et bielle

Figure n°11



Ensemble manchon